



PFC in Boden und Grundwasser

Ergebnisbericht des Workshops am 25.09.2017

Dezember 2017

Impressum:

Bei dem vorliegenden Bericht handelt es sich um die Ergebnisdarstellung der PFC-Veranstaltung, die am 25.09.2017 im BEW Duisburg stattgefunden hat.

Veranstalter:

- **AAV - Verband für Flächenrecycling und Altlastensanierung**
Werkstraße 15
45527 Hattingen
Tel: 02324 – 5094-0
E-Mail: info@aav-nrw.de
- **Umweltamt der Stadt Düsseldorf**
40200 Düsseldorf
Tel: 0211-89-91
E-Mail: umweltamt@duesseldorf.de
- **Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV)**
Leibnizstraße 10
45659 Recklinghausen
Tel: 02361-406-0
E-Mail: poststelle@lanuv.nrw.de

Autoren:

- Dr. Roland Arnz, Dr. Ernst-Werner Hoffmann, AAV
- Dr. Inge Bantz, Ingo Valentin, Stadt Düsseldorf
- Stefan Schroers, LANUV

mit Unterstützung der ahu AG, Aachen

Titelfoto: Umweltamt der Stadt Düsseldorf

Stand: November 2017

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Ergebnisse der Workshops	5
2.1	Erfahrungen aus der Erfassung, Erkundung und Bewertung von PFC-Boden- und Grundwasserverunreinigungen.....	5
2.1.1	Erfassung	5
2.1.2	Erkundung.....	6
2.1.3	Analytik.....	7
2.1.4	Bewertung	7
2.2	Erfahrungen aus der Sanierungsvorbereitung (Ableitung von Sanierungszielen, Anforderungen an die Aufbereitung, Verwertung und Entsorgung)	9
2.2.1	Sanierungsziele.....	9
2.2.2	Sanierungszielwerte	10
2.2.3	Anforderungen an die Aufbereitung und Einleitung in Gewässer.....	11
2.2.4	Verwertung, Deponierung	12
2.3	Erfahrungen mit der technischen Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen (Aufbereitung von Boden und Grundwasser)	14
3	Fazit	16
	Anlage 1: Programmflyer.....	20
	Anlage 2: Vorträge	21
	1. Bestandsaufnahme von Fällen mit PFC-Belastungen im Boden und Grundwasser in Nordrhein-Westfalen.....	21
	2. Bewertungsmaßstäbe für PFC.....	27
	3. Systematische Erkundung zur Ermittlung von Verdachtsbereichen.....	45
	4. Aktuelles zur Analytik und Chemie von perfluorierten und polyfluorierten Tensiden (PFC).....	55
	5. Geförderte Maßnahmen und Forschungsaktivitäten.....	67
	6. Maßstäbe für die Bewertung von PFC Boden- und Grundwasserverunreinigungen.....	76
	Anlage 3: Fragebögen.....	78
	Anlage 4: Protokolle der Workshops.....	118

Abkürzungsverzeichnis:

Im Bericht verwendete Abkürzungen:

AAV	Verband für Flächenrecycling und Altlastensanierung
AOF	adsorbierbares organisch gebundenes Fluor
BEW	Bildungszentrum für die Ver- und Entsorgungswirtschaft
EU-POP-Verordnung	Verordnung über persistente organische Schadstoffe
GFS	Geringfügigkeitsschwellenwert
LABO	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz
LC/MS	Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung
LFP	Länderfinanzierungsprogramm Wasser, Boden und Abfall
LW	Trinkwasser-Leitwert
PFC	Per- und polyfluorierte Substanzen (Compounds)
PFHxA	Perfluorhexansäure
PFHxS	Perfluorhexansulfonsäure
PFOA	Perfluorooctansäure
PFOS	Perfluoroktansulfonsäure
TOP	Total Oxidizable Precursor
UQN	Umweltqualitätsnorm
WHG	Wasserhaushaltsgesetz

1 Einleitung

In den vergangenen Jahren haben per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) im Zusammenhang mit Boden- und Grundwasserschäden zunehmend an Aufmerksamkeit gewonnen. Die Bestandsaufnahmen von Fällen mit PFC-Belastungen im Boden und Grundwasser in Nordrhein-Westfalen haben gezeigt, dass sowohl die Anzahl der Fälle als auch die Anzahl der Kreise und kreisfreien Städte, in deren Gebiet PFC-Fälle bearbeitet werden, in jeder Erhebung seit 2011 kontinuierlich angestiegen sind. Die Eigenschaften von PFC stellen besondere Anforderungen an die Erfassung, Erkundung, Bewertung und Sanierung entsprechender Fälle.

Bei verschiedenen Akteuren liegen bereits Erfahrungen mit diesen Bearbeitungsschritten vor. Um bislang vorliegende Erfahrungen in der Fallbearbeitung zu erörtern und daraus Empfehlungen für die zukünftige Bearbeitung ableiten zu können, haben der Verband für Flächenrecycling und Altlastensanierung (AAV), das Umweltamt der Stadt Düsseldorf und das LANUV am 25.09.2017 im BEW Duisburg einen PFC-Workshop durchgeführt. Durch die Berücksichtigung der an verschiedenen Stellen gewonnenen Erfahrungen sollte der Stand der Untersuchung und Sanierung weiterentwickelt und die Qualität der Bearbeitung verbessert werden, um damit bei der Bearbeitung von Einzelfällen zu profitieren, d. h. unnötige Untersuchungen zu vermeiden und Sanierungsmaßnahmen zu optimieren.

Zielgruppe waren die zuständigen Behörden in Nordrhein-Westfalen, bei denen Erfahrungen vorliegen, sowie einzelne Gutachter und Verpflichtete dieser Fälle, Anlagenbetreiber, Vertreter des Bundes und Vertreter anderer Bundesländer mit entsprechenden Erfahrungen. Insgesamt haben 94 Personen an diesem Workshop teilgenommen, die aufgrund ihrer Erfahrungen mit dem Thema gezielt eingeladen wurden.

Am Vormittag fand ein gemeinsamer Vortragsblock statt (Vorträge: Anlage 2), am Nachmittag wurden die folgenden Themen in parallelen Workshops behandelt (Programmflyer: Anlage 1):

- **Erfassung, Erkundung und Bewertung von PFC-Boden- und Grundwasserverunreinigungen (Workshop 1)**
- **Sanierungsvorbereitung (Ableitung von Sanierungszielen, Anforderungen an die Aufbereitung, Verwertung und Entsorgung) (Workshop 2)**
- **Technische Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen (Aufbereitung von Grundwasser und Boden) (Workshop 3)**

Im Vorfeld der Veranstaltung wurden seitens der Veranstalter Fragebögen entwickelt und an die Teilnehmer verschickt. Ziel der Fragebögen war es, die vorliegenden Erfahrungen themenbezogen zu ermitteln und die Workshops gezielt vorbereiten zu können (Fragebögen: Anlage 3).

In den Workshops wurden Erfahrungen diskutiert sowie offene Fragen und Regelungsbedarf herausgearbeitet.

Im vorliegenden Bericht sind die Ergebnisse der Veranstaltung dargestellt.

2 Ergebnisse der Workshops

2.1 Erfahrungen aus der Erfassung, Erkundung und Bewertung von PFC-Boden- und Grundwasserverunreinigungen

2.1.1 Erfassung

Sachstand aus der Diskussion:

Derzeit werden folgende Strategien zur Erfassung von PFC-relevanten Flächen in den Katastern der zuständigen Bodenschutzbehörden angewandt:

- **systematische flächendeckende Erfassung**
- **Rückschlüsse auf PFC-Quellen aus der Grundwasserüberwachung**
- **verdachtsorientierte Überprüfung bekannter Brandereignisse und Standorte PFC-relevanter Branchen durch gezielte Untersuchungen**

Die Diskussion im Rahmen der Durchführung des Workshops hat ergeben, dass sowohl der Erfassungsstand als auch die Herangehensweisen zur Erfassung unterschiedlich sind. Konsens war, dass die diskutierten Strategien bzw. eine Kombination daraus hinsichtlich der Erfassung zielführend sind.

Offene Fragen/Regelungsbedarf, Empfehlungen:

Bei einer flächendeckenden Erfassung sollten die Kriterien der entsprechenden LABO-Arbeitshilfe herangezogen¹ werden.

Den offensichtlich vorhandenen Hemmnissen – genannt wurden Personalkapazitäten und entstehende Kosten – für die Erfassung sollte durch folgende Herangehensweisen begegnet werden:

- **Nutzung von bestehenden Fördermöglichkeiten des Landes zur Erfassung**
- **Prioritätensetzung in der Bearbeitung**

Zur Erfassung von Löschmitteleinsätzen stellt die Auswertung von Einsatzberichten der Feuerwehr eine wesentliche Quelle dar. Allerdings hat sich gezeigt, dass dies mit datenschutzrechtlichen Bedenken bei Feuerwehren verbunden sein kann. Daher werden

¹LABO (2015): Boden- und Grundwasserkontaminationen mit PFC bei alllastverdächtigen Flächen und nach Löschmitteleinsätzen - Arbeitshilfe zur flächendeckenden Erfassung, standortbezogenen historischen Erkundung und zur Orientierenden Untersuchung (Projektstufe 1). Projekt LFP-Projekt B 4.14 im Länderfinanzierungsprogramm Wasser, Boden und Abfall.
http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/cms/WaBoAb_prod/WaBoAb/Vorhaben/LABO/B_4.14/index.jsp

Regelungen zum Informationsaustausch zwischen den Feuerwehren und den Umweltbehörden und eine Verbesserung der Kommunikation als erforderlich angesehen. Dazu wird auf Landesebene eine Abstimmung zwischen dem Umwelt- und dem Innenressort als sinnvoll angesehen. Auf Kommunalebene existieren bereits positive erste Erfahrungen zur Informationsvermittlung und zu Voruntersuchungen in Düsseldorf.

2.1.2 Erkundung

Sachstand aus der Diskussion:

Bei der Erkundung von PFC-Schäden für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser wird überwiegend das 2:1-Elutionsverfahren herangezogen, vereinzelt auch das 10:1-Verfahren. Schon in der Orientierenden Untersuchung können Eluatuntersuchungen erforderlich sein. Nicht einheitliche Regelungen zeigen einen Bedarf für eine Harmonisierung.

Differenzierte Grundwasseruntersuchungen werden wie bei Schadensfällen mit anderen Kontaminanten angewendet. Hierbei werden innovative Beprobungsverfahren wie z. B. Grundwasser-Direkt- bzw. Direct-Push-Untersuchungen zur Vorerkundungen und Messstellenpositionierung und zur Fahnenabgrenzung als sinnvoll angesehen.

Hinsichtlich des Verhaltens der Einzelstoffe in der Umwelt ist insbesondere zu beachten, dass kurzkettigere PFC schneller ins Grundwasser transportiert werden. Der schnellere Transport im Grundwasser kann dazu führen, dass im Abstrom eines PFC-Schadens z. B. PFHxS in höheren Anteilen nachgewiesen wird als z. B. PFOS.

Auch nach Einsatz „fluortensidfreier“ Löschmittel sind unter Umständen Untersuchungen erforderlich, da z. B. Verunreinigungen durch Restanhaftungen in Mischgebinden vorlagen oder noch unbekannte Inhaltsstoffe verwendet wurden.

Offene Fragen/Regelungsbedarf, Empfehlungen:

Es besteht Bedarf für die Verwendung einheitlicher Elutionsverfahren zur Untersuchung des Wirkungspfades Boden-Grundwasser.

Diskutiert wurde allgemein das Problem unbekannter PFC, für die es keine Referenzmaterialien gibt sowie der Bedarf, die Verfahren „Precursor-Oxidation“* (TOP-Analytik) und „AOF“ zu etablieren und weiterzuentwickeln.

*Unter Precursor ("Vorläuferverbindungen") versteht man polyfluorierte Stoffe (Tenside), die durch Oxidation mit alkalischer Kaliumperoxo-disulfat-Lösung in bekannte PFC überführt werden. Der Parameter AOF bedeutet die Bestimmung des Fluorgehaltes aus adsorbierbaren fluororganischen Verbindungen.

2.1.3 Analytik

Sachstand aus der Diskussion:

In der Diskussion wurde deutlich, dass insbesondere für neu angewandte PFC seitens der Schaummittelhersteller keine hinreichenden Daten vorliegen (Referenzmaterialien, Standards usw.). Mit der derzeitigen Einzelstoffanalytik wird häufig nur ein Teil der PFC erfasst. Eine möglichst vollständige Erfassung ist jedoch zur Bewertung von PFC-Schäden unverzichtbar. Die neuen Methoden (AOF-Bestimmung und Precursor-Oxidation (TOP)) bieten eine Möglichkeit, die PFC weitgehender zu erfassen. Die Verfahren sind derzeit noch in der Erprobung.

Offene Fragen/Regelungsbedarf, Empfehlungen:

Es wird der Bedarf gesehen, die Weiterentwicklung und Normung des Precursor-Verfahrens voranzutreiben, das bedeutet im Wesentlichen den oxidativen Aufschluss zu vereinheitlichen und dem PFC-Untersuchungsumfang zu erweitern.

Es wird weiterer Forschungsbedarf zum AOF als erforderlich angesehen, um Differenzen zwischen dem AOF-Wert (Gesamtfluorgehalt) und der Summe der Fluorgehalte aus den einzelnen PFC, die mittels LC/MS/MS ermittelt wurden, erklären zu können.

Außerdem ist die Festlegung von Bewertungsmaßstäben für Werte der AOF-Analytik (Gefahrenbeurteilung und Einleitwerte) und weitere Beurteilungswerte für die PFC nach der Precursor-Oxidation erforderlich. In den meisten Fällen sind die PFC-Gehalte nach Precursor-Oxidation deutlich höher als vor der Oxidation.

Weiterhin ist zu klären, ob das Potenzial einer Verunreinigung mit PFC aus dem Verhältnis des AOF zur Summe des aus dem „Precursor-Verfahren“ berechneten Fluorgehaltes abgeschätzt werden kann.

2.1.4 Bewertung

Sachstand aus der Diskussion:

Es wird auf die im Eingangsvortrag dargestellten Bewertungsmaßstäbe zu den unterschiedlichen Bereichen verwiesen (Anlage 2):

- **Trinkwasser**
- **Grundwasser**
- **Abwasser**
- **Oberflächengewässer**
- **Boden**

- **Wirkungspfad Boden-Grundwasser**
- **Wirkungspfad Boden-Pflanze**
- **Wirkungspfad Boden-Mensch**

Im Bereich der Gefahrenbeurteilung wurden in den bislang bewerteten und diskutierten Fällen hinsichtlich der Relevanz bzw. Häufigkeiten folgende Prioritäten genannt:

- 1. Boden-Grundwasser/Boden-Oberflächenwasser**
- 2. Boden-Nutzpflanze**
- 3. Boden-Mensch**

Offene Fragen/Regelungsbedarf, Empfehlungen:

Für sieben Einzel-PFC wurden auf humantoxikologischer Basis Geringfügigkeitsschwellenwerte für das Grundwasser (Entwurf) sowie Leitwerte für das Trinkwasser abgeleitet. Auf dieser Basis wurden für diese sieben Einzel-PFC Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser im Entwurf der Mantelverordnung formuliert.

Die Definition von weiteren Einzelwerten für PFC für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser und das Grundwasser wird zur Einzelfallbearbeitung für erforderlich angesehen. Dazu ist die humantoxikologische Datengrundlage zu erweitern.

Inwieweit für die Medien Trinkwasser, Oberflächenwasser und Grundwasser generell Bedarf an weiteren Werten besteht, hängt von der Auswertung von Messprogrammen ab.

Weiterhin wird der Bedarf von Prüfwerten für den Wirkungspfad Boden-Pflanze gesehen. Hier fehlen aber Bewertungsgrundlagen (derzeit z. T. Vorerntemonitoring, z. B. im Raum Rastatt/Baden-Baden). Es liegen noch zu wenige Daten zum PFC-Transfer Boden-Pflanze vor, um Transferfaktoren berechnen zu können. Dabei ist zu beachten, dass der Transfer von unterschiedlichen Einflussfaktoren abhängt, u. a. von der PFC-Kettenlänge. Es werden systematische Untersuchungen zum Transfer Boden-Pflanze unter Feldbedingungen als erforderlich angesehen.

Außerdem sind klare Vorgaben bei der Anwendung der Summenbildung für die schutzgutbezogene Bewertung erforderlich (z. B. Anwendung der Quotientensumme).

2.2 Erfahrungen aus der Sanierungsvorbereitung (Ableitung von Sanierungszielen, Anforderungen an die Aufbereitung, Verwertung und Entsorgung)

2.2.1 Sanierungsziele

Sachstand aus der Diskussion:

Grundsätzlich gilt, dass Sanierungsziele und Sanierungsprioritäten im Einzelfall auf Basis der rechtlichen Regelungen festgelegt werden.

Die Festlegung von Sanierungszielen bei PFC-Kontaminationen wird grundsätzlich analog zum Vorgehen bei anderen Kontaminationen vorgenommen.

Die Ableitung von Sanierungszielen wird in einem zweistufigen Verfahren **für den Einzelfall** durchgeführt:

- **In einem ersten Schritt sind die schutzgutbezogenen Sanierungsziele abzustimmen und festzulegen. Diese werden i.d.R. verbalargumentativ definiert.**
- **Auf Basis dieser Sanierungsziele können schutzgutbezogene Sanierungszielwerte (siehe Kap. 2.2.2) festgelegt werden.**

Folgende exemplarische, nicht abschließende Aussagen zu schutzgutbezogenen verbalargumentativen Sanierungszielen lassen sich formulieren:

- **Grundwasser:**
 - Die weitere Schadstoffausbreitung ist zu verhindern.
 - Der gute chemische Zustand ist wiederherzustellen.
 - Die vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten, insbesondere die Trinkwassergewinnung, sind wiederherzustellen und zu erhalten.
- **Boden:**
 - Vom Boden ausgehende Gefahren für den Einzelnen oder die Allgemeinheit sind zu beseitigen.
 - Die Entstehung neuer schädlicher Bodenveränderungen ist zu vermeiden.
 - Die weitere Schadstoffausbreitung ins Grundwasser oder in Pflanzen ist zu vermeiden.
 - Die natürlichen Bodenfunktionen und die Nutzungsfunktionen sind wiederherzustellen und zu erhalten.

Offene Fragen/Regelungsbedarf, Empfehlungen:

- **Sanierungsziele für das Grundwasser sollten unter Berücksichtigung der jeweiligen Standortbedingungen (Hydrogeologie, GW-Nutzungen, Schadensdimensionen) im Einzelfall festgelegt werden, ggf. differenziert z. B. nach Sanierungsdauer und Aufwand bzw. kleinräumigen und großflächigen PFC-Bodenverunreinigungen.**
- **Bei langfristigen Sanierungsmaßnahmen sollten Zwischenziele definiert und Möglichkeiten zur Nachjustierung vorgesehen werden.**
- **Die Zielerreichung (auch der Zwischenziele) sollte regelmäßig überprüft werden.**
- **Die Verhältnismäßigkeit ist bei der Ableitung der Sanierungsziele zu beachten.**

2.2.2 Sanierungszielwerte

Sachstand aus der Diskussion:

Sanierungsziele können mittels Sanierungszielwerten konkretisiert werden. Sanierungszielwerte existieren **nicht allgemeingütig, sondern** werden **im Einzelfall begründet** auf Basis der Sanierungsziele festgelegt.

Für PFC kann eine Orientierung an folgenden Grundlagen erfolgen:

- **Grundwasser:**
 - Geringfügigkeitsschwellenwerte
 - Leit- und gesundheitliche Orientierungswerte der Trinkwasserkommission
- **Boden:**
 - Sickerwasser-Prüfwerte, Entwürfe (s. Mantelverordnung) für den Wirkungspfad Boden/Grundwasser (Beurteilung auf Basis 2:1-Schütteleuate mit Einzelstoffbewertung, Summenbildung oder „Quotientenregel“)
 - Sickerwasserprognosen für den Ort der Beurteilung
 - TDI-Werte

Nach Einzelfallbegründung und nach Verhältnismäßigkeitsprüfung werden die Sanierungszielwerte ggf. abweichend festgelegt. Gegebenenfalls sind Nutzungseinschränkungen erforderlich.

Offene Fragen/Regelungsbedarf, Empfehlungen:

Für PFC wären unbeschadet des Einzelfallbezugs einheitliche Regelungen hilfreich:

- **Welche Einzelverbindungen werden genutzt und bewertet?
Welche Untersuchungsmethoden werden angewendet?**
- **Welche Berechnungsregeln (Quotienten- oder Summenregel etc.)
werden angewandt?**
- **Einheitliche Leitlinien zur Berücksichtigung von Precursor-
Verbindungen sind bisher noch nicht definiert, wären aber notwendig.**

2.2.3 Anforderungen an die Aufbereitung und Einleitung in Gewässer

Sachstand aus der Diskussion:

Für Direkteinleitungen in Oberflächengewässer gilt in NRW per Erlass ein Überwachungswert von 0,3 µg/l für die Summe PFOA+PFOS und ein Überwachungswert von 1,0 µg/l für die Summe aller gemessenen PFC. Bei Einleitungen in Oberflächengewässer ist darüber hinaus die Umweltqualitätsnorm (UQN) für PFOS von 0,65 ng/l zu berücksichtigen (gilt ab 22.12.2018). Um diese Anforderung zu erreichen, müssen alle Maßnahmen auf eine Vermeidung von analytisch messbaren PFOS-Emissionen ausgerichtet werden. Auch für alle anderen per- und polyfluorierten Verbindungen gilt hinsichtlich eines potenziellen Eintrags in die Umwelt, in Böden und Gewässer ein striktes Minderungs- und Vermeidungsgebot. Daraus folgt, dass bei Einleitungen nach **Stand der Technik aufzubereiten** ist. Das Verschlechterungsverbot nach WHG ist einzuhalten. Jede Einleitung ist eine Einzelfallentscheidung.

Die Vorgaben für die Reinigungsleistung können auf unterschiedliche Arten erfolgen. Für die Abreinigung werden in verschiedenen Einzelfällen folgende Reinigungsendwerte genannt:

- **100 ng/l für die Summe der 10 PFC nach LANUV NRW Liste,**
- **100 ng/l je PFC-Verbindung,**
- **200 ng/l für die Summe der 10 PFC nach LANUV NRW + zusätzlich
Anforderung für PFOS von < 20 ng/l (das Doppelte der bisher häufig
erreichbaren Bestimmungsgrenze).**

Diese Anforderungen waren zum Teil in Verbindung mit einem Wirkungsgrad > 90 % genannt.

Offene Fragen/Regelungsbedarf, Empfehlungen:

Für einen einheitlichen Vollzug sind folgende Punkte hilfreich:

- **Anforderungen an die Aufbereitung PFC-belasteten Grundwassers (Definition des Standes der Technik),**
- **Anforderungen an die Entsorgung der Reststoffe aus der Grundwassersanierung wie z.B. Eisenschlamm, beladenes Adsorbiermaterial etc. (Hochtemperaturbehandlung aufgrund der PFC-Belastung erforderlich?),**
- **Leitlinien für wasserrechtliche und wasserwirtschaftliche Anforderungen an die Einleitung/Ableitung gereinigten Grundwassers:**
 - **Einleitung in oberirdische Gewässer unter Beachtung des Verschlechterungsverbotes und der zukünftig maßgebenden Umweltqualitätsnorm von 0,65 ng/l PFOS oder**
 - **Einleitung in das Grundwasser unter Bezug auf den sehr viel höheren Geringfügigkeitsschwellenwert (derzeitiger Entwurf) für PFOS von 100 ng/l oder**
 - **Einleitung in öffentliche Abwasseranlagen.**

2.2.4 Verwertung, Deponierung

Sachstand aus der Diskussion:

Praktische Erfahrungen mit nachvollziehbaren Anforderung an die **Verwertung** PFC-belasteten Aushubs innerhalb und außerhalb technischer Bauwerke existieren nur vereinzelt. Regelungen in NRW:

- **Böden aus der Sanierung von PFC-Verunreinigung sind für eine Verwertung nicht geeignet.**
- **Bautechnisch anfallendes Aushubmaterial kann in PFC-vorbelasteten Gebieten bis zu PFC-Gehalten von 300 ng/l im 2:1-Schütteleluat unter definierten Randbedingungen verwertet werden (Festlegung im Einzelfall durch die zuständige Behörde).**

Bisher liegen landesweit nur wenige Erfahrungen mit der Verwertung PFC-belasteter Böden vor. Der Umgang bzw. die Anforderungen an bautechnisch bedingt anfallendes Aushubmaterial ist weitgehend unklar.

Die mitgeteilten Standpunkte im Rahmen des Workshops zeigen die große Spannweite (s. u.), in der der Ermessensspielraum genutzt wird:

- **Immer Einzelfallentscheidung.**
- **Bis 500 m³ können ohne nähere Betrachtung vor Ort wiedereingebaut werden, ohne von einer wesentlichen Verschlechterung der Beschaffenheit der Fläche ausgehen zu müssen.**
- **Nach dem Grundsatz ‚Gleiches zu Gleichem‘ werden gebietsbezogene Regelungen der Verwertung zugrunde gelegt.**

Bezüglich einer **Deponierung** wird in den NRW-Ablagerungsempfehlungen für Abfälle mit organischen Schadstoffen (Vollzugshilfe des MULNV NRW vom 06.12.2011) ein Grenzwert für die oberirdische Ablagerung von 50 mg/kg (PFOS, Deponieklasse III) auf Grundlage der EU-POP-Verordnung genannt. Darüber hinaus werden keine generellen Festlegungen differenzierter Feststoffwerte für einzelne Deponieklassen getroffen.

Im Unterschied dazu nennt das LfU Bayern in den PFC-Leitlinien Zuordnungswerte für die verschiedenen Deponieklassen.

Offene Fragen/Regelungsbedarf, Empfehlungen:

- **Geeignete Entsorgungseinrichtungen für PFC-belastete Böden müssen in ausreichendem Umfang sichergestellt werden.**
- **Es sind transparente Anforderungen für die Deponierung PFC-belasteter Böden notwendig (Deponieklasseneinstufung bzw. übersichtliche Zusammenstellung der Annahmekriterien).**
- **Sind Regelungen zur Verwertung PFC-belasteter Böden im Rahmen von Sanierungsplänen bei großflächigen Bodenverunreinigungen zielführend und zulässig?**
- **Es sind einheitliche Anforderungen an Sicherungsmaßnahmen für belastete Böden/Flächen zu ermitteln und festzulegen. (Stichworte: Asphaltdecke als Sicherung ausreichend?)**
- **Aufgrund der begrenzten Deponiekapazitäten und der zu bewältigenden Bodenmassen, die auf PFC-belasteten Flächen voraussichtlich in den nächsten Jahren anfallen werden, sind einheitliche Regelungen oder Leitlinien für den Umgang mit PFC-belasteten Böden dringend erforderlich.**

2.3 Erfahrungen mit der technischen Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen (Aufbereitung von Boden und Grundwasser)

Sachstand aus der Diskussion:

Die aktuelle Bestandsaufnahme des LANUV von PFC-Fällen in Nordrhein-Westfalen hat ergeben, dass 59 der 93 bekannten Fälle (63 %) dem Stadium der Sachverhaltsermittlung bzw. Gefährdungsabschätzung zuzuordnen sind, 11 Fälle (12 %) sind in der Sanierungsuntersuchung oder -planung und weitere 12 Fälle (13 %) befinden sich in der laufenden Sanierung. In den Fällen mit Grundwasserbehandlung wird ausschließlich Pump & Treat mit Aktivkohle oder Ionentauschern durchgeführt. Die Sanierung ist in 11 Fällen (12 %) abgeschlossen, hier finden teilweise noch Überwachungsmaßnahmen (Grundwassermonitoring) statt. Bei den abschließend sanierten Fällen handelt es sich ausschließlich um Bodensanierungen durch Bodenaustausch.

Dieses Bild wird durch die Auswertung der Fragebögen zum Workshop 3 sowie die Diskussion im Rahmen des Workshops bezüglich der betrachteten Fälle bestätigt. Von den gemeldeten 13 Fällen wurden bzw. werden bei 8 Fällen Quellensanierungen mit Bodenaushub durchgeführt. Der Aushub erfolgte hier allerdings nicht in allen Fällen primär zur Beseitigung der PFC-Belastungen, diese wurden als bekannte oder als unbekannte Begleit-kontaminationen ebenfalls entfernt.

In 5 der mittels Fragebögen genannten Fälle wurde bzw. wird eine Fahnenanierung bzw. ein Grundwassermonitoring (3 der 5 Fälle) ohne weitere aktive Maßnahmen durchgeführt.

Alle im Rahmen der Vorbereitung des Workshops 3 betrachteten Schadensfälle sind durch punktuelle Einträge entstanden (Einsatz von Löschmitteln bei Übungen oder Bränden, Betriebsgelände von Galvaniken). Schäden durch flächenhaften Auftrag PFC-belasteten Materials sind nicht unter den Fällen.

Vereinzelt sind Sanierungsmaßnahmen für andere Parameter (LCKW, CrVI) beendet worden, bei denen in Nachuntersuchungen dann PFC festgestellt wurden, die weiteren Sanierungsbedarf ergeben haben.

Gängige Verfahren für die Aufbereitung von Grundwasser sind Aktivkohle verschiedener Arten und Ionenaustauscher. In Einzelfällen wurden Spezialverfahren (PerfluorAd) sowie eine Oxidation mit Peroxid und Ozon angewendet.

Intensiv diskutiert wurden die juristischen Aspekte bei den PFC-Fällen. Ordnungsverfügungen bzw. Sanierungsanordnungen bei PFC-Fällen sind wegen der vielen Unbekannten für die Behörden schwierig zu formulieren und nach der Erfahrung der Beteiligten des Workshops 3 bisher gerichtlich beklagt worden. Problematisch ist, wenn bereits behördlich festgestellt sanierte Schäden wegen des Nachweises von PFC wieder bearbeitet werden müssen. Unklar ist auch die unterschiedliche juristische Bewertung von Schäden, die vor oder nach dem Verbot der PFC-haltigen Löschschäume eingetreten sind.

Offene Fragen/Regelungsbedarf, Empfehlungen:

Für die Planung von Sanierungsmaßnahmen sind folgende Aspekte relevant:

Eine genaue Erkundung des Schadens, des Stoffspektrums und der möglichen Sanierung ist aufwändig und teuer, aber gut investiert, weil zielgerichtet saniert werden kann. Eine Schritt-für-Schritt-Vorgehensweise ist sinnvoll und angemessen.

Insbesondere für die Planung von Grundwassersanierungsmaßnahmen sind Vorversuche und Pilotanwendungen zur Aufbereitung unbedingt erforderlich, Begleitstoffe und Störstoffe müssen berücksichtigt werden.

Die anfallenden Reststoffe (Eisenschlamm, beladene Aktivkohle usw.) müssen berücksichtigt werden.

Bei einer hohen organischen Hintergrundbelastung des Grundwassers kann sich die Adsorbierbarkeit von z. B. PFOS verringern. Die Stoffeigenschaften in Verbindung mit dem Spektrum der PFC am konkreten Schadensfall sind unbedingt zu berücksichtigen. Kurzkettige PFC wie z. B. PFHxA sind deutlich schlechter adsorbierbar.

Bei der Reaktivierung von Aktivkohle muss sichergestellt werden, dass mit Nachverbrennung der Abluft gearbeitet wird (> 1.200 °C). Alternativ bleibt nur die Hochtemperaturverbrennung des Adsorbens. Eine Überprüfung der Anlagen, ob diese Temperaturen erreicht werden können bzw. eingehalten werden, wird für erforderlich gehalten.

Innovative Sanierungsverfahren, wie sie z. B. bei LHKW und PAK angewendet werden, sind derzeit für PFC-Schäden nicht verfügbar. Nach derzeitigem Kenntnisstand sind In-situ-Verfahren bei PFC mit Einschränkungen verbunden. Zu beachten ist, dass insbesondere mittels mikrobiologischer Prozesse und chemischer Prozesse polyfluorierte PFC zu perfluorierten PFC umgewandelt werden können. Der Einsatz von Nano-Eisen in der Fahnensanierung wird diskutiert, aber die Wirkungsweise ist nicht bekannt und in der Fachwelt umstritten.

Weitere Aspekte aus der Diskussion sind folgende:

- **Die Deponierung von PFC-belastetem Boden ist nur für geringe Mengen möglich und nicht einheitlich geregelt.**
- **Grünschnitt aus mit PFC belasteten Flächen muss ggf. ebenfalls verbrannt werden.**
- **Wissensmanagement ist ein wichtiger Baustein der Bearbeitung von PFC-Projekten. Für die Erkundung, Bewertung und Sanierung von PFC sollten alle Beteiligten auf einem gleichen Wissensstand sein, so wird vermieden, dass an verschiedenen Stellen die gleichen Fehler gemacht werden. Gleichzeitig können so Kosten eingespart werden und das Vorgehen im Umgang kann sich vereinheitlichen.**

Offene Fragen/Regelungsbedarf, Empfehlungen:

- **Neuschäden müssen durch Aufklärung vermieden werden. (Schulungen bei Feuerwehren usw.)**
- **Das Transformationsverhalten einzelner PFC muss erkundet werden.**
- **Die Aufbereitungsmöglichkeiten von belastetem Grundwasser sollten wissenschaftlich weiter untersucht werden.**
- **Der Stand der Technik ist im Zusammenhang mit der Einleitung in Gewässer und einheitlichen Anforderungen an die Aufbereitung PFC-haltigen Grundwassers und der Entsorgung von Reststoffen zu beschreiben.**
- **Möglichkeiten zur In-Situ-Sanierung müssen untersucht werden, v. a. um Deponieraum zu erhalten.**

3 Fazit

Im Rahmen der Workshops wurden themenbezogen offene Fragen, Regelungsbedarf, Empfehlungen und Forschungsbedarf formuliert.

Es wurde deutlich, dass zahlreiche Informations- und Regelungslücken bestehen, um den Ansprüchen an eine effiziente Erfassung, Erkundung, Analytik, Bewertung und Sanierung von Fällen mit PFC im Vollzug gerecht werden zu können.

In diesem Zusammenhang werden die Absichten des Bundes begrüßt, auf Grundlage des Beschlusses der 88. Umweltministerkonferenz vom Mai 2017 einheitliche Vorgaben für die Bewertung und Sanierung von Boden- und Gewässerverunreinigungen sowie für die Entsorgung PFC-haltiger Materialien abzuleiten.

Ebenso werden bereits bestehende bzw. geplante Forschungsaktivitäten des Bundes (z. B. Sanierungsmanagement für lokale und flächenhafte PFC-Kontaminationen) als Bausteine zum Erreichen dieser Ziele begrüßt.

Es ist allerdings auch deutlich, dass nur durch eine gezielte Forschungs koordinierung, z. B. in einem Verbundforschungsvorhaben ein hinreichender Erkenntnisgewinn für zukünftige Strategien zur Vermeidung, Vorsorge und Gefahrenabwehr erreicht werden kann.

Dazu wird auf folgenden Forschungsbedarf hingewiesen, der teilweise bereits im aktuellen PFC-Bericht des UBA² formuliert ist, der aber auch durch den Nordrhein-Westfälischen Workshop untermauert und erweitert wird:

² Umweltbundesamt (2017): „Bericht zu perfluorierten Verbindungen; Reduzierung/Vermeidung, Regulierung und Grenzwerte, einheitliche Analyse- und Messverfahren für fluororganische Verbindungen“, https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/Bericht_des_BMUB_zu_perfluorierten_Verbindungen_final.pdf

- **Minderungspotenziale (Entwicklung fluorfreier und toxikologisch unbedenklicher Alternativen für die verschiedenen Anwendungsbereiche).**
- **Prozessverständnis von PFC in Böden**
 - **Faktoren, die Auswaschung und Rückhalt beeinflussen, u. a. der pH-Wert.**
- **Bewertung Transfer Boden-Pflanze:**
 - **zu wenige Daten zum Transfer,**
 - **systematische Untersuchungen unter Feldbedingungen (Einfluss physikalischer-chemischer Bodeneigenschaften und klimatischer Einflüsse).**
- **Bewertung Wirkungspfad Boden-Grundwasser sowie Grundwasser (im Rahmen Einzelfallbearbeitung):**
 - **Weitere humantoxikologische Grundlagen zur Ableitung von GFS bzw. Prüfwerten (inwieweit für die Medien Trinkwasser, Oberflächenwasser und Grundwasser generell Bedarf an weiteren Werten besteht, hängt von der Auswertung von Messprogrammen ab)**
- **Einheitliche Bewertungsmaßstäbe für die Verwertung und Deponierung.**
- **Analytik:**
 - **Weiterentwicklung und Normung der Precursor-Oxidation,**
 - **Bewertungsmaßstäbe für AOF-Gehalte und PFC-Gehalte nach Precursor-Oxidation erforderlich,**
 - **Forschung zum AOF, um Differenzen aus dem AOF-Wert (Gesamtfluorgehalt) zu den aus mittels LC/MS/MS nach Precursor-Oxidation bestimmten PFC erklären zu können.**
- **Sanierung:**
 - **Aufbereitungsmöglichkeiten von belastetem Grundwasser,**
 - **Transformationsverhalten einzelner PFC,**
 - **Definition des Stands der Technik (Anforderungen an die Aufbereitung PFC-haltigen Grundwassers und Anforderungen an die Entsorgung von Reststoffen der Wasseraufbereitung),**
 - **Entwicklung alternativer Verfahren (In-situ-Verfahren).**

Anlagen

Anlage 1: Programmflyer.....	20
Anlage 2: Vorträge	
1. Bestandsaufnahme von Fällen mit PFC-Belastungen im Boden und Grundwasser in Nordrhein-Westfalen.....	21
2. Bewertungsmaßstäbe für PFC.....	27
3. Systematische Erkundung zur Ermittlung von Verdachtsbereichen.....	45
4. Aktuelles zur Analytik und Chemie von perfluorierten und polyfluorierten Tensiden (PFC).....	55
5. Geförderte Maßnahmen und Forschungsaktivitäten.....	67
6. Maßstäbe für die Bewertung von PFC Boden- und Grundwasserverunreinigungen.....	76
Anlage 3: Fragebögen.....	78
Anlage 4: Protokolle der Workshops.....	118



Veranstalter

- AAV - Verband für Flächenrecycling und Altlastensanierung
- Umweltamt der Stadt Düsseldorf
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV)

Veranstaltungsort

BEW Duisburg
Dr.-Detlev-Karsten-Rohwedder-Str. 70
47228 Duisburg

Zielgruppe

- Zuständige Behörden für die Erfassung, Erkundung, Bewertung und Sanierung von PFC-Boden- und Grundwasserschäden in NRW
- Vertreterinnen und Vertreter von Behörden anderer Bundesländer, des Bundes, Gutachter, Verpflichtete und Anlagenbetreiber, bei denen Erfahrungen mit PFC-Boden- und Grundwasserschäden vorliegen

Zu der Veranstaltung wird durch die Ausrichter gezielt eingeladen.

Die Teilnahme ist kostenfrei.



Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen

Leibnizstraße 10
45659 Recklinghausen
Telefon 02361 305-0
poststelle@lanuv.nrw.de

www.lanuv.nrw.de

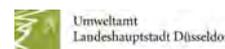
Bildnachweis
Landeshauptstadt Düsseldorf (Titelbild)

Juni 2017

PFC in Boden und Grundwasser

Workshop

25.09.2017, BEW Duisburg



LANUV
Kompetenz für ein
lebenswertes Land



PFC in Boden und Grundwasser

In den vergangenen Jahren haben per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) im Zusammenhang mit Boden- und Grundwasserschäden zunehmend an Aufmerksamkeit gewonnen. Die Eigenschaften von PFC stellen besondere Anforderungen an die Erfassung, Erkundung, Bewertung und Sanierung.

Bei verschiedenen Akteuren liegen bereits Erfahrungen mit diesen Bearbeitungsschritten vor. Ziel des durch den AAV - Verband für Flächenrecycling und Altlastensanierung, die Stadt Düsseldorf und das LANUV initiierten Workshops ist es, die bisher vorliegenden Erfahrungen zu erörtern, um daraus für die zukünftige Bearbeitung zu profitieren. Durch die Berücksichtigung der an verschiedenen Stellen gewonnenen Erfahrungen soll der Stand der Untersuchung und Sanierung weiterentwickelt und die Qualität der Bearbeitung verbessert werden. Dadurch ließen sich die Bearbeitung der Einzelfälle beschleunigen, unnötige Untersuchungen vermeiden und Sanierungsmaßnahmen optimieren. Um einen zielgerichteten Erfahrungsaustausch zu erreichen, sind drei Themenblöcke vorgesehen, in denen konkrete Fragen erörtert werden sollen. Aus der gemeinsamen Diskussion gewonnener Erfahrungen soll für die Teilnehmerinnen und Teilnehmer ein Erkenntniszugewinn resultieren, der der weiteren Bearbeitung eigener Projekte zu Gute kommt.

Zu dieser Veranstaltung werden Vertreterinnen und Vertreter aller Akteursgruppen gezielt eingeladen.

Programm

ab 9.00 Uhr Registrierung

Begrüßung, Organisatorisches

9.30 Uhr Begrüßung und Eröffnung
(Dr. Barbara Köllner, LANUV)
(Dr. Roland Arnz, AAV)

9.40 Uhr Organisatorische Hinweise

Einführungsvorträge

(Moderation: Prof. Dr. Jens Utermann, MKULNV)

9.45 Uhr Bestandsaufnahme von Fällen in NRW
(Mareike Mersmann, LANUV)

9.55 Uhr PFC-Bewertungsmaßstäbe
(Stefan Schroers, LANUV)

10.25 Uhr Systematische Erkundung zur Ermittlung von Verdachtsbereichen
(Ingo Valentin, Stadt Düsseldorf)

10.50 Uhr Kaffeepause

11.15 Uhr Aktuelles zur PFC-Analytik
(Dr. Joachim Hähne, LANUV)

11.40 Uhr Geförderte Maßnahmen und Forschungsaktivitäten
(Dr. Ernst-Werner Hoffmann, AAV)

12.00 Uhr Aufteilung in Gruppen

12.10 Uhr Gemeinsame Mittagspause

Workshops

1. Erfahrungen aus der Erfassung, Erkundung und Bewertung von PFC-Boden- und Grundwasserverunreinigungen
(Moderation: Stefan Schroers, LANUV)
 2. Erfahrungen aus der Sanierungsvorbereitung (Ableitung von Sanierungszielen, Anforderungen an die Aufbereitung, Verwertung und Entsorgung)
(Moderation: Dr. Inge Bantz, Stadt Düsseldorf)
 3. Erfahrungen mit der technischen Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen (Aufbereitung von Grundwasser und Boden)
(Moderation: Dr. Ernst-Werner Hoffmann, AAV)
- 13.00 Uhr Gruppenarbeit
- 15.30 Uhr Kaffeepause
- 16.00 Uhr Vorstellung der Ergebnisse und Diskussion im Plenum
(Stefan Schroers, LANUV
Dr. Inge Bantz, Stadt Düsseldorf
Dr. Ernst-Werner Hoffmann, AAV)
- 17.00 Uhr Ende der Veranstaltung



Bestandsaufnahme von Fällen mit PFC- Belastungen im Boden und Grundwasser in Nordrhein-Westfalen

Mareike Mersmann/Stefan Schroers - LANUV NRW, Fachbereich 32

Workshop „PFC in Boden und Grundwasser“ am 25.09.2017 im BEW Duisburg

29.09.2017

Inhalt

1. Datenerhebung
2. Anzahl der Fälle
3. Ursachen der Belastungen
4. Bearbeitungsstand
5. Stoffverteilung (2015)

1. Datenerhebung

- Ermittlung des aktuellen Standes (April 2017) von Fällen mit PFC-Belastungen in NRW
- Daten aus 2011, 2013 und 2015 lagen bereits vor

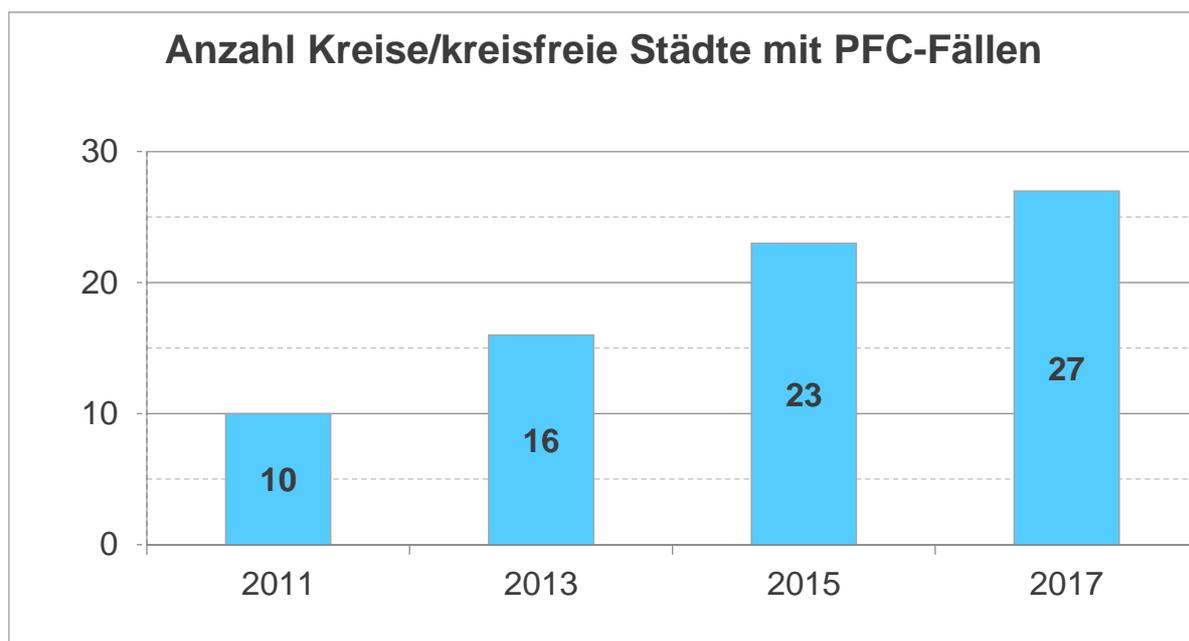
Befragt wurden:

- Untere Bodenschutzbehörden der 54 Kreise und kreisfreien Städte in NRW
- die Dezernate 52 der fünf Bezirksregierungen in NRW

LANUV 29.09.2017

3

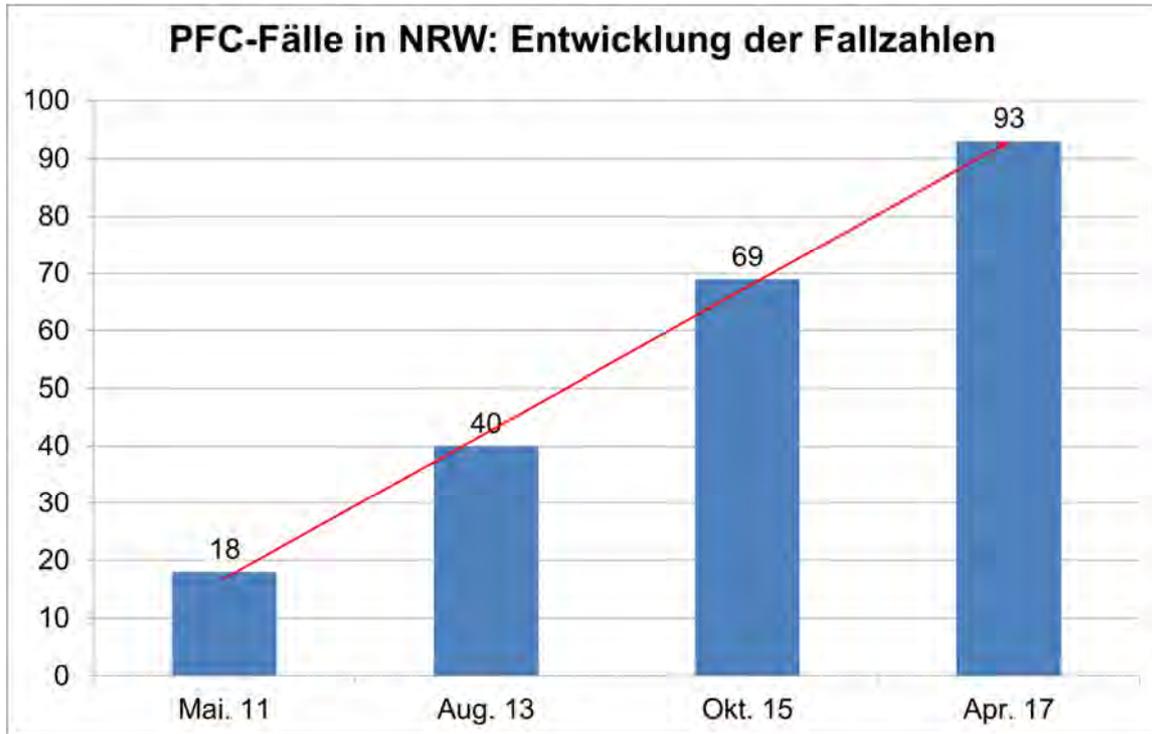
2. Anzahl der Fälle



LANUV 29.09.2017

4

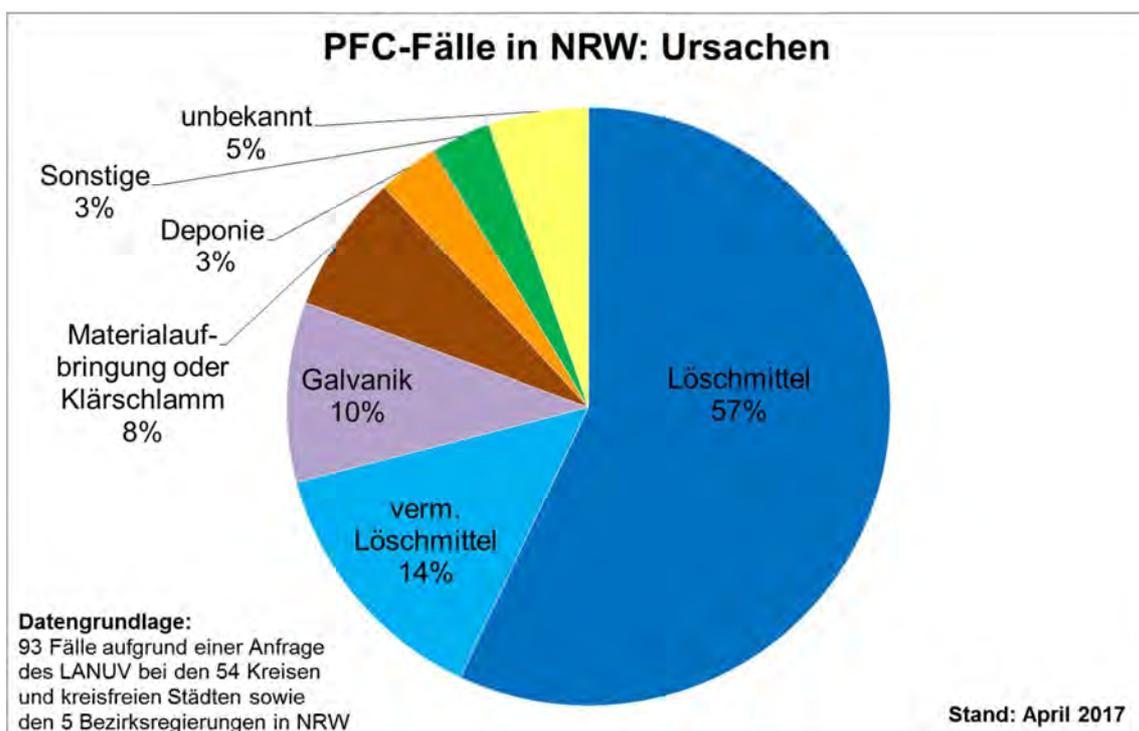
2. Anzahl der Fälle



LANUV 29.09.2017

5

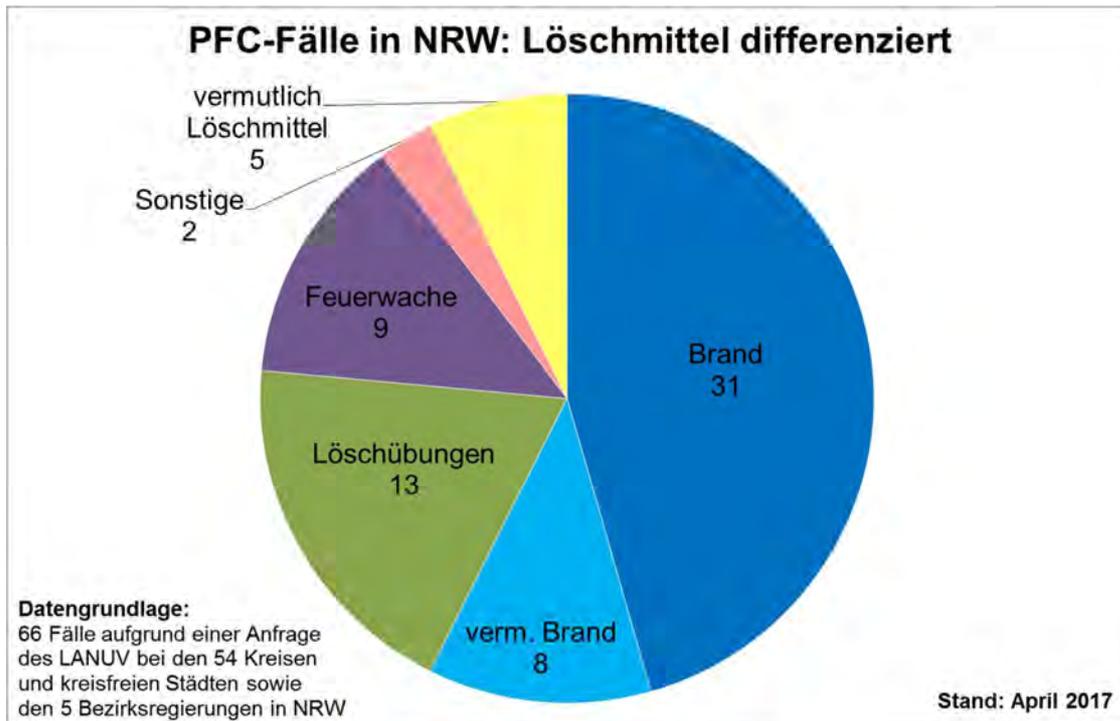
3. Ursachen



LANUV 29.09.2017

6

3. Ursachen – Löschmittel differenziert

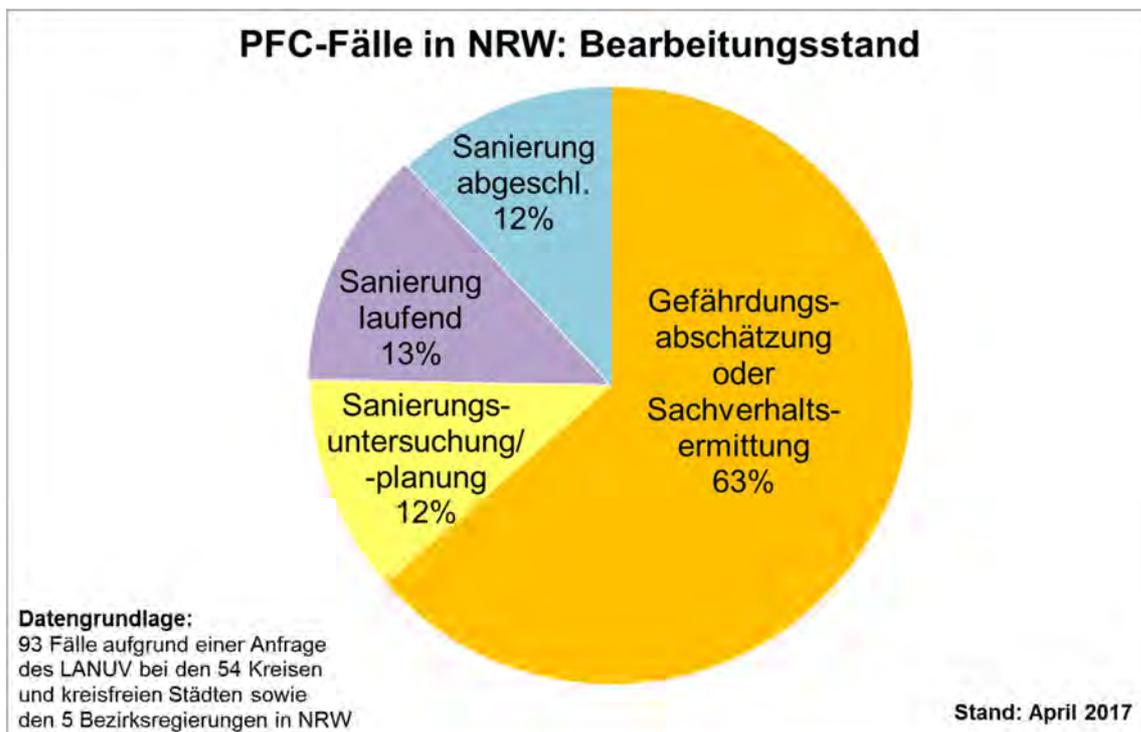


LANUV 29.09.2017



7

4. Bearbeitungsstand

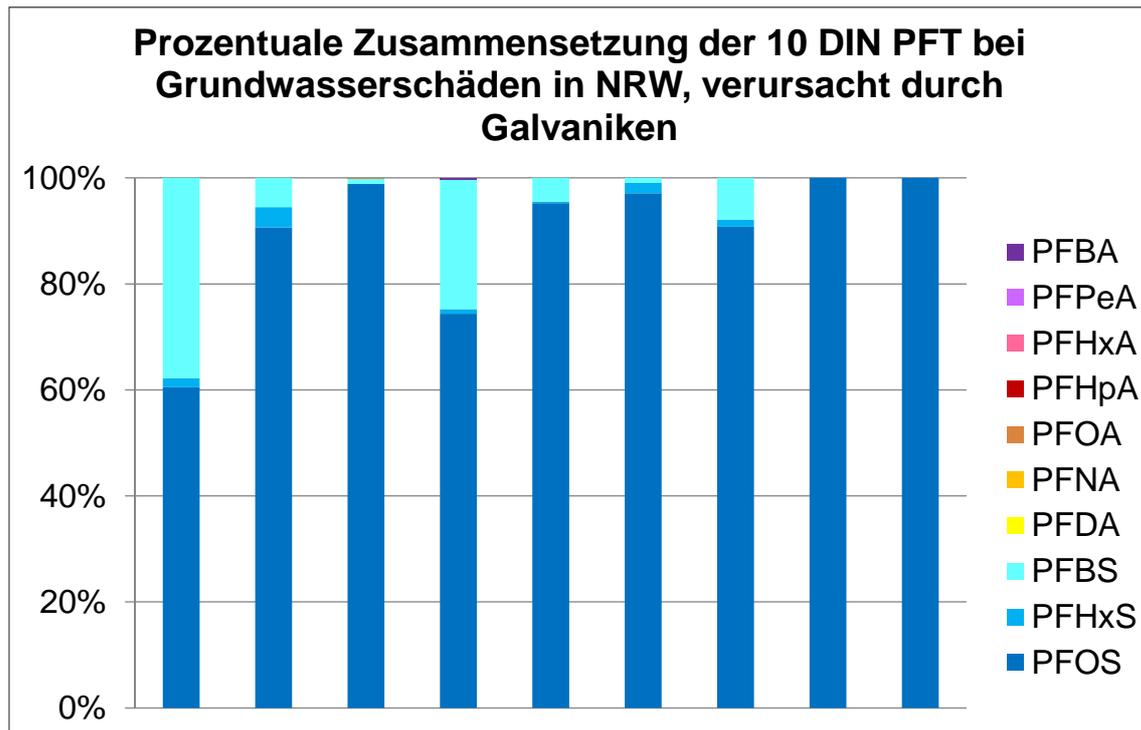


LANUV 29.09.2017



8

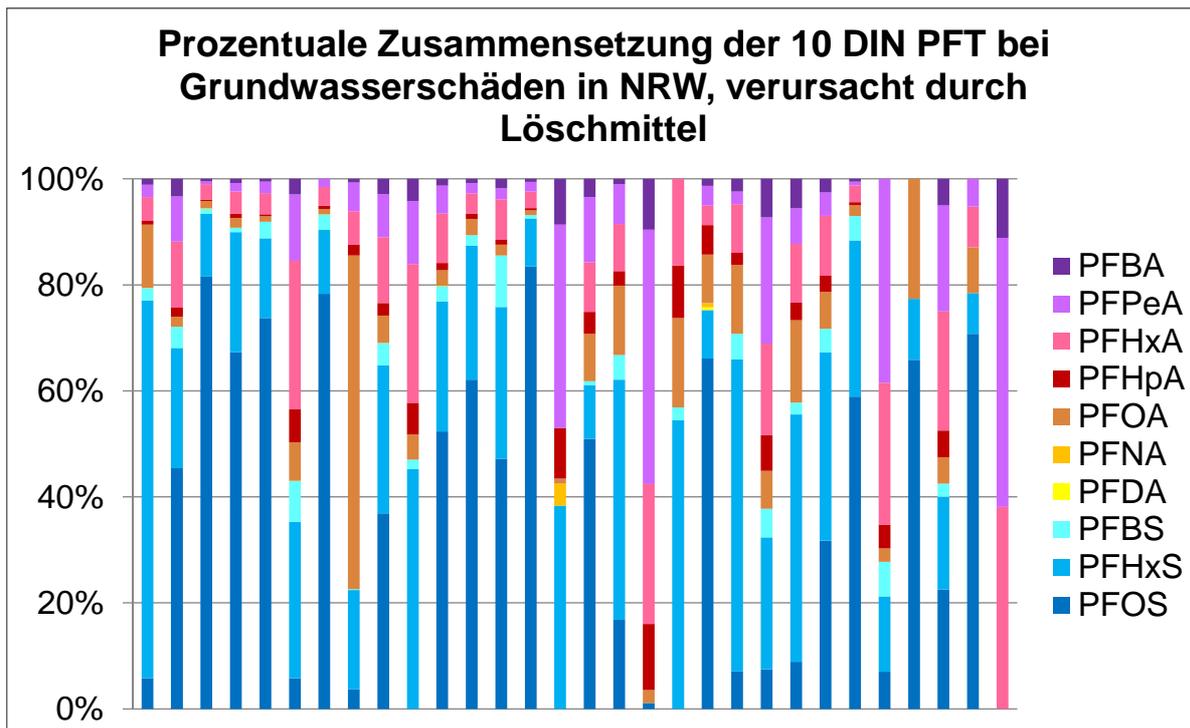
5. Stoffverteilung (2015)



LANUV 29.09.2017

9

5. Stoffverteilung (2015)



LANUV 29.09.2017

10



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

mareike.mersmann@lanuv.nrw.de

stefan.schroers@lanuv.nrw.de

29.09.2017



Foto: © Umweltamt Düsseldorf

Bewertungsmaßstäbe für PFC

Stefan Schroers, LANUV NRW

Workshop „PFC in Boden und Grundwasser“ am 25.09.2017 im BEW Duisburg

Bewertungsmaßstäbe - Inhalt

- Beschränkung
- Trinkwasser, Rohwasser, Wasserressourcen
- Grundwasser
- Abwasser
- Oberflächengewässer
- Boden
 - Wirkungspfad Boden-Grundwasser
 - Wirkungspfad Boden-Pflanze
 - Wirkungspfad Boden-Mensch
- Sanierungszielwerte
- Deponierung / Verwertung von Boden

Einleitung – Definition & Analytik

■ PFC = Per- und polyfluorierte Chemikalien

- PFC bestehen aus Kohlenstoffketten verschiedener Längen, bei denen die Wasserstoffatome vollständig (perfluoriert = PFT) oder teilweise (polyfluoriert = polyFT) durch Fluoratome ersetzt sind.

DIN 38407-14 (Sediment, Klärschlamm) / DIN 38407-42 (Wasser)

10 DIN-PFT:	Zusätzlich im LANUV analysierte PFC:
Perfluorbutansäure (PFBA)	Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)
Perfluorpentansäure (PFPeA)	Perfluorundekansäure (PFUdA)
Perfluorhexansäure (PFHxA)	Perfluordodekansäure (PFDoA)
Perfluorheptansäure (PFHpA)	Perfluordekansulfonsäure (PFDS)
Perfluoroctansäure (PFOA)	1H, 1H, 2H, 2H-Perfluoroctansulfonsäure (6:2 FTS, H4PFOS)
Perfluorononansäure (PFNA)	Capstone Produkt A
Perfluordekansäure (PFDA)	Capstone Produkt B
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	
Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)	

Untere Anwendungsgrenzen

Boden: 10 µg/kg
Wasser: 10 ng/l

Bewertungsmaßstäbe - Inhalt

- Beschränkung
- Trinkwasser, Rohwasser, Wasserressourcen
- Grundwasser
- Abwasser
- Oberflächengewässer
- Boden
 - Wirkungspfad Boden-Grundwasser
 - Wirkungspfad Boden-Pflanze
 - Wirkungspfad Boden-Mensch
- Sanierungszielwerte
- Deponierung / Verwertung von Boden

Beschränkung

■ Beschränkung PFOS

- Seit 27.06.2008 durften PFOS EU-weit nur noch **bis 0,005 %** verwendet werden.
(RL 2006/122/EG = RL zur Änderung der RL 76/769/EWG zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen)
- Seit 24.08.2010 gilt gem. EU-POP-Verordnung (Nr. 757/2010): PFOS max. **0,001 %** bzw. **10 mg/kg** bzw. **1 µg/m²**.
 - Einschränkungen (Reduzierung auf Mindestmaß):
z. B. Galvanotechnik (als Netzmittel bis 26.08.2015;
Sprühnebelunterdrückung für nicht dekoratives Verchromen in geschlossenen Kreislaufsystemen), Fotoindustrie.

Beschränkung

■ Beschränkung PFOA

- Deutschland und Norwegen haben bereits 2014 eine EU-weite **Beschränkung von PFOA**, ihrer Salze und Vorläuferverbindungen nach REACH vorgeschlagen.
- Im Dez. 2016 stimmten die EU-Mitgliedsstaaten zu.
- Grenzwert: **25 µg/l (25 ppb)** als Bestandteil in z. B. Imprägniersprays, Textilien, Lebensmittelverpackungen.
- Beschränkung tritt nach 3 Jahren in Kraft, für einzelne Anwendungen längere Übergangszeiten, z. B. Arbeitsschutzkleidung (6 Jahre), ...

Bewertungsmaßstäbe - Inhalt

- Beschränkung
- Trinkwasser, Rohwasser, Wasserressourcen
- Grundwasser
- Abwasser
- Oberflächengewässer
- Boden
 - Wirkungspfad Boden-Grundwasser
 - Wirkungspfad Boden-Pflanze
 - Wirkungspfad Boden-Mensch
- Sanierungszielwerte
- Deponierung / Verwertung von Boden

Trinkwasser, Rohwasser, Wasserressourcen

- **Aktuelle Leitwerte (LW) und Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW)**
 - Veröffentlicht im Bundesgesundheitsblatt 3 / 2017

Lfd. Nr.	Name, Abkürzung (CAS Nr.)	TW _{LW} [µg/l]	GOW [µg/l]
1	Perfluorbutansäure, PFBA (375-22-4)	10	–
2	Perfluorpentansäure, PFPeA (2706-90-3)	–	3,0
3	Perfluorhexansäure, PFHxA (307-24-4)	6	–
4	Perfluorheptansäure, PFHpA (375-85-9)	–	0,3
5	Perfluoroktansäure, PFOA (335-67-1)	0,1	–
6	Perfluorononansäure, PFNA (375-95-1)	0,06	–
7	Perfluordekansäure, PFDA (335-76-2)	–	0,1
8	Perfluorbutansulfonsäure, PFBS (375-73-5)	6	–
9	Perfluorhexansulfonsäure, PFHxS (355-46-4)	0,1	–
10	Perfluorheptansulfonsäure, PFHpS (375-92-8)	–	0,3
11	Perfluoroktansulfonat, PFOS (1763-23-1)	0,1	–
12	H4-Polyfluoroktansulfonsäure, H4PFOS (27619-97-2)	–	0,1
13	Perfluoroktansulfonamid, PFOSA (754-91-6)	–	0,1

Trinkwasser, Rohwasser, Wasserressourcen

■ Stoffsummen:

- Keine wissenschaftlich schlüssige Methode für die humantoxikologische Bewertung von Mehrstoffbelastungen.
- Auf das Schutzgut menschliche Gesundheit bezogen, gibt die TRGS 402 für Arbeitsplatzexpositionen eine praktische Anleitung (Quotientenregel):

$$BI_{LW_h} = \frac{c_1}{LW_{h1}} + \frac{c_2}{LW_{h2}} + \frac{c_3}{LW_{h3}} + \dots$$

Wenn als Summe aller Quotienten (Konzentration zu Leitwert) ein Wert von „kleiner oder gleich 1“ erhalten wird, ist das betreffende Trinkwasser lebenslang gesundheitlich duldbar. Bei Summen „größer 1“ ist dies dagegen nicht der Fall, wohl aber möglicherweise für kürzere als lebenslange Zeiträume.

Bewertungsmaßstäbe - Inhalt

- Beschränkung
- Trinkwasser, Rohwasser, Wasserressourcen
- Grundwasser
- Abwasser
- Oberflächengewässer
- Boden
 - Wirkungspfad Boden-Grundwasser
 - Wirkungspfad Boden-Pflanze
 - Wirkungspfad Boden-Mensch
- Sanierungszielwerte
- Deponierung / Verwertung von Boden

Grundwasser

- Die für **Trinkwasser / Rohwasser** empfohlenen Leitwerte / GOW können orientierend auch für die Bewertung von Grundwasser herangezogen werden.
- Für 7 Einzel-PFC wurden **GFS-Werte** abgeleitet (Entwurfassung) (Basis: humantoxikologische Ableitung):

Lfd. Nr.	Name, Abkürzung	GFS [$\mu\text{g/L}$]	Basis [$\mu\text{g/L}$]	
			Humantox.	Ökotox.
1	Perfluorbutansäure, PFBA	10	10	1.260
2	Perfluorpentansäure, PFPeA	-	- (GOW: 3,0)	320
3	Perfluorhexansäure, PFHxA	6	6	1.000
4	Perfluorheptansäure, PFHpA	-	- (GOW: 0,3)	-
5	Perfluoroktansäure, PFOA	0,1	0,1	570
6	Perfluornonansäure, PFNA	0,06	0,06	8
7	Perfluordecansäure, PFDA	-	- (GOW: 0,1)	10
8	Perfluorbutansulfonsäure, PFBS	6	6	3.700
9	Perfluorhexansulfonsäure, PFHxS	0,1	0,1	250
10	Perfluorheptansulfonsäure, PFHpS	-	- (GOW: 0,3)	-
11	Perfluoroktansulfonsäure, PFOS	0,1	0,1	0,23
12	H4-Polyfluoroktansulfonsäure, H4PFOS	-	- (GOW: 0,1)	870
13	Perfluoroktansulfonamid, PFOSA	-	- (GOW: 0,1)	-

- Charakter GFS: nachteilige Veränderung des Grundwassers

Grundwasser

- Leitlinien Bayern vom April 2017



Stoff	Vorläufiger Schwellenwert (SW) in $\mu\text{g/l}$	Summenbedingung	Begründung
Perfluornonansäure PFNA	0,06	$\sum \frac{C_n}{SW_n} \leq 1$	Jeweils Übernahme des aktuell vorliegenden GFS-Wert-Vorschlages der LA-WA
Perfluoroktansulfonsäure PFOS	0,1		
Perfluoroktansäure PFOA	0,1		
Perfluorhexansulfonsäure PFHxS	0,1		
Perfluorhexansäure PFHxA	6,0		
Perfluorbutansulfonsäure PFBS	6,0		
Perfluorbutansäure PFBA	10,0		
Perfluordecansäure PFDA	0,1		
H4-Polyfluoroktansulfonsäure H4PFOS	0,1		
Perfluoroktansulfonamid PFOSA	0,1		
Perfluorheptansulfonsäure PFHpS	0,3		
Perfluorheptansäure PFHpA	0,3		
Perfluorpentansäure PFPeA	3,0		

Grundwasser

- Erlass **Baden-Württemberg** vom 17.06.2015
(Vorläufige GFS für das **Grundwasser** und Sickerwasser)

- Definition von **vorläufigen GFS-Werten**
- Für die Gruppe der LW / GFS und der GOW werden Summen
anhand der **TRGS-Quotientenregel** bewertet.

- **Zusammenfassung:**
Vorgehen in BW, BY und NW identisch.

Bewertungsmaßstäbe - Inhalt

- Beschränkung
- Trinkwasser, Rohwasser, Wasserressourcen
- Grundwasser
- Abwasser
- Oberflächengewässer
- Boden
 - Wirkungspfad Boden-Grundwasser
 - Wirkungspfad Boden-Pflanze
 - Wirkungspfad Boden-Mensch
- Sanierungszielwerte
- Deponierung / Verwertung von Boden

Abwasser

■ NRW-Erlass vom 16.06.2014

(„Neubewertung der PFT-Substanzen“)

- Für **Direkteinleitungen** in Oberflächengewässer gilt in NRW ein Orientierungswert von **0,3 µg/l für die Summe PFOA+PFOS** und ein Orientierungswert von **1,0 µg/l für die Summe aller gemessenen PFC**

- Maßstab Oberflächengewässer:
Hinweis auf die Richtlinie 2013/39/EU:
UQN PFOS = 0,65 ng/l

→ Um diese Anforderung zu erreichen, müssen alle Maßnahmen auf eine **Vermeidung von analytisch messbaren PFOS-Emissionen** ausgerichtet werden.

Auch für alle anderen per- und polyfluorierten Verbindungen gilt hinsichtlich eines potenziellen Eintrags in die Umwelt, in Böden und Gewässer ein striktes **Minderungs- und Vermeidungsgebot.**

Bewertungsmaßstäbe - Inhalt

- Beschränkung
- Trinkwasser, Rohwasser, Wasserressourcen
- Grundwasser
- Abwasser
- Oberflächengewässer
- Boden
 - Wirkungspfad Boden-Grundwasser
 - Wirkungspfad Boden-Pflanze
 - Wirkungspfad Boden-Mensch
- Sanierungszielwerte
- Deponierung / Verwertung von Boden

Oberflächengewässer

- Für sechs PFC (H4PFOS, PFHxS, PFHxA, PFPeA, PFBS, PFBA) existieren Werte zum Schutz der aquatischen Lebensgemeinschaft (**PNEC_{aquatisch}**).
- In der Richtlinie 2013/39/EU wurde für PFOS eine **UQN** von 0,65 ng/l auf Basis „Fischverzehr“ festgelegt und mit der OGewV (Anh. 7) umgesetzt (20.06.16):
 - Guter chem. Zustand muss bis 2027 erreicht werden.
 - Kriterium: Schutz der menschlichen Gesundheit im Hinblick auf den Verzehr von Fischereiprodukten aus Binnengewässern und Meeren
 - Für Grundwasser nicht relevant, sofern „Grundwasser nicht unmittelbar zu Oberflächengewässer wird“.
 - Für Einleitungen insofern relevant, als dass dadurch das Ziel „Guter chem. Zustand“ beeinflusst werden kann.
 - → Vor Einleitung ist nach Stand der Technik aufzubereiten (Minimierungs- und Vermeidungsgebot).

Bewertungsmaßstäbe - Inhalt

- Beschränkung
- Trinkwasser, Rohwasser, Wasserressourcen
- Grundwasser
- Abwasser
- Oberflächengewässer
- Boden
 - Wirkungspfad Boden-Grundwasser
 - Wirkungspfad Boden-Pflanze
 - Wirkungspfad Boden-Mensch
- Sanierungszielwerte
- Deponierung / Verwertung von Boden

Boden

- Keine allgemeingültigen Werte für den Boden
- Die Bewertung belasteter Böden erfolgt auf den **Einzelfall bezogen** hinsichtlich festzustellender schädlicher Wirkungen, insbesondere auf Gewässer und Pflanzen
(„**Wirkungspfad-Betrachtung**“).

Bewertungsmaßstäbe - Inhalt

- Beschränkung
- Trinkwasser, Rohwasser, Wasserressourcen
- Grundwasser
- Abwasser
- Oberflächengewässer
- Boden
 - Wirkungspfad Boden-Grundwasser
 - Wirkungspfad Boden-Pflanze
 - Wirkungspfad Boden-Mensch
- Sanierungszielwerte
- Deponierung / Verwertung von Boden

Wirkungspfad Boden-Grundwasser

- Untersuchungen haben gezeigt, dass auch unterhalb der UAWG des Analysenverfahrens (10 µg/kg) relevante **Eluatgehalte** von mehreren Hundert ng/L auftreten können.
- Bei UAWG (10 µg/kg) relevantes Inventar und relevante Freisetzung möglich.
- Folgerung **NRW**: Zur Beurteilung des WP Boden-GW reichen Feststoffkonzentrationen nicht aus. **Eluate erforderlich**.
- Empfehlung NRW: Elution mit W/F 2:1
- **Prüfwerte am OdB** im E-BBodSchV (E-Stand 03.05.2017) vorgesehen:

Stoff	Prüfwert
	[µg/l]
Perfluorbutansäure (PFBA)	10
Perfluorhexansäure (PFHxA)	6
Perfluoroktansäure (PFOA)	0,1
Perfluornonansäure (PFNA)	0,06
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	6
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	0,1
Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)	0,1

Wirkungspfad Boden-Grundwasser

- Leitlinien **Bayern** vom April 2017:
 - Elution W/F 10:1 bis zum Inkrafttreten Mantelverordnung
 - Stufe-1- und Stufe-2-Werte
(Stufe 1 = GW, entsprechen GFS und Prüfwerte am OdB im E-BBodSchV)
(Stufe 2 = Sickerwasser am OdB, d. h. Einmischung eingerechnet)

Stoff	Vorläufiger Stufe-1-Wert in µg/l	Summenbedingung für Stufe-1	Vorläufiger Stufe-2-Wert in µg/l	Summenbedingung für Stufe-2
Perfluornonansäure PFNA	0,06	$\sum (C_n / \text{Stufe-1}_n) \leq 1$	0,25	$\sum (C_n / \text{Stufe-2}_n) \leq 1$
Perfluoroktansulfonsäure PFOS	0,1		0,4	
Perfluoroktansäure PFOA	0,1		0,4	
Perfluorhexansulfonsäure PFHxS	0,1		0,4	
Perfluorhexansäure PFHxA	6,0		24,0	
Perfluorbutansulfonsäure PFBS	6,0		24,0	
Perfluorbutansäure PFBA	10,0		40,0	
Perfluordekansäure PFDA (ggf. Summe mit allen PFC > C10)	0,1			
H4-Polyfluoroktansulfonsäure H4PFOS	0,1		0,4	
Perfluoroktansulfonamid PFOSA	0,1		0,4	
Perfluorheptansulfonsäure PFHpS	0,3		1,0	
Perfluorheptansäure PFHpA	0,3		1,0	
Perfluorpentansäure PFPeA	3,0		12,0	

Wirkungspfad Boden-Grundwasser

- Erlass **Baden-Württemberg** vom 17.06.2015
(Vorläufige GFS für das Grundwasser und **Sickerwasser**)
 - Definition von **vorläufigen GFS-Werten**
 - Für die Gruppe der LW/GFS und der GOW werden Summen anhand der **TRGS-Quotientenregel** bewertet.
 - Sickerwasserkonzentrationen werden anhand des 2:1-Eluates bestimmt.

- **Zusammenfassung:**
 - Prinzipielles Vorgehen in BW, BY und NW identisch (Definition von Werten am OdB).
 - Unterschiede im Elutionsverfahren
 - Unterschied BW, NW zu BY:
BY hat Stufe-2-Werte für den OdB mit bereits angenommenem Einmischfaktor)

Bewertungsmaßstäbe - Inhalt

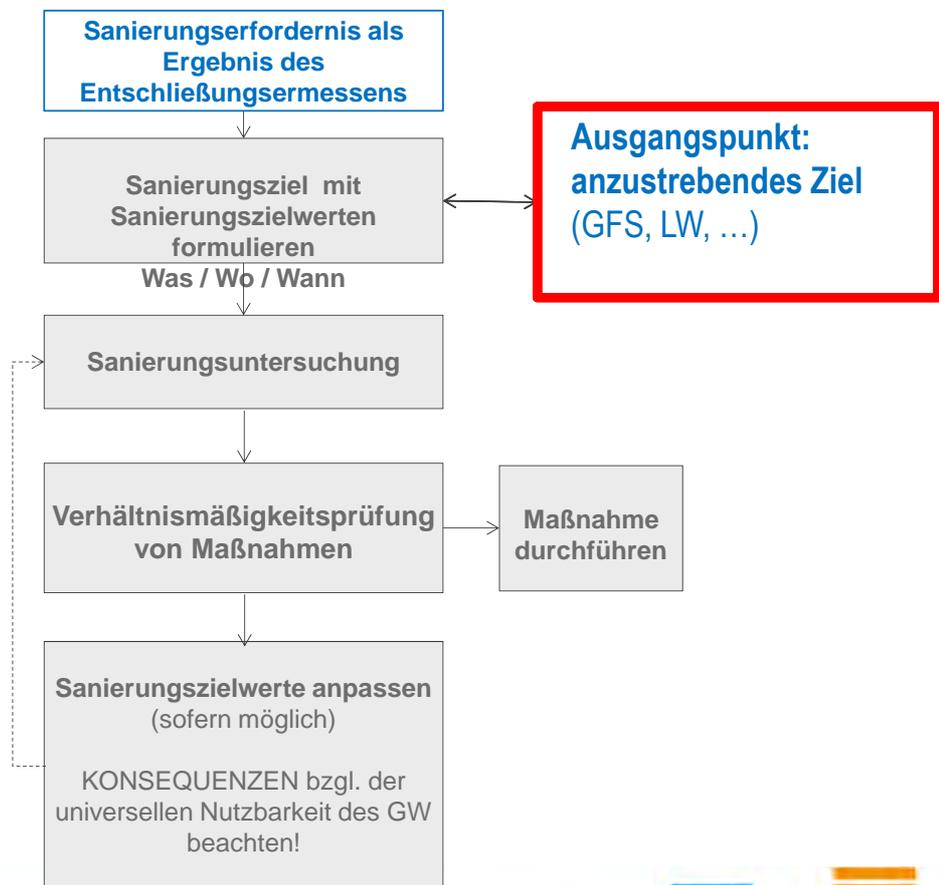
- Beschränkung
- Trinkwasser, Rohwasser, Wasserressourcen
- Grundwasser
- Abwasser
- Oberflächengewässer
- Boden
 - Wirkungspfad Boden-Grundwasser
 - Wirkungspfad Boden-Pflanze
 - Wirkungspfad Boden-Mensch
- Sanierungszielwerte
- Deponierung / Verwertung von Boden

Sanierungszielwerte

■ Sanierungszielwerte

im Grundwasser / Sickerwasser / Oberflächengewässer:

- Keine allgemeingültigen Sanierungszielwerte
- **Formulierung von Sanierungszielwerten** wie üblich:
 - Überlegungen ausgehend vom „anzustrebenden Ziel“ (z. B. GFS, UQN, LW ...)
 - Anpassung des Ziels bei Unverhältnismäßigkeit, dann Konsequenzen beachten (ggf. Nutzungseinschränkungen)



Bewertungsmaßstäbe - Inhalt

- Beschränkung
- Trinkwasser, Rohwasser, Wasserressourcen
- Grundwasser
- Abwasser
- Oberflächengewässer
- Boden
 - Wirkungspfad Boden-Grundwasser
 - Wirkungspfad Boden-Pflanze
 - Wirkungspfad Boden-Mensch
- Sanierungszielwerte
- Deponierung / Verwertung von Boden

Externe Ablagerung, Deponierung von Boden

- **Ablagerungsempfehlungen** für Abfälle mit organischen Schadstoffen (Vollzugshilfe des MKULNV **NRW** vom 06.12.2011)
(<http://www.lanuv.nrw.de/abfall/deponierung/vollzugshilfe.htm>):
Grenzwert für die oberirdische Ablagerung von **50 mg/kg (PFOS)** (Deponieklasse III) auf Grundlage der EU-POP-Verordnung, Anhang IV
- Darüber hinaus: keine generelle Festlegung differenzierter Feststoffwerte für einzelne Deponieklassen

Externe Ablagerung, Deponierung von Boden

Ablagerungsempfehlungen NRW (2011):

- Entscheidung im Einzelfall anhand von Eluatwerten
- Entscheidungskriterien:
 - Dichtungssystem der Deponie
 - Art und Umfang der Sickerwasserbehandlung der Deponie
 - getrennte Ablagerung in oberen Deponiebereichen
 - Sofortige Abdeckung nach der Ablagerung auf der Deponie.

Externe Ablagerung, Deponierung von Boden

- Erlass **Baden-Württemberg** vom 29.01.2016:
 - Definition von Z0/Z1 und von Z2-Eluat-Werten (Elution mit WF 2:1)
 - Daraus wird die **Zuordnung zu Deponieklassen** getroffen:
 - $\leq Z0/Z1$: DK 0
 - $\leq Z2$: DK I
 - $> Z2$ (Eluat) \rightarrow Feststoffgehalte ermitteln:
 - $< 20.000 \mu\text{g}/\text{kg}$: DK II
 - $\geq 20.000 \mu\text{g}/\text{kg}$: DK III
 - $\geq 50.000 \mu\text{g}/\text{kg}$: oberirdische Ablagerung unzulässig.
 - Sickerwasseraufbereitung ist sicher zu stellen!

Externe Ablagerung, Deponierung von Boden

- Leitlinien **Bayern** vom April 2017
 - Orientierende Werte analog DepV, Anh. 3, Tab. 2:
 - DK I $\leq 50 \mu\text{g/l}$ (Summe definierter PFC)
 - DK II $\leq 100 \mu\text{g/l}$
(Elution mit W/F 10:1 bis zum Inkrafttreten Mantelverordnung)
 - Im Einzelfall Sickerwasseraufbereitung betrachten, das in die Vorflut einzuleitende Wasser muss die Anforderungen an die Einleitung erfüllen.
- **Zusammenfassung:**
 - NRW: Obergrenze DKIII, ansonsten Einzelfallentscheidung
 - BW: Werte für jede DK
 - BY: Orientierungswerte für DK I und II, unterschiedlich zu BW
 - Unterschiede BY, BW im Elutionsverfahren

Verwertung außerhalb von Deponien

- **NRW:**
Dienstbesprechung Bodenschutz / Altlasten 2014:
 - Aufgrund des ausgeprägten Löslichkeitsverhaltens ist von einer **Verwertung** von PFC-beeinflusstem Bodenmaterial in **Gebiete, die nicht mit PFC vorbelastet sind, abzusehen.**
 - Die Zulässigkeit einer Umlagerung von PFC-beeinflusstem Bodenmaterial **innerhalb von mit PFC vorbelasteten Gebieten** ist **im Einzelfall** durch die zuständige Behörde zu prüfen. Sofern hier eine Verwertung ermöglicht wird, ist diese derzeit bis zu einem **maximalen Eluatgehalt von $0,3 \mu\text{g/L}$** (Summe der 10 DIN-PFT zzgl. H4PFOS, 2:1-Elution) möglich.

Verwertung außerhalb von Deponien

- Leitlinien **Bayern** vom April 2017
 - Z1.1/Z1.2-Werte (eingeschr. offener Einbau) in Höhe der GFS bzw. Stufe-1-GW-Werte
 - Z0- und Z2- Werte vermindert bzw. erhöht.

(Elution W/F 10:1 bis zum Inkrafttreten Mantelverordnung)

Stoff	Z 0 in µg/l	Z 1.1 / Z 1.2 in µg/l	Z 2 in µg/l
Perfluoromonansäure PFNA	0,03	0,06	0,25
Perfluoroktansulfonsäure PFOS	0,05	0,1	0,4
Perfluoroktansäure PFOA	0,05	0,1	0,4
Perfluorhexansulfonsäure PFHxS	0,05	0,1	0,4
Perfluorhexansäure PFHxA	2,0	6,0	24,0
Perfluorbutansulfonsäure PFBS	2,0	6,0	24,0
Perfluorbutansäure PFBA	3,0	10,0	40,0
Perfluordekansäure PFDA	0,1	0,1	0,4
ggf. Summe mit allen PFC > C10 H4-Polyfluoroktansulfonsäure H4PFOS	0,1	0,1	0,4
Perfluoroktansulfonamid PFOSA	0,1	0,1	0,4
Perfluorheptansulfonsäure PFHpS	0,3	0,3	1,0
Perfluorheptansäure PFHpA	0,3	0,3	1,0
Perfluorpentansäure PFPeA	3,0	3,0	12,0

$\sum (C_n / Z_{0n}) \leq 1$

$\sum (C_n / Z_{1n}) \leq 1$

$\sum (C_n / Z_{2n}) \leq 1$

Verwertung außerhalb von Deponien

- Erlass **Baden-Württemberg** vom 29.01.2016:
 - Definition von Z0/Z1 und von Z2-Eluat-Werten (Elution mit WF 2:1)
 - Bildung der TRGS-Quotientensumme mit den gemessenen Konzentrationen und den Z0/Z1-Werten (offener Einbau) bzw. den Z2-Werten (techn. Bauwerke)
 - Quotientensumme ≤ 1 : Anforderungen eingehalten
- **Zusammenfassung:**
 - Prinzipielle Regelungen für den offenen Einbau und den gesicherten Einbau in BW und BY vergleichbar (getrennte Klassen Z0 und Z1 in BY; Unterschiede in den Elutionsverfahren).
 - BW und BY differenzierter gegenüber der Rahmenvorgabe für den offenen Einbau in NRW.

Fazit

- Bewertungsmaßstäbe für **unterschiedliche Bereiche**
 - Vorsorge: Trinkwasser, Grundwasser, Abwasser, Oberflächengewässer, Verwertung
 - Gefahrenbeurteilung: Boden (Wirkungspfade)

- **Unterschiedliche Regelungen** in einzelnen Bundesländern
(Deponierung, Verwertung, Elutionsverfahren)

Fazit

- Diskussion in den Workshops hinsichtlich Regelungsbedarf (vor dem Hintergrund des UMK-Beschlusses zu TOP 25, 88. UMK, 05.05.2017, und TOP 14. 2 der 52. LABO, 13.09.17):
 - Workshop 1:
 - Grundwasser
 - Oberflächengewässer
 - Prüfwerte Boden-GW
 - Prüfwerte Boden-Nutzpflanze
 - Prüfwerte Boden-Mensch

 - Workshop 2:
 - Deponierung
 - Verwertung

Systematische Erkundung zur Ermittlung von Verdachtsbereichen



Fotos: Landeshauptstadt Düsseldorf

Ingo Valentin
Umweltamt
Landeshauptstadt Düsseldorf

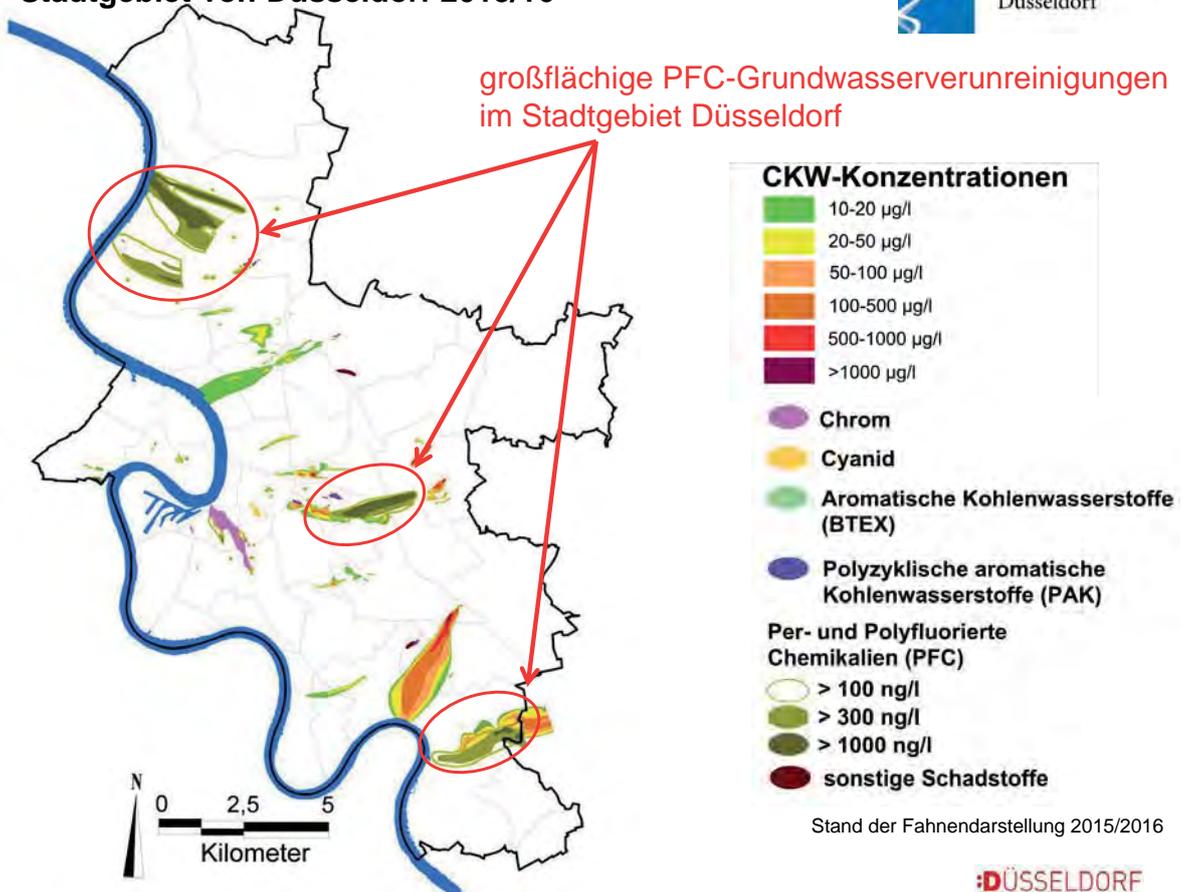
DÜSSELDORF

25.09.2017

Umweltamt Düsseldorf

1

Flächenhafte Grundwasserverunreinigungen im Stadtgebiet von Düsseldorf 2015/16

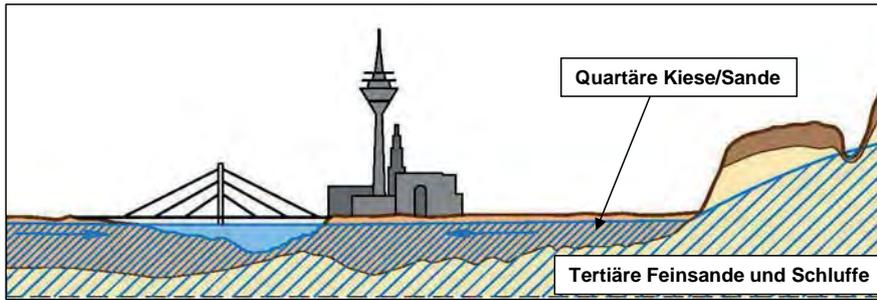


25.09.2017

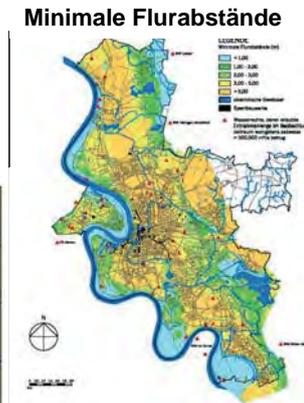
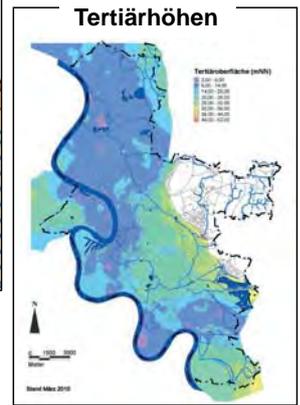
Umweltamt Düsseldorf

2

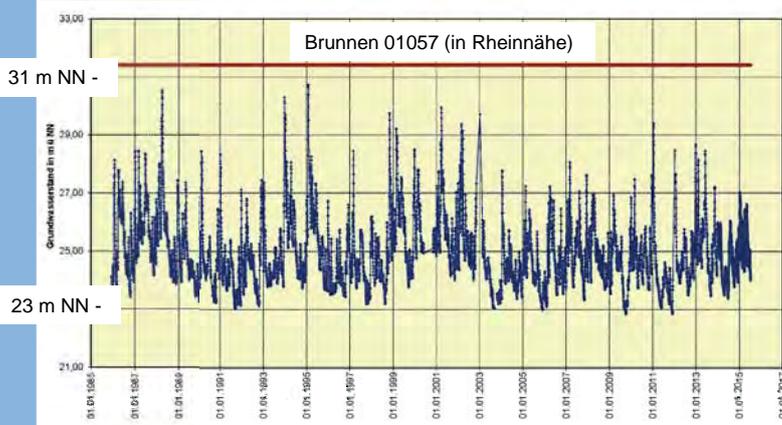
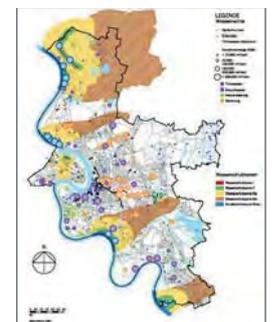
Hydrogeologische Randbedingungen in Düsseldorf



- Porengrundwasserleiter in den Sanden und Kiesen der Niederterrasse
- Flurabstand: 4 m - 10 m
- K_f Werte Quartär: $1 - 5 \times 10^{-3}$ bis 1×10^{-4}
- Fließgeschwindigkeit: ca. 1 - 3 m /Tag

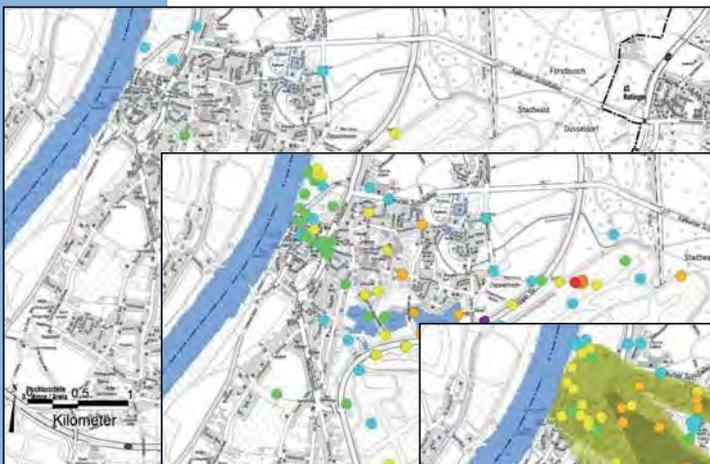


ca. 30% des Stadtgebietes sind Wasserschutzgebiet



amt Düsseldorf

PFC-Grundwasserverunreinigung Lohausen / Kaiserswerth



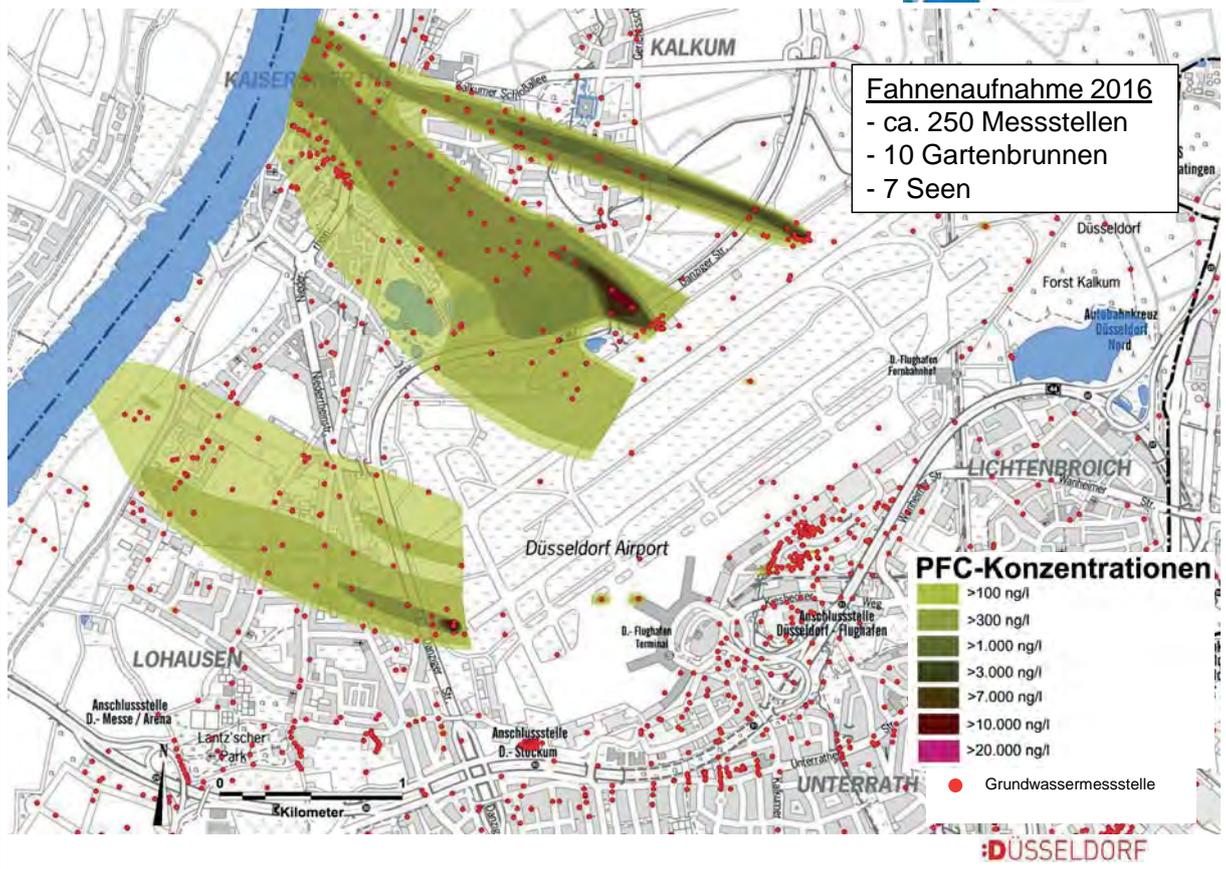
2007
11 PFC-Analysen (Grundwasser, nur PFOS und PFOA)

2009
ca. 180 PFC-Analysen (Grund- und Seewasser)



2012
ca. 250 PFC-Analysen (Grund- und Seewasser)
Erstmals flächenhafte Kartierung der Grundwasserverunreinigung

- PFC-Konzentrationen (PFOA)**
- <100 ng/l
 - >100 ng/l
 - >300 ng/l
 - >1.000 ng/l
 - >3.000 ng/l
 - >10.000 ng/l
 - >20.000 ng/l
- PFC-Konzentrationen (PFOS)**
- >100 ng/l
 - >300 ng/l
 - >1.000 ng/l
 - >3.000 ng/l
 - >7.000 ng/l
 - >10.000 ng/l
 - >20.000 ng/l



25.09.2017

Umweltamt Düsseldorf

5

Übersicht: Quellen und Verdachtsbereiche zur systematischen Erkundung zur Ermittlung von PFC-Verdachtsbereichen

- Befragung der MitarbeiterInnen der Umwetalarmbereitschaft zu Brandschadensereignissen mit Schaumeinsatz
- Standorte der Feuerwachen im Stadtgebiet
- Zusammenarbeit mit der städtischen Feuerwehr
- Recherche von Löschübungsbereichen (Berufs- und Werksfeuerwehren) und stationären Löscheinrichtungen
- Recherche relevanter Branchen (bestehende Betriebe und Altstandorte)
- PFC-Analytik im Rahmen der regelmäßigen Grundwassergüteuntersuchungen
- Überprüfung laufender Grundwassersanierungsmaßnahmen



Foto: Landeshauptstadt Düsseldorf

25.09.2017

Umweltamt Düsseldorf

6

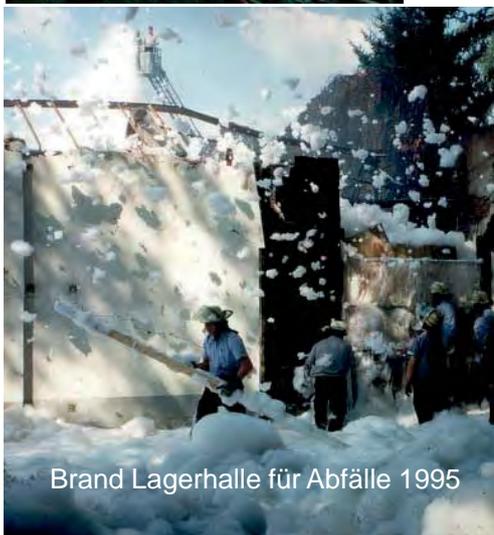
Befragung der MitarbeiterInnen der Umweltalarmbereitschaft zu Brandschadensereignissen mit Schaumeinsatz



Brand Reifenlager 25.05.2010



Verkehrsunfall 19.07.2010



Brand Lagerhalle für Abfälle 1995



Brand Papierfabrik 01.01.2008

Fotos: Landeshauptstadt Düsseldorf

PFC-Grundwasserverunreinigung Gerresheim „Lager 61“ Brand am 01.05.2001



Foto: Landeshauptstadt Düsseldorf





Luftbild: Landeshauptstadt Düsseldorf



Foto: Landeshauptstadt Düsseldorf

Grundwasseruntersuchungen im Abstrom der Wachen, mit bestehendem Messstellennetz:

=> 4 von 9 Wachen auffällig

- Durchführung orientierende Untersuchungen an allen bestehenden Wachen
- weitere relevante historische Wachen wurden im Stadtgebiet nicht ermittelt

DÜSSELDORF

Nutzungsrecherche als Grundlage für orientierende Untersuchungen



Luftbild: Landeshauptstadt Düsseldorf

- Für 5 Wachen liegen die Ergebnisse der orientierenden Untersuchungen bisher vor
- An allen 5 Standorten wurden PFC- Boden- und Grundwasserbelastungen ermittelt

DÜSSELDORF



Neben der Nutzungsrecherche stellt die Überprüfung der Grundstücksentwässerungseinrichtungen eine wichtige Grundlage für die orientierenden Untersuchungen dar.



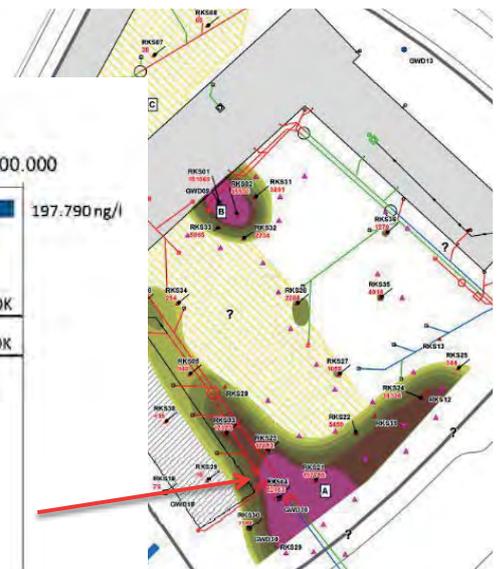
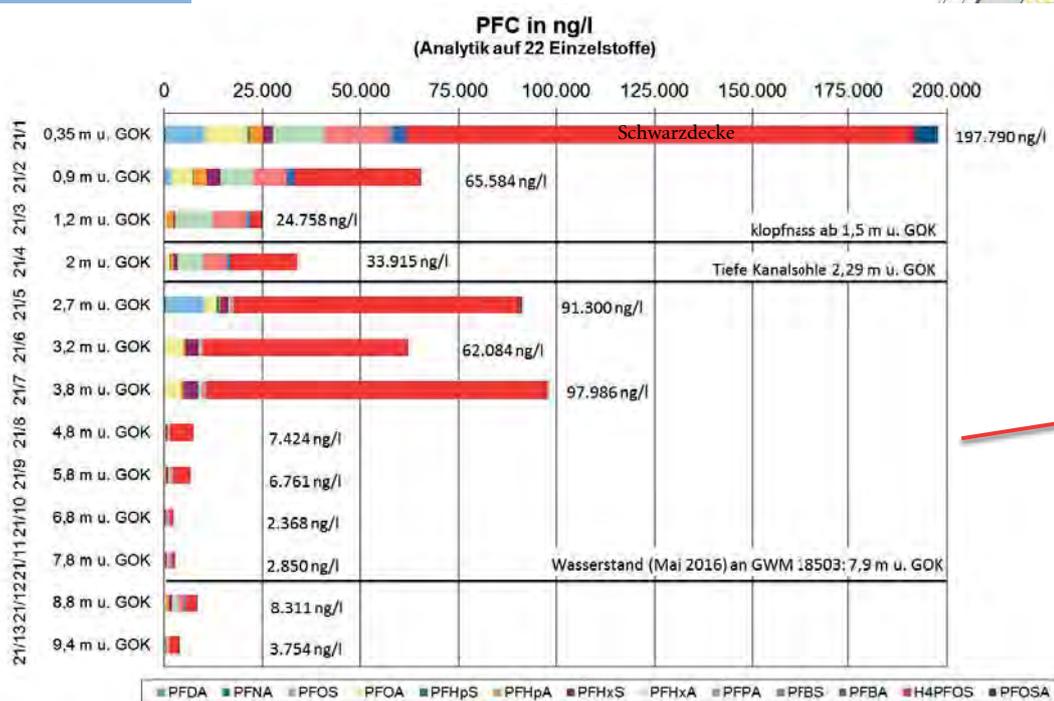
Fotos: Kanalbefahrung im Auftrag der Landeshauptstadt Düsseldorf

25.09.2017

Umweltamt Düsseldorf

11

Relevanz der Grundstücksentwässerungsleitungen hier: tiefenorientierte Analytik

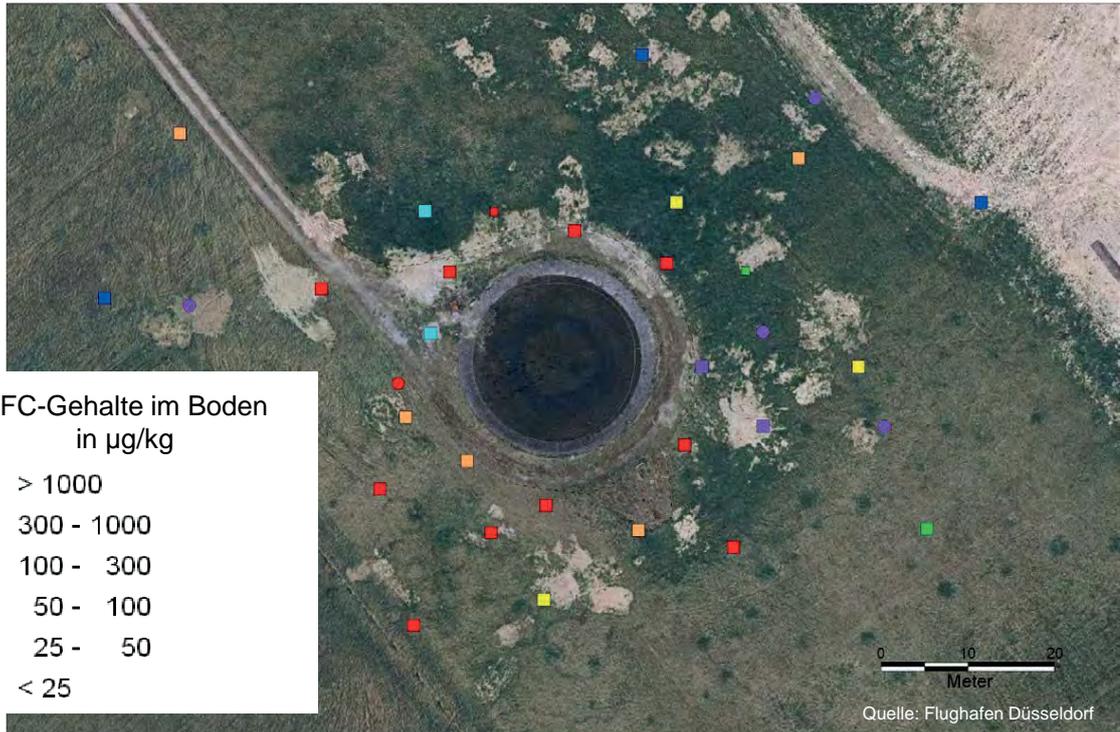


03.04.2017

Umweltamt 19/4.4

12

Wo wurde geübt? Recherche von Löschübungsbereichen hier: Feuerlöschübungsbecken des Flughafens



Recherche stationärer Feuerlöscheinrichtungen

- Stationäre Feuerlöscheinrichtungen, die mit Schaum betrieben werden, insbesondere in Betriebsbereichen mit brennbaren Flüssigkeiten (z. B. Tanklager),
- Schadensereignisse und Funktionsprüfungen können relevant sein





Fotos: Landeshauptstadt Düsseldorf

Beispiel Abrollcontainer:

- Hohe PFOS-Gehalte im Löschwasser, obwohl laut Hersteller PFOS freie Schäume verwendet wurden
- Belastungen durch Anhaftungen und Restmengen alter Schaummittel
- Auch Mehrweggebinde als Ursache für PFOS-Gehalte im Löschwasser möglich

⇒ **Untersuchung aller neu beschafften Löschmittel auf PFC**

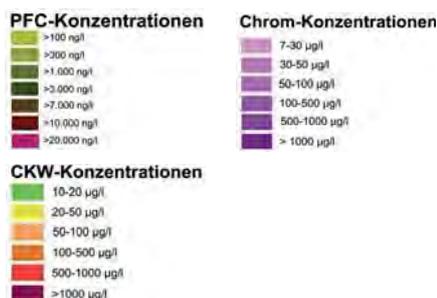
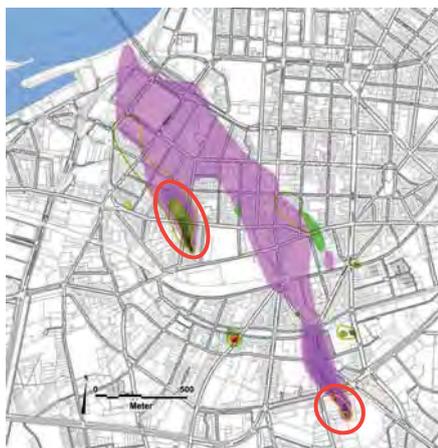
25.09.2017

Umweltamt Düsseldorf

15

DÜSSELDORF

Recherche relevanter Branchen (bestehende Betriebe und Altstandorte)



Grundwasserverunreinigung Bilk /
Unterbilk, Fahnenaufnahme 2016

Recherche PFC-relevanter Branchen
in Düsseldorf

- Keine Textilherstellung (Spinnereien, Webereien etc.) im relevanten Zeitraum
- Chemische Industrie: kein relevanter Einsatz von PFC bekannt
- Keine Betriebe zur Papierbeschichtung

⇒ **Lohngalvaniken zur Verchromung sind relevant**

⇒ **Stark abhängig von der lokalen Gewerbe- und Industriestruktur!**

25.09.2017

Umweltamt Düsseldorf

16

DÜSSELDORF

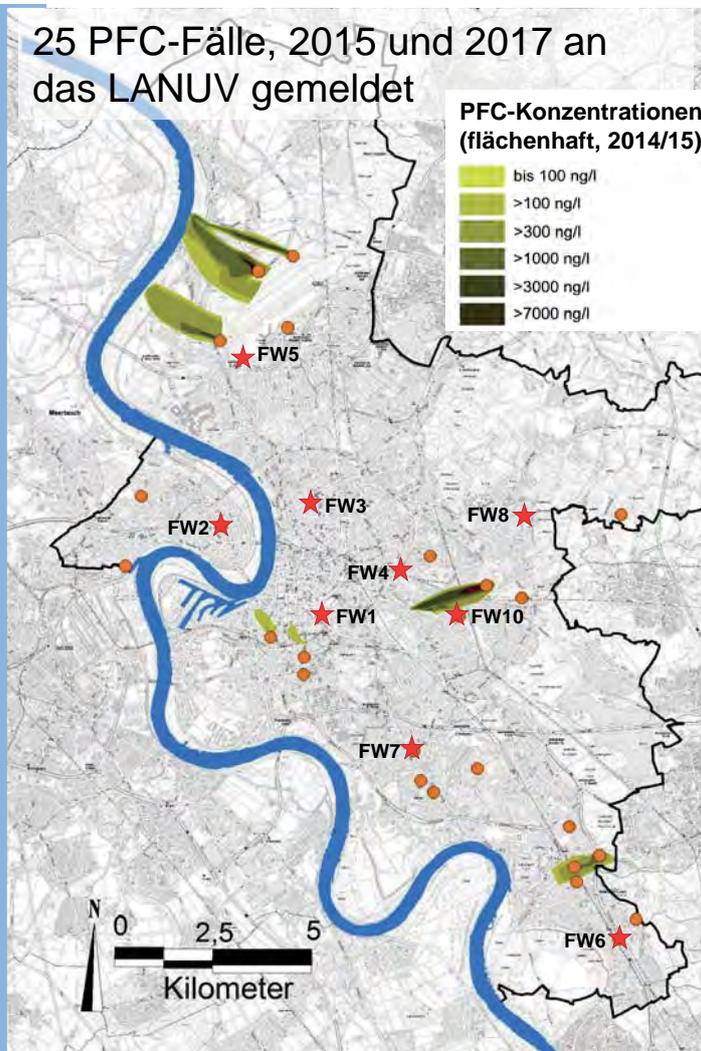


Hintergrund:

- Vermeidung von Schadstoffverlagerungen durch die „unbemerkte“ Förderung von PFC-haltigem Grundwasser (z. B. in Oberflächen-gewässer)
- Keine Verlagerung von PFC aus Reststoffen aus der Wasser-aufbereitung (z. B. Eisenschlamm, Aktivkohle) bei der Entsorgung

CKW-Grundwasserverunreinigung „Hilden / Benrath“ mit überlagernder PFC-Fahne

25 PFC-Fälle, 2015 und 2017 an das LANUV gemeldet



17019	Flughafen, Feuerlöschübungsbecken
17009	Flughafen, FW-Nord
17223	Flughafen, Unfallstelle Atlas Air
17693	Flughafen, Tanklager
11316	Kunststofflager Schiessstraße (Brand)
12692	Feuerwache Oberkassel , Quirinstraße (FW 2)
01826	Flingern Nord, Benzstraße (Brand)
00989	Zentraldeponie Hubbelrath
17777	Kunststofflager Heerd, Pestalozzistr. (Brand)
16003	Galvanik Kronprinzenstraße
17363	Gerresheim, Lager 61 (Brand)
00244	Am Zunder (Brand)
11032	Feuerwache Posener Straße (FW 10)
16485	Reifenlager, Heyestraße (Brand)
8004602	Papierfabrik, Fruchtstraße (Brand)
14346	Galvanik Auf'm Hennekamp
18/03	Feuerwache Werstener Feld (FW 7)
00946	Reisholz, Oerschbachstraße (Brand)
00168	Holthausen, Henkelstraße (Brände, Übung)
00817	Benrath, Jagenbergstraße (Brand)
12765	Stadtgrenze Benrather Forst (Brand)
10603	Benrath, Hildener Straße (Brand)
00338	Südallee (Brand)
00720	Am Kapeller Feld (Brand)
18151	Feuerwache Garath (FW 6)
NEU:	Feuerwache Gräulinger Str. (FW 8)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Foto: Landeshauptstadt Düsseldorf

Ingo Valentin
Tel.: 0211/89 25722
E-Mail: ingo.valentin@duesseldorf.de



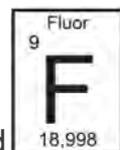
Aktuelles zur Analytik und Chemie von **perfluorierten** und **polyfluorierten** Tensiden (PFC)

PFC in Boden und Grundwasser - Workshop am 25.09.2017, BEW Duisburg und PFC-Fachgespräch am 21.09.2017, MULNV Düsseldorf

Dr. Joachim Hähle, FG 62.3, Abwassermanagement, Laborstandort Bonn

Fluorchemie

Das Element **Fluor** im Periodensystem, erstes Element in der 7. Hauptgruppe - den **Halogenen**.



Fluor, Element mit höchster Elektronegativität, **EN=4**, stark oxidierend
In chemischen Bindungen immer der **negativ** geladene Bindungspartner – auch gegenüber Sauerstoff, bevorzugt als Fluoridion **F⁻**.

In der Natur in mineralischen Verbindungen als **F⁻** vorkommend.

Außergewöhnliche Eigenschaften von **fluororganischen** Verbindungen

Thema: **per-** und **polyfluorierte** Tenside (PFC)

Fluortenside

In der industriellen Produktion gibt es 2 wesentliche Verfahren für die Herstellung von **per-** und **poly**fluorierten Tensiden

1. elektrochemische Fluorierung – Austausch von an Kohlenstoff gebundenem Wasserstoff (H) gegen **Fluor** (F) aus Fluorwasserstoff (HF)



Herstellung von **per**fluorierten Tensiden - preiswert, aber wenig selektiv

2. Telomerisierungsreaktionen über:

Tetrafluorethen und Fluorierungsreagenzien



3

Begriffe „per“ und „poly“ bei den Fluortensiden

Perfluorierte Tenside: **vollständig fluoriert**, bis auf die **funktionelle Gruppe** – 2 Beispiele mit den bekanntesten PFT:



PFOA



PFOS

4

Begriffe „per“ und „poly“ bei den Fluortensiden

Polyfluorierte Tenside: großer Molekülteil *vollständig fluoriert* - ein Teil des Moleküls - mit funktionellen Gruppen - ist *fluorfrei*

z.B.: **CF₃-CF₂-CF₂-CF₂-CF₂-CF₂-CH₂-CH₂-SO₃H**
 6:2-Fluortelomersulfonsäure (H4PFOS)
 „einfache“ **poly**fluorierte Sulfonsäure

PFC = „polyfluorinated compounds“ = **poly**fluorierte Verbindungen“
 = **per**fluorierte + **poly**fluorierte Tenside = Fluortenside



PFC-Parameterumfang bei der Analytik von Feuerlöschschäumen

Substanzname	Kurzbezeichnung	Summenformel	Rel. mol. Masse	CAS-Nr.	Fluor-Anteil
Perfluorbutansäure	PFBA	C ₃ F ₇ CO ₂ H	214,0	375-22-4	0,621
Perfluorpentansäure	PFPeA	C ₄ F ₉ CO ₂ H	264,0	2706-90-3	0,648
Perfluorbutansulfonsäure	PFBS	C ₄ F ₉ SO ₃ H	300,1	375-73-5	0,570
4:2FTS	H4PFHxS	C₄F₉C₂H₄SO₃H	328,2	757124-72-4	0,521
Perfluorhexansäure	PFHxA	C ₅ F ₁₁ CO ₂ H	314,1	307-24-4	0,666
Perfluorheptansäure	PFHpA	C ₆ F ₁₃ CO ₂ H	364,1	375-85-9	0,679
Perfluorhexansulfonsäure	PFHxS	C ₆ F ₁₃ SO ₃ H	400,1	355-46-4	0,617
6:2FTS	H4PFOS	C₆F₁₃C₂H₄SO₃H	428,2	27619-97-2	0,577
Perfluoroktansäure	PFOA	C ₇ F ₁₅ CO ₂ H	414,1	335-67-1	0,688
Perfluorheptansulfonsäure	PFHpS	C ₇ F ₁₅ SO ₃ H	450,1	357-92-8	0,633
Perfluornonansäure	PFNA	C ₈ F ₁₇ CO ₂ H	464,1	375-95-1	0,696
Perfluoroktansulfonsäure	PFOS	C ₈ F ₁₇ SO ₃ H	500,1	1763-23-1	0,646
8:2FTS	H4PFDS	C₈F₁₇C₂H₄SO₃H	528,2	39108-34-4	0,612
Perfluordekansäure	PFDA	C ₉ F ₁₉ CO ₂ H	514,1	335-76-2	0,702
Perfluordekansulfonsäure	PFDS	C ₁₀ F ₂₁ SO ₃ H	600,1	335-77-3	0,665
Perfluorundekansäure	PFUnA	C ₁₀ F ₂₁ CO ₂ H	564,1	2058-94-8	0,707
Perfluordodekansäure	PFDoA	C ₁₁ F ₂₃ CO ₂ H	614,1	307-55-1	0,712
Capstone Produkt A		C ₁₃ F ₁₃ H ₁₇ N ₂ O ₃ S	528,3	80475-32-7	0,468
Capstone Produkt B		C ₁₅ F ₁₃ H ₁₉ N ₂ O ₄ S	570,4	34455-29-3	0,433

Aktuell 17 + 2 PFC, Fluoranteil in den einzelnen PFC zwischen 43 und 71%



Polyfluorierte Tenside in Feuerlöschschaummitteln

Zwei bedeutende polyfluorierte Tenside, - Polyfluoralkylbetaine (PFAB) - aus Capstone™ Produkten der Fa. Chemours (früher Fa. DuPont™) mit Verwendung in AFFF-Feuerlöschschaummitteln:



Die polyfluorierten Tenside aus Capstone™ Produkt A und Produkt B können mittels LC/MS/MS-Analytik bestimmt werden

Ersatz für perfluorierte Tenside



Polyfluorierte Tenside in Feuerlöschschaummitteln

AFFF-Feuerlöschschaummittel z.B. von der Fa. Dr. Sthamer sind häufig im Einsatz

Wesentliche Komponenten:

- polyfluorierte Tenside der v. g. Capstone™ Produkte
- H4PFOS
- weitere perfluorierte Tenside

Zahlreiche Löschwässer waren so erklärbar!

Alle PFC erfasst??



AFFF-Feuerlöschschaummittel

Einsatz von **AFFF**-Feuerlöschschaummitteln bei problematischen Brandfällen:

Erdölverarbeitung

chemischen Industrie

Reifenlagern

Niederschlagen von Chemikalienaustritten, B.: HCN

.....

Folgen:

Lokal **hohe Fluortensid-Konzentrationen** in anfallenden Löschwässern

Grund- und Oberflächenwassergefährdung durch Bestandteile der Löschwässer, besonders durch die Fluortenside



Untersuchung von Löschwässern aus Stapeltanks im November 2016 anlässlich eines Brandfalles in der chemischen Industrie

Fluortensid	Löschwässer aus 4 Stapeltanks
	µg/l
polyFT aus Capstone™ Produkt A (1183)	76 - 1.000
polyFT aus Capstone™ Produkt B (1157)	110 - 1.600
H4PFOS	3,3 - 66
PFBS	1,7 – 1,8 *
PFOS	< 1,0
* produktionsbedingt	

Die Bestimmung der **polyfluorierten Tenside** aus den Capstone™ -Produkten verändert die Fluortensid-Bilanz erheblich im Vgl. zum „PFC-Routine-Analysenumfang“



Abbau von Fluortensiden in der aquatischen Umwelt

Warum will (ist) man weg von den perfluorierten Tensiden?

bekannte Beispiele: $C_7F_{15}CO_2H$ (PFOA) und $C_8F_{17}SO_3H$ (PFOS)

Im aquatischen Milieu, unter Normalbedingungen **kein Abbau** möglich!

Ubiquitäre und cancerogene Stoffe

11

Abbau von Fluortensiden in der aquatischen Umwelt

Polyfluorierte Tenside als „Precursor“

Precursor sind fluororganische Verbindungen (PFC), die (noch) **keine perfluorierten Carbonsäuren** oder **Sulfonsäuren (PFT)** darstellen, aber dahin abgebaut werden können:



R als einfachere Struktur z.B.: $-CH_2-CH_2-SO_3H$, $-CH_2-CH_2-OH$

R als komplexere Struktur z.B.: $-(CH_2)_2-SO_2-NH-(CH_2)_3-N^+(CH_3)_2O^-$

PFC können durch **komplexe „mikrobielle Transformation“** zu **PFT** um(ab)gebaut werden.

12

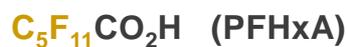
Abbau von Fluortensiden in der aquatischen Umwelt

Polyfluorierte Tenside, H4PFOS (6:2FTS) und aus Capstone B:

Im aquatischen Milieu **biochemischer Abbau** von **polyfluorierten** Tensiden über **fluorfreien** Molekülteil, über **komplexe Reaktionsmechanismen** möglich (nach B. Weiner et al., Environ. Chem. 2013)



Übrig bleiben **perfluorierte Tenside** wie z.B.:



Polyfluorierte Tenside - sind keine Lösung des PFT-Problems!

13

Unbekannte Fluortenside

Verwendung von **unbekannten polyfluorierten** Tensiden in z.B. Feuerlöschschaummitteln

→ ein Problem für die Analytik PFC vollständig zu erfassen

- **Poly**fluorierte Tenside der Firmen Chemours, Dynax u.a.
- **Keine** chemischen Bezeichnungen, **keine** Standards...
- Mühsame, oft erfolglose Suche nach den Fluortensid-Komponenten!

Neue Wege in der Analytik...

14

Unbekannte **Fluortenside** – was gibt es für analytische Möglichkeiten?

Precursor-Oxidation (TOP-Verfahren= „Total Oxidizable Precursor“) Oxidation von „Vorläuferverbindungen“ in z.B Löschwasserproben

- Oxidation mit heißer, alkalischer Kaliumperoxodisulfat-Lösung ($K_2S_2O_8$) über Hydroxylradikale $\cdot OH$
- Überführung in „bekannte **PFC**“
- Analytik mit üblichem PFC-Analysenumfang mittels LC/MS/MS **vor** und **nach** der Oxidation

15

Unbekannte **Fluortenside** – was gibt es für analytische Möglichkeiten?

AOF

Bestimmung des **adsorbierbaren organisch gebundenen Fluors** = **AOF**
mittels **CIC** = **combustion ion chromatography**

Prinzip: Adsorption von fluororganischen Verbindungen an Aktivkohle, Waschen und Verbrennen der Aktivkohle, Bestimmung von F^- mittels **IC**

Erfassung von **fluororganischen Stoffen** - nicht nur Fluortenside!

Schlechte Adsorbierbarkeit von polaren Stoffen wie z.B.:

Trifluoressigsäure (CF_3CO_2H)

AOF-Bestimmungsgrenze: 1-3 $\mu g/l$

16

PFC-Gehalte des Feuerlöschschaummittels **Capstone 1470** - vor und nach Precursor-Oxidation sowie Σ Fluor (aus PFC)

PFC	Capstone 1470 vor Oxidation	Capstone 1470 nach Oxidation
	mg/kg	mg/kg
PFBA	<12	1.870
PFPeA	<12	6.370
PFHxA	83	1.360
PFHpA	<12	85
H4PFOS	6.840	12.100
Capstone A	6.090	<600
Capstone B	354	<600
Σ PFC	13.400	→ 21.800
Σ Fluor	7.010	→ 13.230

Tab. A

Capstone 1470: Konzentrationen wesentlicher PFC vor und nach Precursor-Oxidation sowie die daraus berechnete Σ Fluor

Σ Fluor von 13.230 mg/kg = ca. 25 % des AOF-Wertes von 53.700 mg/kg

(Werte vor und nach Precursor-Oxidation LANUV, Labor Bonn, Sept. '17)

17

PFC-Gehalte von Feuerlöschschaummitteln vor und nach Precursor-Oxidation, Σ Fluor und AOF-Werte

Feuerlösch- schaum- mittel	Σ PFC vor Oxidation	Σ PFC nach Oxidation	ΣF_{vor} berechnet aus PFC	ΣF_{nach} berechnet aus PFC	AOF gemessen aus Orig.	AOF _{gemess./} $\Sigma F_{\text{berech.,}}$ nach Oxid.	Σ PFC _{nach/} Σ PFC _{vor}
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	-	-
Capstone 1470	981	24.900	569	15.700	53.700	3,4	25
DX 1025	3.045	102.700	1.760	61.700	68.300	1,1	34
DX 1028	16	42.700	9	25.600	40.700	1,6	2.670
DX 5011	3	24.900	2	15.300	15.500	1,0	8.300
DX 5033	5	63.600	3	38.000	31.000	0,8	12.700

Tab. B

Für 5 Feuerlöschschaummittel: Σ PFC vor und nach Precursor-Oxidation sowie Σ Fluor aus den einzelnen PFC vor und nach Oxidation sowie AOF-Werte aus Original

Verhältnisse: AOF-Werte zu Σ Fluor, nach Oxidation sowie Σ PFC_{nach} / Σ PFC_{vor}

(Werte vor und nach Precursor-Oxidation, Uni Bonn, Hygiene-Institut, AOF-Werte, LHL Wiesbaden)

18

Fluortensid-Potential

Aus AFFF-Feuerlöschschaummitteln:

Vor Precursor-Oxidation relativ geringe Gehalte an **PFC** mittels LC/MS/MS ermittelt → abhängig vom PFC-Parameterumfang

Nach Precursor-Oxidation wesentlich höhere Gehalte an **PFC**

Verhältnisse: $\Sigma \text{PFC}_{\text{nach Oxidation}} / \Sigma \text{PFC}_{\text{vor Oxidation}} = 25 - 12.700!$

Unbekannte polyfluorierte Tenside durch Oxidation in bekannte per- und polyfluorierte Tenside überführt → →

→ → **PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA** sowie hohe Anteile **H4PFOS** (6:2-FTS) ...

19

Fluortensid-Potential

Aus AFFF-Feuerlöschschaummitteln:

AOF-Werte im Vergleich mit $\Sigma F_{\text{berechnet}}$ aus **PFC nach Precursor-Oxidation**

Verhältnisse: $\text{AOF} / \Sigma F_{\text{berechnet}} = 0,8 - 3,4$

Analytische Wege zur Ermittlung des Fluortensid-Potentials in Feuerlöschschaummitteln über:

- **PFC nach Precursor-Oxidation**
- Bestimmung des **AOF-Wertes**
- ΣF aus **PFC** berechnet, Vergleich mit **AOF-Wert**

20

PFC- und AOF-Gehalte

Vielen Dank für die Überlassung von Werten!

Die PFC-Gehalte von Feuerlöschschaummitteln **vor** und **nach Precursor-Oxidation** wurden vom **Hygiene-Institut der Uni Bonn, Herrn Dr. Skutlarek** zur Verfügung gestellt sowie vom **LANUV, Labor Bonn, FG HPLC, Frau Arenholz**.

Die **AOF-Werte** von Feuerlöschschaummitteln wurden vom **LHL, Wiesbaden, Frau von Abercron** im Rahmen ihrer Dr.-Arbeit ermittelt.



21

Was ist zu erwarten?

Per- und **poly**fluorierte Tenside sind aufgrund ihrer Anwendung und Persistenz noch lange Zeit Thema für die Analytik, Entsorgung, Sanierung...

Keine Daten, Referenzmaterialien, Standards usw. von „neuen“, angewandten **PFC**

AOF-Bestimmung und **Precursor-Oxidation** eine Möglichkeit die **PFC** vollständiger zu erfassen!

Grenzwerte für **AOF-Gehalte** und **PFC-Gehalte nach Precursor-Oxidation!**



22

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Bild: Probenahmedienst LANUV-Standort Bonn



Geförderte Maßnahmen und Forschungsaktivitäten

Workshop „PFC in Boden und Grundwasser“ am 25.09.2017

F & E - Projekte des AAV zur Abreinigung von PFC aus Grundwasser

- Entwicklung einer LC/MS-MS-Bestimmungsmethode für perfluorierte Verbindungen in kontaminierten Wässern – Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik
- Entwicklung und Erprobung einer Verfahrenstechnik zur PFT-Abreinigung aus Grundwasser
 - Entwicklung eines Bio-Adsorbens auf der Basis cellulosehaltiger Naturstoffe mit modifizierter Oberfläche
 - Herstellung von Säulentestanlagen zur vergleichenden Bewertung der Reinigungsleistung mit konventionellen Adsorbentien
 - Versuche im Technikumsmaßstab unter Standortbedingungen zur Erprobung der Zugabe pulverförmiger Adsorbentien in einem Rührreaktor
 - Erprobung flüssiger Hilfsstoffe („Catcher-Substanzen“)

Erprobung einer Verfahrenstechnik zu PFC- Abreinigung aus Grundwasser

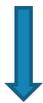
Versuchsstandort Düsseldorf - Gerresheim

22.09.2017

3

Mehrstufiges Versuchskonzept

Phase 1



Phase 2



Phase 3



Phase 4

Durchführung von Säulenversuchen mit kurzer Verweilzeit
(3 Wochen)
Vergleich verschiedener Adsorbentien
(Aktivkohle, Ionentauscher, Bio-Adsorbens)

Erprobung einer Rührreaktorstufe
(Zugabe pulverförmiger Reagenzien)
Adsorptionsversuche in Säulentestanlagen mit längerer Verweilzeit
(6 Monate) mit und ohne Vorbehandlung im Rührreaktor

Erprobung von Flüssighilfsstoffen
Untersuchungen zum Einfluss der Filtergeschwindigkeit auf die
Adsorption

Vergleich des Durchbruchverhaltens von Aktivkohlefilteranlagen mit
und ohne Vorbehandlung mit Flüssighilfsstoffen

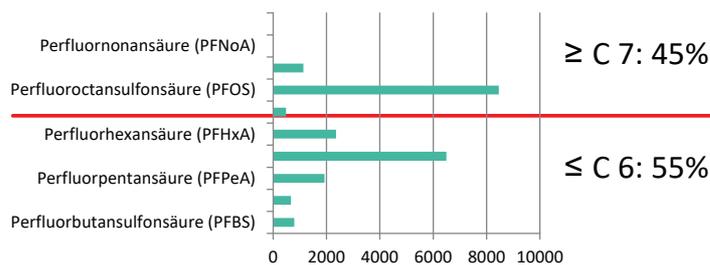
22.09.2017

4

Ausgangssituation am Standort Düsseldorf-Gerresheim

Mittlere Rohwasserkonzentration	Phase 1	Phase 2
PFC	22.300 ng/l	23.600 mg/l
DOC	3,9-9,5 mg/l	3,1-4,8 mg/l
Eisen	2-8 mg/l	1,3-6,7 mg/l
Mangan	1-4 mg/l	1,8-3,1 mg/l

Konzentration PFT im Rohwasser (ng/l)



22.09.2017

5

Ergebnisse Phase 1

- nur sehr geringe Beladungen mit kurz-kettigen PFC
- Durchbruch von Einzelverbindungen vor dem Erreichen der möglichen Gesamtbeladung
- hohe Betriebskosten auch bei Anwendung der „besseren“ Adsorbentien

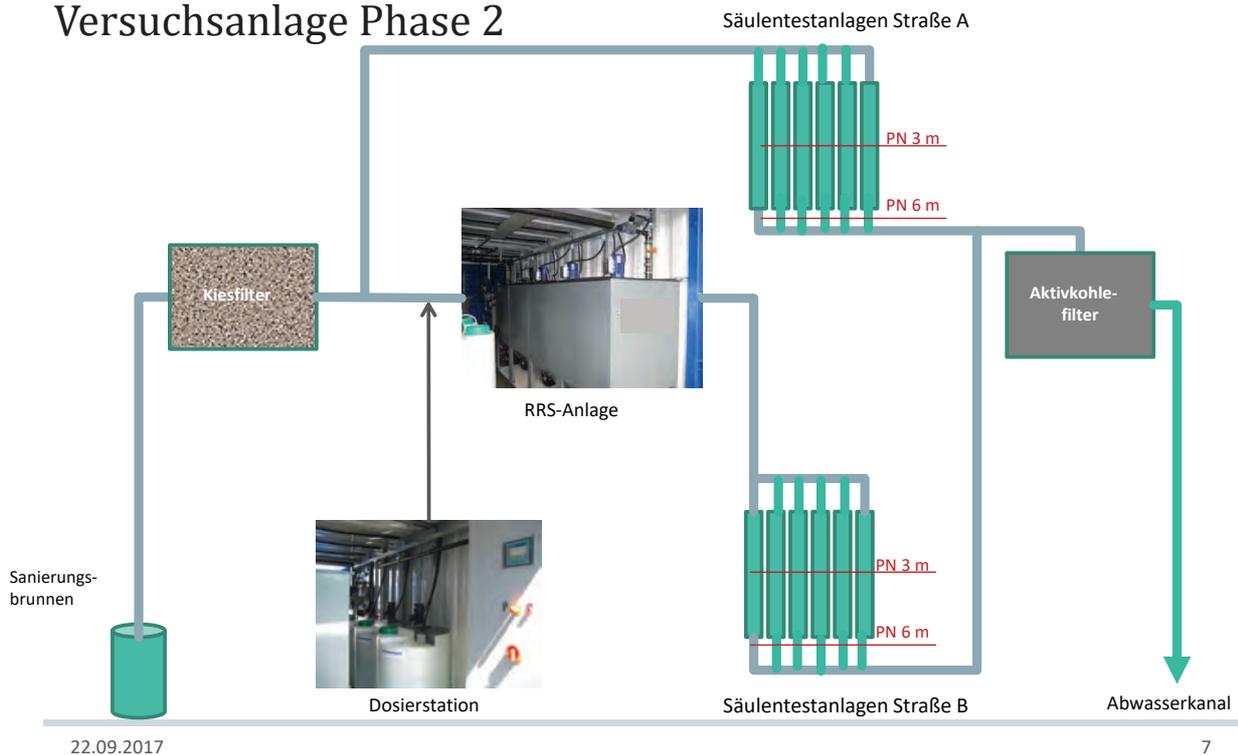


→ Suche nach Alternativen zur Verfahrensoptimierung

22.09.2017

6

Versuchsanlage Phase 2

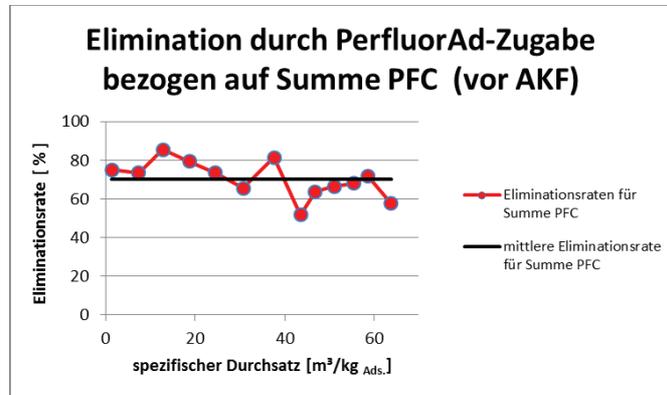


Ergebnisse Phase 2

- Im allgemeinen gute Reinigungsleistung des Rührreaktors, Abreinigung > 95% bei allen getesteten Adsorbentien, Ablaufkonzentrationen < 100 ng/l erreichbar
- große Unterschiede in der Eignung der getesteten Materialien hinsichtlich der Gesamtbeladung und der Sorption der Einzelverbindungen.
- Die kurzkettingen Fluorcarbonsäuren (PFBA, PFPA) sind sehr schlecht adsorbierbar und bestimmen die Auslegung des Aktivkohlefilters.
- Erzielbare Beladungen von PFC auf Aktivkohlen und Ionentauschermaterialien sind im Vergleich mit anderen Schadstoffgruppen, die über Aktivkohle gereinigt werden, sehr gering.
- PFC-belasteter Schlamm (aus RRS-Anlage und aus Kiesfilter) kann nur in einer Hochtemperaturverbrennung entsorgt werden. Hierdurch entstehen erhebliche Entsorgungskosten.

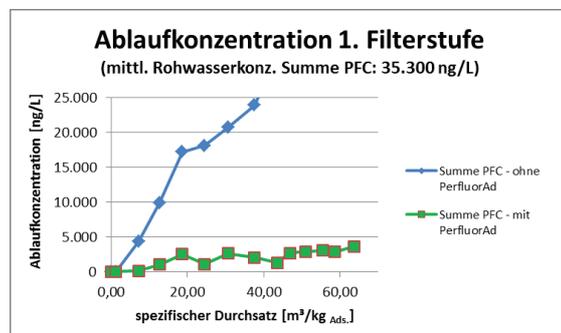
Ergebnisse Phase 3 und 4

Einsatz von Flüssighilfsstoffen
(„Catcher“-Substanzen)
im Rührreaktor in verschiedenen
Anwendungen und
Konzentrationen



Ergebnisse Phase 4

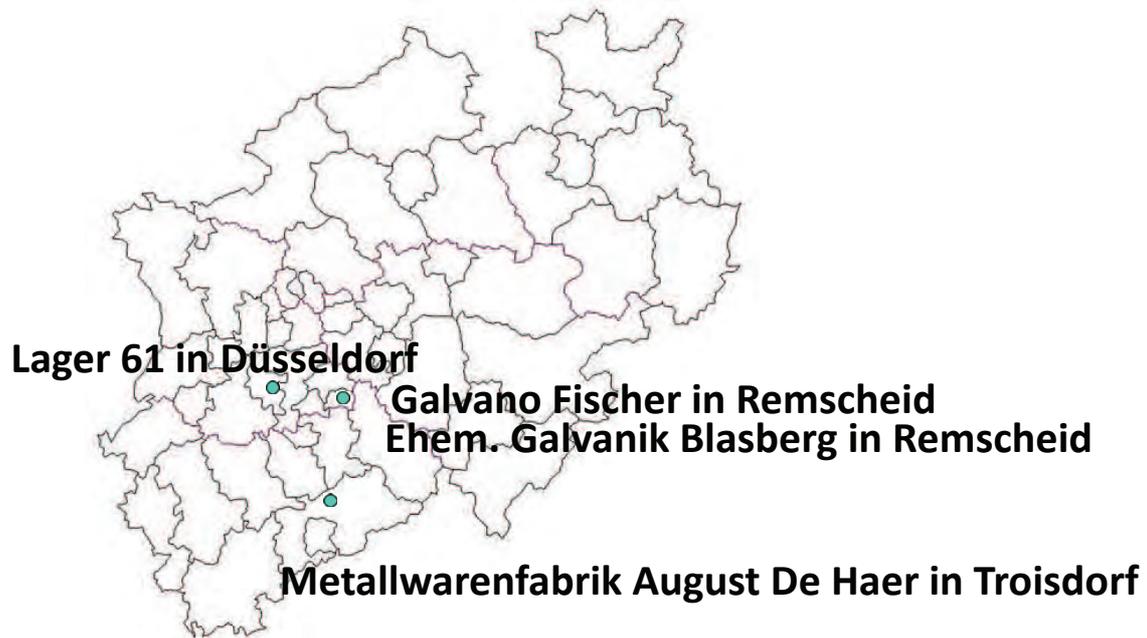
Durch Senkung der Schadstofffracht im Rührreaktor
verlängerte Standzeiten der Aktivkohlefilter im
Vergleich mit der konventionellen Reinigung im
Festbettreaktor



Anwendung der Rührreaktorstufe in der Praxis?

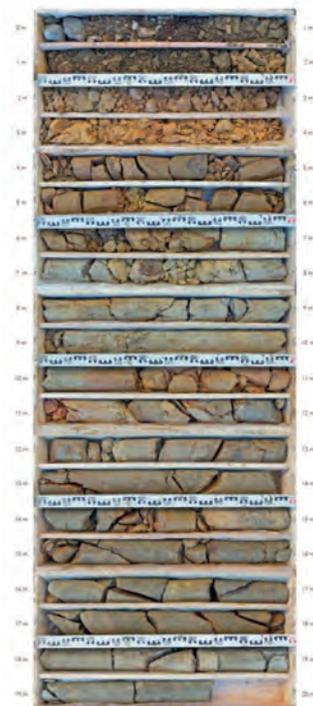
- Einzelfallbetrachtung, abhängig von PFC-Gehalt und –Zusammensetzung
- Gegenüberstellung von Mehrkosten für zusätzlichen Anlagenaufwand und Betriebskosten
- Einbeziehung aller Kosten (Strom, Überwachung, Entsorgung)
- Am Standort Düsseldorf Rückgriff auf konventionelle Technik der Aktivkohleadsorption
- Die durch die Behörde festgelegten Einleitewerte für kurzketttige PFC/Summe PFC können die Betriebskosten wesentlich beeinflussen.

Aktuelle Projekte des AAV mit PFC- Belastungen



Galvano Fischer in Remscheid

- Betrieb zur Oberflächenveredelung seit 1954
- Versickerung von Produktionsabwässern auf dem Betriebsgelände und später auf einem angrenzenden Grundstück bis 1970
- Sanierungsuntersuchung 2013: Belastungen des Grundwassers mit Chrom, Kupfer, Nickel, CKW und PFC (PFOS, PFBS, PFHxS)
- Kluftgrundwasserleiter (7-18 m u GOK)
- Sofortmaßnahme 2014: Drainage- und Grundwasser wird über Aktivkohle und ein Ionenaustauscherharz gereinigt
- Rückgang der PFC-Konzentrationen von 90 auf 0,03 µg/l



Galvanik Blasberg in Remscheid

- Betrieb einer Hartverchromungsanlage von ca. 1965 – 2007
- Sanierungsuntersuchung 2014: Belastung von Boden und Grundwasser mit Chromat und PFC (hauptsächlich PFOS, max. 151 µg/l)
- Sofortmaßnahme: Entnahme von Schicht- und Grundwasser aus Schachtbrunnen und Grundwassermessstellen
- Geplant: Rückbau der Betriebsgebäude und Auskoffnung des belasteten Bodens

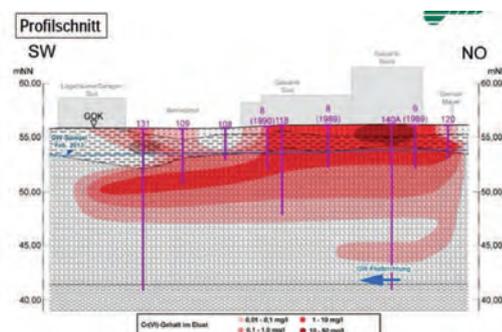


22.09.2017

15

Metallwarenfabrik August De Haer in Troisdorf

- Herstellung von Metallbauteilen für die Autoindustrie, Galvanisierungen (Betrieb von 1927 bis zur Insolvenz 2011)
- Belastung von Boden und Grundwasser mit Chromat, LHKW, MKW und PFC (hauptsächlich PFOS, max. 4,5 µg/l)
- Geplant: Rückbau der Betriebsgebäude und Auskoffnung des belasteten Bodens, anschließen Wohnbebauung
- Forschungsprojekt zur Kostenreduzierung durch In-situ-Immobilisierung von Chromat durch Reduktion, Fixierung Cr III, (Boden)
- Vorversuche zur GW-Reinigung einer Anlage Adsorption von Chromat und PFT auf Textilabsorber (Polyelektrolyten) und nachgeschalteter Aktivkohle (für CKW's)



22.09.2017

16



Vielen Dank

Dr. E.-W. Hoffmann

Für weitere Informationen können Sie uns jederzeit kontaktieren:

Telefon: 02324 5094-0
Telefax: 02324 5094-70
E-Mail: info@aav-nrw.de

Weitere Informationen auf: www.aav-nrw.de



Maßstäbe für die Bewertung von PFC* Boden- und Grundwasserverunreinigungen

Im Folgenden werden die Bewertungsmaßstäbe für die Bereiche Trinkwasser/Grundwasser, Abwasser, Oberflächengewässer Boden, und Verwertung sowie eine Einzelfallentscheidung der Landeshauptstadt Düsseldorf aufgeführt.

Trinkwasser

Die Bewertungsmaßstäbe für Trinkwasser basieren auf den aktuellen Empfehlungen des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission (TWK) vom 20.09.2016, die im Bundesgesundheitsblatt 03/2017 veröffentlicht wurden.

- https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/fortschreibung_der_uba-pfc-bewertungen_bundesgesundheitsbl_2017-60_s_350-352.pdf

Trinkwasser				
Name	Abkürzung	Carbon- /Sulfonsäure Kettenlänge	TW_{LW}¹ [ng/l] + Entwurf GFS + Entwurf PW	GOW² [ng/l]
Perfluorbutansäure	PFBA	C 4	10.000	-
Perfluorpentansäure	PFPeA	C 5	-	3.000
Perfluorhexansäure	PFHxA	C 6	6.000	-
Perfluorheptansäure	PFHpA	C 7	-	300
Perfluoroktansäure	PFOA	C 8	100	-
Perfluorononansäure	PFNA	C 9	60	-
Perfluordekansäure	PFDA	C 10	-	100
Perfluorbutansulfonsäure	PFBS	S 4	6.000	-
Perfluorhexansulfonsäure	PFHxS	S 6	100	-
Perfluorheptansulfonsäure	PFHpS	S 7	-	300
Perfluoroktansulfonat	PFOS	S 8	100	-
H4-Polyfluoroktansulfonsäure	H4PFOS	S 8	-	100
Perfluoroktansulfonamid	PFOSA	S 8	-	100

¹ Trinkwasserleitwerte (TW_{LW}) festgelegt für Stoffe, bei denen eine humantoxikologische Wirkung mit Sicherheit festgestellt wurde

² Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) für Stoffe, bei denen keine ausreichenden Daten für eine humantoxikologische Bewertung für einen TW_{LW} vorlagen

Grundwasser

Für die 7 Einzelstoffe mit Trinkwasserleitwert liegen

- im Entwurf Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS) vor.
- im Entwurf Prüfwerte (PW) für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser vor (Entwurf der BBodSchV, enthalten in der Kabinettsfassung der Mantelverordnung, Stand 03.05.2017).

Diese entsprechen in ihrer Höhe jeweils den für Trinkwasser empfohlenen Leitwerten (TW_{LW}).

Oberflächengewässer

Für Oberflächengewässer gilt ab dem 22.12.2018 der **UQN-Wert³ von 0,65 ng/l für PFOS**. Weitere Stoffe sind nicht geregelt.

³ Umweltqualitätsnorm, festgelegt in der in Richtlinie 2013/39/EU und umgesetzt mit OGewV (Anh. 7) 20.06.2016

Abwasser (Direkt- und Indirekteinleiter)	NRW⁴	
		Orientierungswert Summe PFOA und PFOS
	Orientierungswert für die Summe aller gemessenen PFC	1.000 ng/l

⁴ Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2014): Gewässerbelastungen durch die Einleitung von perfluorierten Verbindungen (insbesondere PFOA und PFOS) – Neubewertung der PFC-Substanzen. Erlass IV-7 096 004 0052 vom 16.06.2014.



Einleitung von gereinigtem Grundwasser in ein oberirdisches Gewässer

Jede Einleitung in ein Oberflächengewässer bedarf hinsichtlich der Einleitgrenzwerte einer Einzelfallentscheidung in Abhängigkeit vom Gewässer auf der Basis des Verschlechterungsverbots nach Wasserrahmenrichtlinie und der Umweltqualitätsnormen (derzeit nur für PFOS).

Einzelfallentscheidung am Beispiel Flughafen Düsseldorf:

Reinigungsgrad für PFC	> 90 %
Summe PFC	< 200 ng/l
PFOS	< 20 n/l ⁵

⁵ entspricht der doppelten Nachweisgrenze von 10 ng/l, die standardmäßig erreicht werden kann

Lebensmittel

Die europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) hat für Nahrungsmittel eine lebenslang duldbare tägliche Aufnahmemenge (tolerable daily intake, TDI) pro kg Körpergewicht von 0,15 µg für PFOS und 1,5 µg für PFOA abgeleitet.

Boden

Bewertungskriterien für die Bewertung von Bodenverunreinigungen mit PFC existieren noch nicht. Für eine gesicherte Aussage über den Schadstoffgehalt der Bodenproben sind die Bestimmungsgrenzen im Feststoff zu hoch. In Feststoffuntersuchungen, in denen keine PFC nachgewiesen wurden, konnten in den Eluatuntersuchungen deutliche PFC-Gehalte nachgewiesen werden. Da die Bestimmungsgrenzen bei den Eluatuntersuchungen um den Faktor 200 kleiner sind als bei den Feststoffuntersuchungen, werden von den Bodenproben 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529 oder 2:1 Säuleneluat nach DIN 19528 hergestellt und auf PFC untersucht. Abhängig vom Labor erfolgt die Analytik auf den erweiterten Parametersatz von 22 PFC-Einzelparametern.

Bautechnisch bedingter PFC-belasteter Aushub

Deponierung:

Die Ablagerungsempfehlung NRW (2011)⁶ sieht eine Einzelfallentscheidung anhand von Eluatwerten vor. Entscheidungskriterien sind z. B. Dichtungssystem der Deponie, Art und Umfang der Sickerwasserbehandlung, getrennte Ablagerung in oberen Deponiebereichen und sofortige Abdeckung nach der Ablagerung. Dabei gilt für oberirdische Ablagerungen für PFOS ein Grenzwert von 50 mg/kg (Deponieklasse III) auf Grundlage der EU-POP-Verordnung.

Verwertung:

Bisher von der Landeshauptstadt Düsseldorf getroffene Einzelfallentscheidungen:

Unter Berücksichtigung der Sanierungsziele und -zielwerte für die ungesättigte Bodenzone sowie das Grundwasser wurde die Verwertung von Materialien bis zu Werten von

Summe PFT⁷ zuzüglich H4PFOS 100 ng/l und

Summe PFT⁷ zuzüglich H4PFOS 300 ng/l in Verbindung mit technischen Sicherungsmaßnahmen und dem Nachweis des Hauptzweckes der Verwertung zugelassen (Analytik aus 2:1 Schütteleluat)

Materialien, die diese Anforderungen nicht einhalten, sind in einer dafür zugelassenen Anlage (Deponie mit Sickerwasserbehandlung) gemeinwohlverträglich zu entsorgen.

⁶ Ablagerungsempfehlungen für Abfälle mit organischen Schadstoffen (Vollzugshilfe des MKULNV NRW vom 06.12.2011)

⁷ 10 PFT nach DIN 38407-14

Fragebogen für Teilnehmer und Teilnehmerinnen des **WORKSHOP 1: Erfahrungen aus der Erfassung, Erkundung und Bewertung von PFC – Boden- und Grundwasserverunreinigungen**

Die Fragebögen dienen dazu, den aktuellen Kenntnisstand zum Thema „PFC“ von der Erkundung über die Bewertung bis zur Sanierung zu ermitteln. Durch die Berücksichtigung der an verschiedenen Stellen gewonnenen Erfahrungen sollen der Stand der Untersuchung und Sanierung weiterentwickelt und die Qualität der Bearbeitung verbessert werden.

Die Auswertung der Fragebögen erfolgt so, dass die Workshops und die zu bearbeitenden Themen optimal vorbereitet und zielgerichtet durchgeführt werden können. Außerdem ergeben sich damit ggf. auch wichtige Hinweise, in welcher Form und für wen die Ergebnisse dokumentiert werden sollten.

Die ausgefüllten Fragebögen bitte an die folgende Adresse senden: pfc@workshop2017.de

Hinweise zum Ausfüllen:

- Sie werden gebeten, die Fragen zu dem Workshop, an dem Sie teilnehmen, vollständig zu beantworten. Die Beantwortung der Fragen zu den weiteren Workshops ist freiwillig, allerdings für die Vorbereitung bestimmt hilfreich.
- Die Beantwortung der Fragen erfolgt in der Regel über das Ankreuzen der angebotenen Auswahlfelder.
- Falls Zahlen abgefragt werden, ist eine ungefähre Angabe ausreichend.
- Im Fall von Freitexteinträgen wird um kurze, stichwortartige Formulierungen gebeten. Das Ausformulieren der Passagen ist nicht notwendig und u. U. auch nur schwer auswertbar.
- Mehrfachnennungen sind möglich. Sollte der vorgesehene Platz für Ihre Eintragungen nicht ausreichen, können Sie gerne auf einem separaten Blatt weitere Angaben hinzufügen und entsprechend der Nummerierung kenntlich machen.
- Die Fragebögen werden als ausfüllbare Formulare im Word-Format (kompatibel bis Word 2010) und als Adobe-Acrobat-Dateien (für die aktuelle Version) bereitgestellt. Sollten Sie technische Probleme beim Ausfüllen haben, bitten wir um eine kurze Nachricht. Wir werden uns bemühen, Ihnen zu helfen.

Alle Angaben dienen ausschließlich dem Zweck der Vorbereitung des Workshops und werden vertraulich behandelt. Falls erforderlich, werden die Daten im Rahmen des Workshops ausschließlich in anonymisierter Form bereitgestellt.

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

1. Erfassung und Erkundung

1.1 Wurde in Ihrem Zuständigkeitsbereich bereits eine systematische flächendeckende Erfassung von PFC-relevanten Flächen durchgeführt oder ist dies beabsichtigt?

- nein
- ja

1.2 Welche Ansätze zur systematischen Ermittlung von Verdachtsbereichen wurden bereits angewandt oder sollen angewandt werden?

- LANUV Arbeitsblatt 21 (Arbeitshilfe für flächendeckende Erhebungen über Altstandorte und Altablagerungen)
- LABO Leitfaden „Boden- und Grundwasserkontaminationen mit PFC bei altlastverdächtigen Flächen und nach Löschmitteleinsätzen“
- BAIUD „Bearbeitung von Verdachtsbereichen mit per- und polyfluorierten Chemikalien (PFC) auf von der Bundeswehr genutzten Liegenschaften“
- Sonstige (bitte stichwortartig beschreiben):

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

1.3 Haben sonstige Ansätze zur Ermittlung PFC-relevanter Standorte geführt (z. B. Befunde aus Grundwasseruntersuchungen)?

- nein
- ja

Wenn ja, bitte stichwortartig beschreiben:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

1.4 Welche Untersuchungen nutzen Sie für die Erkundung von PFC-Schäden?

Boden (Feststoff)

- nein
- ja

Boden-Eluat

- ja, 2:1, Schütteleluat
- ja, 10:1, Schütteleluat
- ja, Säulenuat
- nein

Grundwasser

- nein
- ja

Falls ja, für welche Fragestellungen:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

1.5 Welche Wirkungspfade sind in den Ihnen bekannten Fällen bereits erkundet worden oder sollen demnächst erkundet werden?

- Boden-Mensch (nach BBodSchV)
- Boden-Grundwasser (nach BBodSchV)
- Boden-Nutzpflanze (nach BBodSchV)
- Sonstige (z. B. Boden-Oberflächengewässer, ...)

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

1.6 Welche Beprobungsverfahren werden von Ihnen zur Erkundung von PFC-Verunreinigungen eingesetzt?

Boden

- Oberbodenprobenahme
- RKS/Linerbeprobungen

Sonstige

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

bisher nicht durchgeführt

Grundwasser

GWM-Bau

Grundwasserdirekt-Beprobungen/Direct-Push

Sonstige

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

bisher nicht durchgeführt

1.7 Berücksichtigen Sie Untersuchungsergebnisse aus unterschiedlichen Beprobungsverfahren bei der Bewertung von PFC-Verunreinigungen (z. B. Grundwasser-Direktbeprobungen / Direct-Push im Vergleich zu Beprobungen aus Grundwassermessstellen)?

nein

ja

Wenn ja, bitte stichwortartig beschreiben:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

1.8 Liegen Ihnen eigene Erkenntnisse zur Tiefenverteilung von PFC-Belastungen im Boden und Grundwasser vor?

nein

ja

Wenn ja, bitte stichwortartig beschreiben:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

1.9 Liegen Ihnen eigene Erkenntnisse zu Chromatografie-Effekten in der Tiefe und im Verlauf von PFC-Grundwasserfahnen vor?

nein

ja

Wenn ja, bitte stichwortartig beschreiben:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

1.10 Liegen Ihnen Hinweise auf die Bedeutung undichter Entwässerungsleitungen im Bereich von PFC-Eintragsstellen vor?

nein

ja

Wenn ja, bitte stichwortartig beschreiben:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

1.11 Liegen bei Ihnen Hinweise auf ubiquitäre Oberbodenbelastungen außerhalb von Eintragsstellen vor?

nein

ja

Wenn ja, bitte stichwortartig beschreiben:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

2. Quellen

2.1 Welche Quellen für PFC-Verunreinigungen wurden bei Ihnen bereits recherchiert?

- keine
- Flughafen zivil
- Flughafen militärisch
- Brandereignisse mit Löschschaumeinsatz
- Löschmittelübungsbereiche
- Standorte von Feuerwachen
- stationäre Löscheinrichtungen
- flächige Aufbringung von Abfällen/Klärschlamm
- Deponien
- Rieselfelder
- chemische Industrie
- Galvanikbetriebe
- Textilbetriebe
- Papier produzierende Betriebe
- Sonstige

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

2.2 Gibt es bei Ihnen konkrete Erfahrungen dazu, ob bereits wegen anderer Parameter sanierte Schäden aufgrund eines PFC-Verdacht es wieder zu Sanierungsfällen wurden oder werden könnten (z. B. Galvanik)?

- nein
- ja

Wenn ja, bitte stichwortartig beschreiben:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

2.3 Gibt es Erfahrungen mit Schäden nach dem Einsatz „neuer“ Löschmittel¹, d. h. aufgrund des Einsatzes von Ersatzstoffen oder nach dem Einsatz fluortensidfreier Löschmittel?

- nein
- ja

¹ Einschränkung gem. POP-Verordnung für PFOS ab 25.08.2010 (Ausnahme: Löschschäume, die vor dem 27.12.2006 verwendet wurden durften bis 27.06.2011 verwendet werden)

Wenn ja, bitte stichwortartig beschreiben:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

3. Analytik

3.1 Welcher Parameterumfang wurde bei PFC in Ihrer Zuständigkeit bisher untersucht bzw. wird für erforderlich gehalten?

	<i>Untersucht</i>	<i>Erforderlich</i>
PFOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PFOA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10-Liste nach LANUV / DIN ²	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10-Liste nach LANUV / DIN ² plus H ₄ PFOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AOF	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonstiges (FTS, Langkettige PFC >C10 u. a.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Precursor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.2 Traten bisher bei Ihnen besondere Fragestellungen oder Probleme bei der Probenahme und Analytik zur Erkundung von PFC-Schäden auf (z. B. Verschleppung)?

nein

ja

Folgende:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

3.3 Traten bisher bei Ihnen besondere Fragestellungen oder Probleme mit den unterschiedlichen analytischen Spektren zwischen Grundwasserbelastung im Unterstrom und identifizierten Eintragsstellen im Oberstrom (Boden, Feststoff) auf?

nein

ja

Folgende:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

² DIN 38407-42 bzw. 38414-14

4. Bewertung

4.1 Auf welcher Grundlage erfolgen bei Ihnen die Bewertungen/Beurteilungen der Wirkungspfade (WP) und Schutzgüter (SG)?

WP Boden-Mensch

- PW-Vorschläge aus Baden-Württemberg
- Sonstige:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

WP Boden-Pflanze

- sofern vorhanden, bitte nennen:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

WP Boden-Grundwasser

- Prüfwert-Vorschläge für die PFC-Einzelstoffe
- Trinkwasser-Leitwerte/GOW der Trinkwasserkommission des UBA
- Summenwerte PFC, wenn ja, welche:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

- Sonstige:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

SG Erntegut/Inverkehrbringen von Lebensmitteln:

- TDI-Werte für PFOS und PFOA der Europäischen Lebensmittelsicherheitsbehörde (EFSA)

- Sonstige:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

SG Grundwasser:

- Grundwasserverordnung, Entwurf der Geringfügigkeitsschwellenwerte
- Sonstige:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

SG Trinkwasser:

- vorläufige Bewertung von PFC im Trinkwasser des Umweltbundesamtes
- Sonstige:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

SG Oberflächengewässer:

- Oberflächengewässer-Verordnung
- Sonstige:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

SG Fische:

- TDI-Werte
- Sonstige:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

SG menschliche Gesundheit:

- Gesundheitsbezogene Leitwerte für PFOS und PFOA z.B. des Umweltbundesamtes oder der US-EPA
- Sonstige:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

4.2 Haben Sie konkrete Erfahrungen mit der Durchführung der Sickerwasserprognose hinsichtlich PFC?

- nein
- ja - verbal-argumentativ
- ja - rechnerisch mithilfe von *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

zugrunde gelegte KD-Werte (optional):

Stoff: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

KD-Wert: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Stoff: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

KD-Wert: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Stoff: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

KD-Wert: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

4.3 Gibt es bei Ihnen Erfahrungen zur Entwicklung der PFC-Konzentrationen in betroffenen Angelgewässern und in den darin lebenden Fischen?

- nein
- ja

Folgende:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

4.4 Gibt es bei Ihnen Erfahrungen mit Verzehrempfehlungen von Nutzpflanzen bzw. Verboten zum Verzehr bestimmter Pflanzen?

- nein
- ja

Folgende:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

4.5 Welche Nutzergruppen sind bei Ihnen von der PFC-Verunreinigung betroffen?

- keine konkrete Nutzergruppe
- öffentliche Wasserversorgung
- private oder betriebliche Grundwassernutzungen
- Nutzung von Gartenbrunnen

- Angler
- Surfer
- Badegewässer
- Sonstige

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

4.6 Wie wird von Ihnen die Notwendigkeit der Untersuchung des PFC-Freisetzungspotentials aus Precursor-Verbindungen eingeschätzt?

- bisher keine Berührungspunkte
- wichtig, weil:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

- nicht wichtig, weil:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

- Sonstiges

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

4.7 Welche Erfahrungen liegen bei Ihnen mit Verfügungen bzgl. des Verbots einer Nutzung belasteten Wassers vor?

- keine
- Allgemeinverfügung Grundwasserförderung und -nutzung
- Versagen/Widerruf einer wasserrechtlichen Erlaubnis zur Grundwasserentnahme
- Angelverbot
- Verbot Wassersport (Surfen, Schwimmen)
- Sonstiges

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

ABSENDER:

Name:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Institution / Behörde / Firma:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ort:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

E-Mail:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Fragebogen für Teilnehmer und Teilnehmerinnen des **WORKSHOP 2: Erfahrungen aus der Sanierungsvorbereitung (Ableitung von Sanierungszielen, Anforderungen an die Aufbereitung, Verwertung und Entsorgung)**

Die Fragebögen dienen dazu, den aktuellen Kenntnisstand zum Thema „PFC“ von der Erkundung über die Bewertung bis zur Sanierung zu ermitteln. Durch die Berücksichtigung der an verschiedenen Stellen gewonnenen Erfahrungen sollen der Stand der Untersuchung und Sanierung weiterentwickelt und die Qualität der Bearbeitung verbessert werden.

Die Auswertung der Fragebögen erfolgt so, dass die Workshops und die zu bearbeitenden Themen optimal vorbereitet und zielgerichtet durchgeführt werden können. Außerdem ergeben sich damit ggf. auch wichtige Hinweise, in welcher Form und für wen die Ergebnisse dokumentiert werden sollten.

Die ausgefüllten Fragebögen bitte an die folgende Adresse senden: pfc@workshop2017.de

Hinweise zum Ausfüllen:

- Sie werden gebeten, die Fragen zu dem Workshop, an dem Sie teilnehmen, vollständig zu beantworten. Die Beantwortung der Fragen zu den weiteren Workshops ist freiwillig, allerdings für die Vorbereitung bestimmt hilfreich.
- Die Beantwortung der Fragen erfolgt in der Regel über das Ankreuzen der angebotenen Auswahlfelder.
- Falls Zahlen abgefragt werden, ist eine ungefähre Angabe ausreichend.
- Im Fall von Freitexteinträgen wird um kurze, stichwortartige Formulierungen gebeten. Das Ausformulieren der Passagen ist nicht notwendig und u. U. auch nur schwer auswertbar.
- Mehrfachnennungen sind möglich. Sollte der vorgesehene Platz für Ihre Eintragungen nicht ausreichen, können Sie gerne auf einem separaten Blatt weitere Angaben hinzufügen und entsprechend der Nummerierung kenntlich machen.
- Die Fragebögen werden als ausfüllbare Formulare im Word-Format (kompatibel bis Word 2010) und als Adobe-Acrobat-Dateien (für die aktuelle Version) bereitgestellt. Sollten Sie Probleme beim Ausfüllen haben, bitten wir um eine kurze Nachricht. Wir werden uns bemühen, Ihnen zu helfen.

Alle Angaben dienen ausschließlich dem Zweck der Vorbereitung des Workshops und werden vertraulich behandelt. Falls erforderlich, werden die Daten im Rahmen des Workshops ausschließlich in anonymisierter Form bereitgestellt.

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

1. Sanierungsziele

- 1.1 Welche Sanierungsziele liegen von Ihnen angeordneten, durchzuführenden oder angestrebten Sanierungsmaßnahmen zugrunde (z. B. Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen, Schutz von Trinkwassergewinnungsanlagen, Schutz der menschlichen Gesundheit, Vermeidung einer weiteren Schadstoffausbreitung)?

Bitte stichwortartig beschreiben:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

- 1.2 Welche Sanierungszielwerte sind aus Ihrer Sicht erforderlich, um die beschriebenen Sanierungsziele zu erreichen?

- Boden: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.* $\mu\text{g}/\text{kg}$ im Feststoff
oder *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.* ng/l im Eluat
- Sickerwasser am Ort der Beurteilung: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.* ng/l
- Grundwasser: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.* ng/l
- differenzierte Festlegung nach Einzelverbindungen:
Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

- Sonstiges (bitte stichwortartig beschreiben):

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

1.3 Welche Anforderungen an die Dimensionierung hydraulischer Wirkbereiche zur Sanierung von Grundwasserverunreinigungen wurden bisher oder werden bei Ihnen/von Ihnen gestellt?

- hydraulisch mindestens zu erfassende PFC-Konzentration im Grundwasser (ng/l für...):

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

- differenzierte Festlegung für einzelne PFC (bitte angeben, welche Konzentrationen welcher PFC-Verbindungen im Grundwasser hydraulisch mindestens zu fassen sind):

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

2. Auswahl geeigneter Sanierungsverfahren

2.1 Sind nach Ihrer Erfahrung Versuche zur Ermittlung geeigneter Sanierungsverfahren erforderlich?

für die Bodensanierung:

nein

ja

Wenn ja, bitte stichwortartig beschreiben:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

für die Grundwassersanierung:

nein

ja

Wenn ja, bitte stichwortartig beschreiben:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

2.2 Sofern bereits Versuche zur Auswahl geeigneter Sanierungsverfahren durchgeführt wurden, traten dabei unerwartete Ergebnisse oder Probleme auf?

nein

ja

Wenn ja, bitte stichwortartig beschreiben:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

3. Anforderungen an die Sanierungsmaßnahme bzw. die Aufbereitung

3.1 Wie detailliert stellen Sie Anforderungen an durchzuführende Sanierungsmaßnahmen?

- Festlegung von Sanierungszielwerten und Aufbereitungsergebnissen ausreichend
- detaillierte Festlegungen z.B. auch der einzusetzenden Verfahren erforderlich, und zwar folgende (bitte stichwortartig beschreiben):

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

3.2 Welche Anforderungen werden an die Ableitung gereinigten Grundwassers gestellt? (Beispiele: Anforderungen an die Einleitung in oberirdische Gewässer, Einleitung in die Kanalisation u. a.)

Bitte stichwortartig beschreiben und Einleitwerte angeben:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

3.3 Wurde das PFC-Freisetzungspotential aus Precursor-Verbindungen bei der Sanierungsvorbereitung bisher von Ihnen berücksichtigt?

- nein
- wenn ja, in welcher Form? (bitte stichwortartig beschreiben)

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

4. Anforderungen an die Verwertung/Entsorgung

4.1 Sind bei Ihnen Probleme bei der Deponierung von PFC-belasteten Aushubmaterialien aufgetreten?

- nein
- ja

Wenn ja, welche?

- Regelungsdefizite
- fehlende Deponiekapazität
- fehlende Annahmefähigkeit
- fehlende einheitliche Vorgaben zur Annahme
- Sonstiges:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

4.2 Wurde in Ihrem Zuständigkeitsbereich bisher PFC-belasteter baubedingter Aushub außerhalb von technischen Bauwerken verwertet?

- nein
- ja

Wenn ja, auf Grundlage welcher Regelungen bzw. Anforderungen?

- Leitlinien Bayern
- Erlasse Baden-Württemberg
- Anforderungen der zuständigen Bodenschutzbehörde
- Sonstiges:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

4.3 Wurde bisher in Ihrem Zuständigkeitsbereich PFC-belasteter baubedingter Aushub in technischen Bauwerken verwertet?

- nein
- ja

Wenn ja, auf Grundlage welcher Regelungen bzw. Anforderungen?

- Leitlinien Bayern
- Erlasse Baden-Württemberg
- Anforderungen der zuständigen Bodenschutzbehörde
- Sonstiges:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

4.4 Werden bisher von Ihnen Anforderungen an die Verwertung/Entsorgung PFC-belasteten Materials, z. B. Klärschlamm, Reststoffe aus Sanierungsanlagen (z.B. Aktivkohle, Ionentauscher, Eisenschlamm), Pflanzenbewuchs etc. gestellt?

- nein
- ja

Bitte stichwortartig beschreiben:

Material:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Anforderung:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Material:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Anforderung:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

ABSENDER:

Name:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Institution / Behörde / Firma:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ort:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

E-Mail:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Fragebogen für Teilnehmer und Teilnehmerinnen des **WORKSHOP 3: Erfahrungen mit der technischen Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen**

Die Fragebögen dienen dazu, den aktuellen Kenntnisstand zum Thema „PFC“ von der Erkundung über die Bewertung bis zur Sanierung zu ermitteln. Durch die Berücksichtigung der an verschiedenen Stellen gewonnenen Erfahrungen sollen der Stand der Untersuchung und Sanierung weiterentwickelt und die Qualität der Bearbeitung verbessert werden.

Die Auswertung der Fragebögen erfolgt so, dass die Workshops und die zu bearbeitenden Themen optimal vorbereitet und zielgerichtet durchgeführt werden können. Außerdem ergeben sich damit ggf. auch wichtige Hinweise, in welcher Form und für wen die Ergebnisse dokumentiert werden sollten.

Die ausgefüllten Fragebögen bitte an die folgende Adresse senden: pfc@workshop2017.de

Hinweise zum Ausfüllen:

- Sie werden gebeten, diesen Fragebogen zu Workshop 3 für eine PFC-Verunreinigung, bei der bereits Sanierungsmaßnahmen durchgeführt wurden oder werden, auszufüllen – ggf. mit Unterstützung des fallbearbeitenden Gutachters. Zur Vorbereitung der Veranstaltung wäre es hilfreich, wenn Sie als Teilnehmerin / Teilnehmer des Workshops 3 auch den Fragebogen zu Workshop 1 und 2 (ggf. auch nur teilweise) beantworten würden.
- Die Beantwortung der Fragen erfolgt in der Regel über das Ankreuzen der angebotenen Auswahlfelder.
- Falls Zahlen abgefragt werden, ist eine ungefähre Angabe ausreichend.
- Im Fall von Freitexteinträgen wird um kurze, stichwortartige Formulierungen gebeten. Das Ausformulieren der Passagen ist nicht notwendig und u. U. auch nur schwer auswertbar.
- Mehrfachnennungen sind möglich. Sollte der vorgesehene Platz für Ihre Eintragungen nicht ausreichen, können Sie gerne auf einem separaten Blatt weitere Angaben hinzufügen und entsprechend der Nummerierung kenntlich machen.
- Die Fragebögen werden als ausfüllbare Formulare im Word-Format (kompatibel bis Word 2010) und als Adobe-Acrobat-Dateien (für die aktuelle Version) bereitgestellt. Sollten Sie Probleme beim Ausfüllen haben, bitten wir um eine kurze Nachricht. Wir werden uns bemühen, Ihnen zu helfen.

Alle Angaben dienen ausschließlich dem Zweck der Vorbereitung des Workshops und werden vertraulich behandelt. Falls erforderlich, werden die Daten im Rahmen des Workshops ausschließlich in anonymisierter Form bereitgestellt.

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

1. Grundlagendaten zum Standort/Fall

1.1 Die PFC-Verunreinigung liegt im Gebiet des Kreises:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

der Stadt:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Adresse:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

1.2 Zuständige Behörde:

Kreis:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Stadt:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Bezirksregierung:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Sonstige:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

1.3 Wann gab es erste Hinweise auf die PFC-Verunreinigung?

Jahr: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Art der Hinweise:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

1.4 Liegt die Verunreinigung im Gebiet eines

Porengrundwasserleiters

Kluftgrundwasserleiters

1.5 Wie groß ist der mittlere Grundwasserflurabstand (in m)?

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

1.6 Wie groß ist die mittlere Aquifermächtigkeit (in m)?

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

1.7 Wie groß ist die mittlere Grundwasserfließgeschwindigkeit (in m/d)?

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

1.8 Wie sind die mittleren Schwankungen des Grundwasserstands im Jahresgang (Ursache, falls bekannt) (in m)?

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

2. Untersuchungsstand

2.1 Ist die Ursache der Verunreinigung bekannt?

- nein
- ja, es handelt sich um:
 - Flughafen zivil
 - Flughafen militärisch
 - Brandereignisse mit Löschschaumeinsatz
 - Löschmittelübungsbereich
 - Standort einer Feuerwache
 - stationäre Löscheinrichtungen
 - flächige Aufbringung von Abfällen/Klärschlamm
 - Deponie
 - Rieselfelder
 - chemische Industrie
 - Galvanikbetrieb
 - Textilbetrieb
 - Papier produzierender Betrieb
 - Sonstiges

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

2.2 Welche PFC wurden bei dieser Verunreinigung untersucht?

- PFOS
- PFOA
- 10-Liste nach LANUV / DIN¹
- 10-Liste nach LANUV / DIN¹ plus H₄PFOS
- AOF
- Sonstiges (z. B. FTS, Langkettige PFC >C10 u. a.)
- Precursor

¹ DIN 38407-42 bzw. 38414-14

2.3 Wie wurden bisher Bodenproben (Art und Anzahl, falls bekannt) untersucht?

- im Feststoff, Anzahl: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*
- im 2:1-Schütteleluat Anzahl: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*
- im 10:1-Schütteleluat Anzahl: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*
- in Säulenuntersuchungen Anzahl: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

2.4 Wie viele Grundwassermessstellen (Größenordnungen) wurden bisher zur Erkundung der Grundwasserverunreinigung

- errichtet Anzahl: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*
- erstuntersucht Anzahl: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*
- regelmäßig untersucht Anzahl: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

2.5 Bei wie vielen Grundwassermessstellen im Bereich des Schadens handelt es sich um Mehrfachmessstellen (ungefähre Anzahl, z. B: ca. 15 oder Anteile an der Gesamtmenge, z. B. 10 %)?

Anzahl: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

oder

Anteil: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

2.6 Wie häufig wurden bisher die Grundwassermessstellen untersucht?

Rhythmus: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Quelle/Fahne: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

2.7 Wurden Grundwasserdirektuntersuchungen/Direct-Push-Untersuchungen am Standort durchgeführt?

- nein
- ja, Anzahl: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

2.8 Welche per- und polyfluorierten Verbindungen wurden bisher der Abgrenzung der Verunreinigung zugrunde gelegt (bitte ankreuzen oder Konzentration eintragen)?

PFOS

im Boden-Feststoff ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

im Boden – Eluat 2:1 (ng/l)

Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

im Boden – Eluat 10:1 (ng/l)

Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

im Grundwasser (ng/l):

Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

PFOA

im Boden-Feststoff ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

im Boden – Eluat 2:1 (ng/l)

Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

im Boden – Eluat 10:1 (ng/l)

Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

im Grundwasser (ng/l)

Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

10-Liste LANUV / DIN²

im Boden-Feststoff ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

im Boden – Eluat 2:1 (ng/l)

Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

im Boden – Eluat 10:1 (ng/l)

Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

im Grundwasser (ng/l)

Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

² DIN 38407-42 bzw. 38414-14

10-Liste LANUV / DIN² plus H4PFOS

- im Boden-Feststoff (µg/kg)

Konzentration (µg/kg): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

- im Boden – Eluat 2:1 (ng/l)

Konzentration (µg/kg): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

- im Boden – Eluat 10:1 (ng/l)

Konzentration (µg/kg): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

- im Grundwasser (ng/l)

Konzentration (µg/kg): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

AOF

- im Boden-Feststoff (µg/kg)

Konzentration (µg/kg): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

- im Boden – Eluat 2:1 (ng/l)

Konzentration (µg/kg): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

- im Boden – Eluat 10:1 (ng/l)

Konzentration (µg/kg): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

- im Grundwasser (ng/l)

Konzentration (µg/kg): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Sonstiges (FTS, Langkettige PFC >C10 u. a.)

- im Boden-Feststoff (µg/kg)

Konzentration (µg/kg): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

- im Boden – Eluat 2:1 (ng/l)

Konzentration (µg/kg): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

- im Boden – Eluat 10:1 (ng/l)

Konzentration (µg/kg): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

- im Grundwasser (ng/l)

Konzentration (µg/kg): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Precursor

- im Boden-Feststoff (µg/kg)

Konzentration (µg/kg): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

im Boden – Eluat 2:1 (ng/l)

Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

im Boden – Eluat 10:1 (ng/l)

Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

im Grundwasser (ng/l)

Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Andere Verbindungen

im Boden-Feststoff ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

im Boden – Eluat 2:1 (ng/l)

Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

im Boden – Eluat 10:1 (ng/l)

Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

im Grundwasser (ng/l)

Konzentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

2.9 Bisher ermittelte höchste Gehalte

im Boden – Feststoff ($\mu\text{g}/\text{kg}$): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Bestimmungsgrenze ($\mu\text{g}/\text{kg}$): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

im Boden – Eluat 2:1 (ng/l): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Bestimmungsgrenze (ng/l): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

10:1 (ng/l): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Bestimmungsgrenze (ng/l): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

im Boden – im Grundwasser (ng/l): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Bestimmungsgrenze (ng/l): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

2.9 Welche Einzelstoffe sind im konkreten Fall relevant (bitte nennen)?

im Boden

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

im Grundwasser

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

2.10 Ist die Ausdehnung der PFC-Verunreinigung ausreichend abgegrenzt?

im Boden

nein

ja

im Grundwasser

nein

ja

2.11 Welche Ausdehnung hat die PFC-Verunreinigung bisher?

im Boden

in der Fläche (m²): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

in der Tiefe (m): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

im Grundwasser

in der Längsausdehnung (m bzw. km): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

in der Breite (m): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

in der Tiefe (m): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

2.12 Wirkt sich die PFC-Verunreinigung auf andere Nutzungen unmittelbar aus?

nein

ja

Falls ja, auf welche:

öffentliche Wasserversorgung

private oder betriebliche Grundwassernutzungen

Nutzung von Gartenbrunnen

Angler

Surfer

- Badegewässer
- Sonstige: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

3. Anforderungen an die Sanierung

3.1 Welche Anforderungen an die Sanierung der Bodenverunreinigung wurden bisher im konkreten Fall formuliert?

Bitte stichwortartig beschreiben:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

3.2 Welche Anforderungen an die Sanierung der Grundwasserverunreinigung wurden bisher im konkreten Fall formuliert?

Bitte stichwortartig beschreiben:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

3.3 Nach welchen Kriterien wurden Sanierungsziele und Sanierungszielwerte festgelegt?

für den Boden:

Bitte stichwortartig beschreiben:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

für das Grundwasser:

Bitte stichwortartig beschreiben:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

3.4 Wurden spezielle Anforderungen an die Entsorgung PFC-belasteten Bodenaushubs aus der Bodensanierung formuliert?

nein

ja

Falls ja, welche? Bitte stichwortartig angeben:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

3.5 Wurden bzw. werden Anforderungen an den Umgang mit den aus der Grundwassersanierung anfallenden Reststoffen gestellt?

nein

ja

Wenn ja, welche Reststoffe (z. B. Adsorber (Aktivkohle, Ionentauscher), Schlamm aus Enteisung/Entmanganung o. ä.) und auf welcher Grundlage?

Material: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Anforderung/Grundlage: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Material: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Anforderung/Grundlage: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Material: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Anforderung/Grundlage: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Material: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Anforderung/Grundlage: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

4. Durchführung von Sanierungsmaßnahmen

4.1 Welche Sanierungsmaßnahmen in Boden und/oder Grundwasser wurden oder werden durchgeführt?

im Boden

Bitte stichwortartig beschreiben (z. B. Bodenaushub Quelle bis x ng/l im Eluat oder µg/kg im Feststoff,):

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

im Grundwasser

Bitte stichwortartig beschreiben (z. B. hydraulische Sicherung der Quelle):

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

4.2 Wurden zur Ermittlung der durchzuführenden Sanierungsmaßnahmen Versuche durchgeführt?

für die Bodensanierung:

nein

ja

Bitte stichwortartig beschreiben:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

für die Grundwassersanierung:

nein

ja

Bitte stichwortartig beschreiben:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

4.3 Traten bei den Versuchen (Boden und/oder Grundwasser) unerwartete Ergebnisse oder Probleme auf?

nein

ja

Bitte stichwortartig beschreiben:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

4.4 Welche Parameter waren entscheidend für die Dimensionierung der Aufbereitungsanlagen für PFC-belastetes Grundwasser?

genaue Kenntnis des PFC-Spektrums

zu erwartende Konzentrationen im geförderten Grundwasser

Fe, Mn

DOC

Begleitkontaminationen:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Sonstiges:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

4.5 Wann wurde mit den Sanierungsmaßnahmen begonnen?

im Boden (Jahr): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

im Grundwasser (Jahr): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

4.6 Wie ist – in Stichworten – der aktuelle Stand der Sanierung?

im Boden

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

im Grundwasser

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

- 4.7 Lässt sich die Wirksamkeit der bisher durchgeführten Sanierungsmaßnahmen quantifizieren? Bitte in Stichworten beschreiben:

im Boden

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

im Grundwasser

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

- 4.8 Wie entwickeln sich die PFC-Konzentrationen im Grundwasser und im gefördertem Wasser bei der laufenden Sanierungsmaßnahme?

- Fahne stagnierend
- Fahne rückläufig
- Fahne zunehmend
- PFC-Konzentrationen im Förderstrom stabil
- PFC-Konzentrationen im Förderstrom rückläufig
- PFC-Konzentrationen im Förderstrom zunehmend

- 4.9 Traten bei den bisher durchgeführten Sanierungsmaßnahmen unerwartete Entwicklungen, Erkenntnisse oder Probleme auf? Bitte stichwortartig beschreiben:

bei der Bodensanierung

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

bei der Grundwassersanierung

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

4.10 Wer führt die Sanierungsmaßnahmen durch? (z.B. Verpflichteter, Behörde, AAV)

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

5. Betrieb und Kosten von Sanierungsmaßnahmen

5.1 Daten zum Betrieb der Grundwassersanierungsanlage und -maßnahme (ungefähre Werte angeben)

Fördermenge (m³/h): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Kontaktzeiten (Stunden): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Adsorbermaterial (Aktivkohletyp, Ionentauschertyp): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Hersteller des Adsorbermaterials: *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Anlagenbauer (optional): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Anlagenplaner (optional): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Charakterisierung Anlagentechnik:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

5.2 Welche Beladepazitäten / Standzeiten wurden bisher erreicht?

Gesamt (%): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Falls bekannt:

< 6 C-Atome (%): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

> 6 C-Atome (%): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Carbonsäuren (%): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Sulfonsäuren (%): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

FTS (%): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Weitere Kennzahlen zur Bewertung der Grundwassersanierung:

Energieverbrauch pro m³ aufbereitetem Grundwassers kWh/m³:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

entfernte Schadstoffmenge in Relation zur Betriebszeit (g PFC/a):

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

5.3 Welche Entsorgungswege wurden bisher für PFC-belasteten Boden aus der Sanierungsmaßnahme genutzt? Bitte stichwortartig beschreiben:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

5.3 Welche Entsorgungswege wurden bisher für PFC-belasteten Boden aus der Sanierungsmaßnahme genutzt? Bitte stichwortartig beschreiben:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

5.4 Traten bei der Entsorgung von Boden oder Reststoffen Schwierigkeiten oder Probleme auf?

nein

ja

Falls ja, bitte stichwortartig beschreiben:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

5.5 Mit welchen Kosten (ggf. grob schätzen) sind die bisher durchgeführten Sanierungsmaßnahmen verbunden?

nicht bekannt

bekannt (siehe folgende Angaben)

Kosten der Bodensanierung (€/m³): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Kosten der Grundwassersanierung:

Anlage zur Miete (€/a): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Anlage Kauf

Investitionskosten (€): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Betriebskosten (€/a): *Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.*

Gesamtkosten pro m³ aufbereitetem Grundwassers (€/m³):

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Gesamtkosten in Relation zur entfernten Schadstoffmenge (€/g):

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

ABSENDER:

Name:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Institution / Behörde / Firma:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ort:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

E-Mail:

Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Vermerk

Betreff: **Workshop 1: Erfahrungen aus der Erfassung, Erkundung und Bewertung von PFC-Boden- und Grundwasserverunreinigungen**
Anlass: PFC-Workshop beim BEW Duisburg am 25.09.2017

1 ERFASSUNG

Drei Strategien werden angewendet

- Gezielte Untersuchung bei bekannten Brandereignissen/ Branchen (am häufigsten)
- Mituntersuchung im Rahmen der Grundwasserüberwachung (häufig)
- Systematische Erfassung (selten); v.a. wegen Mittel- und Kapazitätsproblemen

Ergebnisse der Diskussion zum Thema Erfassung:

- Unterschiedlicher Erfassungsstand
- Unterschiedliche Herangehensweisen:
 - FE sinnvolles Instrument zur Identifizierung
 - FE nicht einziges Mittel zur Identifizierung von Einträgen
 - Rückschlüsse aus GW-Monitoring sinnvoller Weg

Empfehlungen, Regelungsbedarf

- Hemmnisse (z. B. Kapazitäten, Kosten) überwinden:
 - Fördermöglichkeiten nutzen
 - Prioritätenbildung
- Z. T. datenschutzrechtliche Bedenken bei Feuerwehren:
- allgemeingültige Regelungen zur Kommunikation mit der Feuerwehr erforderlich (dazu bereits positive erste Erfahrungen: Information, Voruntersuchungen)

Wortbeiträge einzelner Behördenvertreter

- 2008 1. Hinweise zu PFT; 2009: 273 Messstellen untersucht; 2014: Galvaniken und Feuerwehrstandorte mit zwei schon vorhandenen Standorten untersucht

- Feuerwehren sehen die Problematik nicht und weiß nichts über die wirklichen Inhalte (PFT-frei ist nicht PFC-frei); Vertreiber von Produkten kennt die realen Inhaltstoffe ihrer Produkte nicht → Hinweis auf ein Seminar mit Mitarbeitern der Fa. STH-AMER.
- Erfassung von Gesamtgehalten für das Gesamtpotential wichtig, da höhermolekulare PFC weniger wasserlöslich.
- Finanzierungsfragen und -instrumente müssen dringend geklärt werden. Gute Verbindungen zu Feuerwehr, es erfolgt automatisch eine Information bei Einsatz von mehr als einem Gebinde (= 20L); keine systematische Erfassung wegen Kapazitätsbegrenzung.
- Erfassung (auch von landwirtschaftlichen Flächen) ergab bisher keine Schadensfälle.
- Wiederauflösen von Altfällen (bereits sanierte Flächen) schwierig und den Ordnungspflichtigen kaum vermittelbar.
- AFFF werden in Düsseldorf nur auf bestimmten Fahrzeugen eingesetzt. Abstimmung mit der Feuerwehr gut. Anmerkung: Die Feuerwehr untersteht in Düsseldorf dem Umweltdezernat. Systematische Erfassung der Wachen notwendig, alle bisher untersuchten Standorte zeigen PFC-Belastungen von Boden und Grundwasser. Priorisierung erforderlich: Auch in Düsseldorf sind die Kapazitäten begrenzt. Stadt Düsseldorf betreibt Vorfeldkontrollen der Löschmittel
- bei landwirtschaftlichen Flächen ist eine Unterscheidung der Fallgestaltungen erforderlich; Scharfenberg war illegal, bisher legale Aufbringung von Reststoffen aus Papierverarbeitung o.ä. sollte dort geprüft werden, wo PFC-Einsatz vermutet.
- Feuerwehren: keine Fälle; 2 Fälle aus der Textilveredelung und Abwasserbeseitigung (Rieselfelder; sehr große Flächen (90 ha), Gehalte moderat, sanierungstechnisch kaum handhabbar).

Wortbeiträge von Gutachtern /Sachverständigen:

- Brandereignisse über Brandberichte/ Jahresberichte der Feuerwehren am vielversprechendsten; wünscht sich eine Koordination über das Innenministerium.
- Anwendung von PFT-haltigen Reststoffen auf landwirtschaftlichen Flächen können praktisch nicht recherchiert werden, Widerspruch Grenzwerte Düngemittel-V zu Grundwasserschutz: hier Grenzwert von 100 µg/kg Summe PFOA/PFOS.
- Verbesserung der Schulung von freiwilligen Feuerwehren nötig; dazu die Frage, ob freiwillige Feuerwehren überhaupt Schaum einsetzen.
- Kontakt zu den Feuerwehren schwierig, unterschiedliche Aufbewahrungsfristen von Unterlagen (5 bis 60 Jahre), Löschmittel werden in den Brandberichten i.d.R. nicht beschrieben, die meisten Fälle sind Bagatellfälle; Zeitzeugenbefragung ergiebig, Zeitungsarchive zu aufwändig, Fazit: bei der systematischen Erfassung ist Eile geboten.

Wortbeiträge Verbände/Sonstige

- Feuerwehren sind wegen drohendem Regress verunsichert.
- Sind alle Flughäfen untersucht und gibt es eine Liste der untersuchten Flughäfen?

2 ERKUNDUNG

2:1 Eluat ist das primäre Untersuchungsverfahren und zukünftig überall zugelassen; andere Regelung 10:1 in Bayern, BaWü und im Abfallbereich, Bedarf zur Harmonisierung nach Verabschiedung der Mantelverordnung.

Zur Aufnahme von PFC in Pflanzen gibt es nur wenige Untersuchungen, Bewertung Mustergarten nicht immer zielführend, Einzelfall- und Expositionsbewertung über TDI möglich.

Differenzierte Grundwasseruntersuchungen werden wie bei Schadensfällen mit anderen Kontaminanten angewendet (Grundwasser-Direkt zur Vorerkundungen und Messstellenpositionierung; Direct-Push ebenso).

Ergebnisse und Empfehlungen aus der Diskussion zum Thema Erkundung:

- Wirkungspfad Boden-GW:
 - Bedarf einheitlicher Elutionsverfahren (2:1)
- In der OU als erster Schritt Eluate erforderlich.
 - Auch nach Einsatz fluortensidfreier Löschmittel:
Untersuchung erforderlich:
Ggf. Verunreinigung durch Restanhaftungen? Unbekannte Inhaltsstoffe?
 - Innovative Beprobungsverfahren wie die Grundwasser-Direkt- und Direct-Push-Verfahren sind zur Fahnenabgrenzung sinnvoll.
- schnellerer Transport kurzkettiger PFC, z. T. Zunahme PFHxS im Abstrom:
 - Problem ist die Bildung von PFT aus unbekanntem Ersatzstoffen, Bedarf Precursoroxidation und AOF

Wortbeiträge einzelner Behördenvertreter

- Sicherste Methode: Auf belasteten landwirtschaftlichen Flächen ist vor dem Inverkehrbringen ein Vorerntemonitoring erforderlich.
- Hausgartenbewertung ist problematisch, Expositions-betrachtungen angeraten.
- Precursor-Untersuchungen wichtig, Capstone A und B müssen in die Untersuchungsliste, Entwicklung AOF (vgl. Impulsvortrag), bei unlöslichen PFC ggf. Ethanol-extraktion möglich.
- 22iger-Liste zielführend; Hinweis auf natürliche Degradation unvollständig, *Anmerkung: Fachdiskussion über PFC-Abbau; Grundgerüst bleibt; i.W. Alkyl- /Sulfonsäurereste werden degradiert; F+E-Bedarf.*
- 2:1 Eluat prioritär, bei Detailuntersuchungen Feststoff und 10:1 (Deponierung), *Anmerkung: Harmonisierung 2:1 /10:1-Regelungen dringend erwünscht.*

Wortbeiträge Gutachtern /Sachverständigen:

- Verweist auf wirtschaftliche Probleme bei Mehrkosten durch Doppelanalytik

3 ANALYTIK

Weiterentwicklung von Precursor- und AOF-Standarduntersuchungsmethoden. Es gibt ca. 3.000 PFC-Einzelverbindungen; nur 2 bis 22 davon werden untersucht. Bei Galvaniken ist die Stoffpalette eingrenzbarer (H₄POS, PFOS)

Ergebnisse der Diskussion zum Thema Analytik:

- Keine Daten, Referenzmaterialien, Standards usw. von „neuen“ angewandten PFC (Ersatzstoffen),
- Mit der Einzelstoffanalytik wird nur ein Teil der PFC und Vorläufer erfasst,
- Einzelstoffanalytik ist zur Bewertung unverzichtbar,
- AOF-Bestimmung und Precursor-Oxidation bieten eine Möglichkeit, die PFC vollständiger zu erfassen!

Empfehlungen, Regelungsbedarf

- Weiterentwicklung und Normung des Precursor-Verfahrens erforderlich,
- Grenzwerte beziehungsweise Bewertungsmaßstäbe für AOF-Gehalte und PFC-Gehalte nach Precursor-Oxidation sind erforderlich!

Klare Empfehlungen zu Bewertung der Ergebnisse müssen formuliert werden! Die Bewertung des Potenzials der PFC-Schäden über die nach der AOF-Analytik ermittelten Werte ist zwingend notwendig.

Wortbeiträge einzelner Behördenvertreter

- Angaben zur Zusammensetzung der Löschschäume nicht immer stimmig
- bei landwirtschaftlichen Schadensfällen lohnt sich die Untersuchung von Nonylphenol.

4 BEWERTUNG

Klare Priorität:

1. Boden-Grundwasser/ Boden-Oberflächenwasser als empfindlichste Pfade;
2. Boden-Pflanze-Mensch: unempfindlicher (wird durch 1. i.d.R. mit erledigt), Bedarf der Definition von Grenzwerten nicht erkennbar.
3. Boden-Mensch: Relativ unempfindlich (wie 2.).

Futtermitteluntersuchungen und Vorerntemonitoring bei großen (landwirtschaftlich genutzten Flächen), ein Fall mit Untersuchung von Weidegras (Schafsbeweidung).

Ergebnisse der Diskussion zum Thema Analytik:

- Wirkungspfadbetroffenheit: häufigste Relevanz: Boden-GW, dann Boden-Pflanze, Boden-Mensch

Empfehlungen, Regelungsbedarf:

- Weitere Einzelwerte für Wirkungspfad Boden-GW erforderlich.
- Bedarf von Prüfwerten für Wirkungspfad Boden-Pflanze, aber Grundlagen fehlen (derzeit z. T. Vorerntemonitoring).

Hinweise zur Summenbildung und der Bewertung der Ergebnisse ist erforderlich (Anwendung Quotientensumme?)

5 SONSTIGES

- Anregung für die Bildung eines bundesweiten PFC-Katasters,
- Produkthaftung sollte juristisch geprüft werden,
- Es gibt PFC-Substitute auf Proteinbasis, z.B. Fa. Curesco; vollkommen fluorfrei; *Anmerkung: deren Löscheigenschaften werden seitens einiger Teilnehmer angezweifelt. Gefahrenabwehr hat Vorrang, Antwort: Es ist eine Diskussion, wie sie bei der Verwendung von Asbest oder PCB auch geführt wurde.*
- Juristische Hilfestellung zu Allgemeinverfügung (Nutzungsverbot von Grundwasser aus Gartenbrunnen; Stadt Düsseldorf) und Verzichtsempfehlung (Kreis Raststatt).
- Forschungsverbund (ausreichend finanzielle Ausstattung 25 Mio €) mit Einbindung des Vollzugs (z.B. wie KORA) wird als erforderlich gesehen.

Vermerk

Betreff: **Workshop 2:** Erfahrungen aus der Sanierungsvorbereitung (Ableitung von Sanierungszielen, Anforderungen an die Aufbereitung, Verwertung und Entsorgung)
Anlass: PFC-Workshop beim BEW Duisburg am 25.09.2017

Zum Einstieg in das Thema erfolgte eine Vorstellungsrunde, bei der auch die Erwartungen der Teilnehmer an den Workshop mitgeteilt wurden. Hierzu wurden folgende Stichworte genannt und diskutiert:

- Die Definition von Sanierungszielen für Boden und Grundwasser ist aufwändig und immer eine Einzelfallentscheidung
- Welche Sanierungsziele werden angestrebt/sollen erreicht werden. Werden dabei Einzelstoffe berücksichtigt?
- Welche Sanierungszielwerte gibt es für Boden und Grundwasser?
- Die Zusammenstellung von Sanierungszielwerten erfolgt durch LfU Bayern für den Workshop am 21.11.2017 in Aschaffenburg
- Werden überhaupt Sanierungszielwerte gebraucht?
- Können Sanierungsziele und/oder Sanierungszielwerte im Laufe der Sanierungsmaßnahme verändert werden?
- Wie kann man Ziele verhältnismäßig erreichen?
- Können langfristige Zielwerte festgelegt werden?
- Der Umgang mit neuen Schadensfällen ist zu klären (30 – 40 % der fluorierten Verbindungen sind nicht erklärbar, Stichwort AOF bzw. Precursor)
- Die Entwicklung von Sanierungsstrategien muss vorangetrieben werden
- Strategien zur Vermeidung solcher Schadensfälle sind erforderlich
- Wie geht man mit der Verwertung und Entsorgung von PFC-belastetem Aushub um?
- Wie soll mit großflächigen PFC-Bodenbelastungen, insbesondere auch bei Neu-nutzung der Flächen, umgegangen werden?

Zu den einzelnen Themen sind nachfolgend die Ergebnisse zusammengefasst.

1 ABLEITUNG VON SANIERUNGSZIELEN

1.1 Welche Sanierungsziele liegen den Sanierungsmaßnahmen zugrunde?

- Die Herstellung des guten chemischen Zustandes (Grundwasserleiter) nach dem Stand der Technik muss mit verhältnismäßigem Aufwand erfolgen.
- Der Erhalt der vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten (untersagte Grundwassernutzungen wieder zulassen können), insbesondere der Eignung für die Trinkwassergewinnung hat Priorität.
- Eine Priorisierung der Schäden nach Umfang und Bedeutung der Grundwassernutzung, Anzahl betroffener Grundwassernutzer sowie Art und Intensität der Betroffenheit der Grundwassernutzer ist erforderlich.

- Die Möglichkeit der Anpassung/Überprüfung der Sanierungsmaßnahmen bei langen Laufzeiten der Maßnahmen muss geschaffen werden.
- Die Berücksichtigung von Precursor-Verbindungen muss i.d.R. erfolgen.

1.2 Welche Sanierungszielwerte sind erforderlich, um die Sanierungsziele zu erreichen?

- Die Bewertung erfolgt über Boden-Eluat-Konzentrationen (2:1) und die Quotientenregel ≤ 1 .
- Rhein-Sieg-Kreis: Bei der Anwendung der Quotientenregel (≤ 1) ist keine Konstanz des Einzelwertes aufgrund der Weiterentwicklung der Analytik (Stichwort: Precursor) gegeben; nach der Quotientenregel sind ca. 90 % der Schäden im Rhein-Sieg-Kreis zu sanieren.
- „Erreichbare Ziele“ in überschaubaren Zeiträumen müssen definiert werden.
- Eine Differenzierung kleinräumiger und flächiger Bodenverunreinigung kann über die Abgrenzung der Bodenbelastung durch die Quotientenregel erfolgen.
- Bei großflächigen Schäden sollten eher Strategien für die Sanierung entwickelt werden als auf Zahlenwerte für die Sanierung zu schauen.
- Stichwort „Sanierungsplangebiet“: Was soll geregelt werden? - Ist eine Sicherung des Bodens sicher? - Wo lege ich das Gebiet an (z.B. vor dem Hintergrund bestehender Wasserschutzonen)? - Langfristiges Monitoring muss definiert werden (wer, was)?

2 ERFAHRUNGEN BEI DER AUSWAHL GEEIGNETER BODENSANIERUNGSVERFAHREN

- Eine Bewertung erfolgt über Boden-Eluat-Konzentrationen (2:1) und die Quotientenregel.
- Eine tiefendifferenzierte Betrachtung des Schadens sollte erfolgen (Kreis Viersen).
- Beispiel: 15.000 m² belasteter Boden bis 6 m tief reichend → Kombination von Aushub (unvollständig) und hydraulischer Sicherung (Rhein-Sieg-Kreis).
- Bei relativ kleinräumigen abgrenzbaren Bodenbelastungen (über Quotientenregel) kann ein Bodenaushub erfolgen.
- „Bodenmanagement-Maßnahmen“ bei großflächigem Schaden (BIMA)
 - Verdichtung PFC-belasteter Böden
 - Unterbindung Sickerwasserpfad.
 Welche technischen Anforderungen und rechtlichen Regelungen wären an dezentrale Lager PFC-belasteter Böden zu stellen?
- Der Mangel an geeigneten Entsorgungseinrichtungen wird festgestellt.

3 ANFORDERUNGEN AN SANIERUNGSVERFAHREN BZW. DIE AUFBEREITUNG PFC-BELASTETEN GRUNDWASSERS

- Rhein-Sieg-Kreis: derzeit nur Bauwasserhaltungen relevant
 - Einleitung in das Grund- oder Oberflächengewässer,
 - 100 ng/l Σ PFC (10er Liste LANUV) für Einleitung,
 - beladene Aktivkohle in die Hochtemperaturverbrennung, Eisen kein Problem.
- (Düsseldorf): Einleitung in Oberflächengewässer
 - <20 ng/l PFOS, mindestens 90%ige Abreinigung der Schadstoffe, Reststoffe (z.B. Eisenschlamm) in die Hochtemperaturverbrennung.
- (BaWü): 100 ng/l pro Einzelstoff PFC, ggf. Aktivkohle nach Reaktivierung für 4. Reinigungsstufe in Kläranlagen verwenden.
- (Bayern): Beladene Kohle geht in die Hochtemperaturverbrennung. Wenn es machbar ist, dann erfolgt eine Reinfiltration des Reinwassers ins Grundwasser (oberstromige Einleitung). Sonst erfolgt die Einleitung in das Oberflächengewässer. Hierzu wurde darauf hingewiesen, dass praktisch alle Oberflächengewässer PFOS-Konzentrationen oberhalb der Qualitätsnorm nach Oberflächengewässerverordnung aufweisen würden. Es ist zu klären, ob dieser Hinweis zutreffend ist!

4 ANFORDERUNGEN AN DIE VERWERTUNG/ENTSORGUNG

- (Bayern): Hier existieren derzeit keine Deponiekapazitäten.
 - Weiter Transport notwendig. Wie nachhaltig ist das?
 - Ist ein „Liegen lassen“ des belasteten Bodens tragbar?
 - Umgang mit bautechnischem Bodenaushub ist unklar, das sind Einzelfallentscheidungen.
 - Annahme, dass bis 500 m³ Boden vor Ort wieder eingebaut werden können (Baumaßnahmen), ohne dass eine starke Veränderung in der Fläche erfolgt (keine Flächenverschlechterung).
- (MKULNV): gebietsbezogene Regelungen sind zu treffen; „Gleiches zu Gleichem“ („Bodenmanagement“).
- (Kreis Viersen): Anpassung der LAGA erforderlich.
- (Stadt Düsseldorf): Böden aus der Sanierung für eine Verwertung ungeeignet, in vorbelasteten Gebieten Einbau mit Belastungen < 300 ng/l unter definierten Randbedingungen.
- Aufgrund begrenzter Deponiekapazitäten ist die Ablagerung PFC-belasteter Böden mit erheblichem Aufwand und erheblichen Kosten verbunden, wenn es überhaupt gelingt, eine Ablagerungsmöglichkeit zu finden
- (Baden-Baden): Es erfolgt die Verlagerung der Grundwasserabreinigung in die Trinkwasseraufbereitung, da die Verunreinigungen zu großflächig sind

5 SONSTIGES / WEITERFÜHRENDE FRAGESTELLUNGEN

- PFC → Es sind „Vorbote“ für weitere Stoffe, die ähnlich problematisch sind.
- Im Zusammenhang mit den Precursor-Substanzen wurde angemerkt, dass die Kläranlagen PFC „produzieren“, da Precursor-Verbindungen durch komplexe „mikrobielle Transformation“ zu PFT um(ab)gebaut werden können (LfU Bayern).
- Es müssen allgemeingültige Regelungen hinsichtlich der Bewertung der PFC getroffen werden wie für andere Stoffgruppen, z. B. PAK.
- Eine Beschränkung der Bepflanzung von Flächen / Verzehrbeschränkungen als Vorsorgemaßnahme (Stichwort: Vorerntemonitoring) ist im Einzelfall erforderlich.
- Precursor-Schäden sind jünger als das Jahr 2000, Löschsäume und Anwendung von Schäumen in der Galvanik mit Precursor-Verbindungen sind bei Schäden mit einem Alter < 15 Jahre relevant (LfU Bayern).
- Bei Analyseverfahren zu PFC besteht Forschungsbedarf:
 - TOP-Verfahren erfolgversprechend,
 - Stoffbezogene Ansätze entwickeln für einzelne Gruppen → Screening-Verfahren,
 - Bündelung der Aktivitäten zu Precursor-Verbindungen.
- Die Sachstandsberichte der Länder sind bei der UMK angekommen → in Kürze erfolgt eine Veröffentlichung über das UBA.
- Eine Bund-Länder-AG ist geplant.
- Länderspezifische Regelungen zum Umgang mit PFC-Verunreinigungen sind nur die zweitbeste Lösung!
- Einheitliche Regelungen zur Bewertung von PFC-Verunreinigungen von Boden und Grundwasser wären hilfreich.
- Einheitliche Anforderungen an Sanierungsmaßnahmen werden entwickelt; einheitliche Kriterien für Sanierungsmaßnahmen, die dem Stand der Technik entsprechen, müssen definiert werden.
- Welche technischen Sicherungsmaßnahmen sind geeignet, eine PFC-Verlagerung in den Boden und vom Boden aus der ungesättigten in die gesättigte Bodenzone und das Grundwasser zu vermeiden?

Vermerk

Betreff: **Workshop 3:** Erfahrungen mit der technischen Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen
Anlass: PFC-Workshop beim BEW Duisburg am 25.09.2017

In der Diskussion des Workshops 3 haben sich folgende wesentliche Aspekte hinsichtlich der im Vorfeld abgefragten Fälle ergeben:

Fallspezifische Aspekte

- Von den gemeldeten 13 Fällen haben bei 8 Quellensanierungen mit Bodenaushub stattgefunden. Der Aushub erfolgte nicht primär zur Beseitigung der PFC, diese wurden als bekannte oder unbekannte Begleitkontaminationen ebenfalls entfernt.
- In 5 der Fälle wurde bzw. wird eine Fahnenanierung bzw. ein Grundwassermonitoring (3 Fälle) ohne weitere aktive Maßnahmen durchgeführt.
- Die Schadensfälle sind durch punktuelle Einträge entstanden (Einsatz von Löschmitteln bei Übungen oder Bränden, Betriebsgelände Galvaniken)
- Vereinzelt sind Sanierungsmaßnahmen für andere Parameter (LHKW, CrVI) beendet worden, bei denen in Nachuntersuchungen dann PFC festgestellt wurden, die weiteren Sanierungsbedarf ergeben haben.

Juristische Aspekte

- Ordnungsverfügungen bzw. Sanierungsanordnungen sind bei PFC-Fällen wegen der vielen Unbekannten schwierig für die Behörden zu formulieren und werden nach der Erfahrung der Beteiligten des Workshops 3 zwar ausgesprochen, aber immer gerichtlich beklagt.
- Problematisch ist, wenn bereits behördlich festgestellt sanierte Schäden wieder bearbeitet werden müssen wegen des Nachweises von PFC, v.a. wenn ein öffentlich-rechtlicher Vertrag im Vorfeld geschlossen wurde, in dem andere Parameter definiert wurden (LCKW, andere).
- Unklar ist der Umgang mit Schäden, die entweder vor oder nach dem Verbot der PFC-haltigen Löschschäume eingetreten sind.

Aufbereitungstechnische Aspekte

- Eine genaue Erkundung des Schadens, des Stoffspektrums und der möglichen Sanierung ist aufwändig und teuer, ist aber gut investiert, weil zielgerichtet saniert werden kann. Eine Schritt-für-Schritt-Vorgehensweise ist sinnvoll und angemessen.
- Vorversuche und Pilotanwendungen zur Aufbereitung sind unbedingt erforderlich, Begleitstoffe und Störstoffe müssen berücksichtigt werden.
- Die anfallenden Reststoffe (Eisenschlamm, beladene Aktivkohle usw.) müssen berücksichtigt werden. Bei der Reaktivierung von Aktivkohle muss sichergestellt werden, dass mit Nachverbrennung der Abluft gearbeitet wird (>1.200 °C). Alternativ bleibt nur die Hochtemperaturverbrennung.

- Grünschnitt aus mit PFC belasteten Flächen muss ggf. ebenfalls verbrannt werden.
- Die Definition von Sanierungszielwerten kann an Einzelstoffen, der Summenregel und Eliminationsraten festgemacht werden. Je nach Festlegung erhöht sich der Aufwand für den Anlagenbetrieb und die Anforderungen an die Technik und Aktivkohle. GFS oder GOW sind in der Regel keine Sanierungszielwerte.
- In-Situ-Sanierungsverfahren und mikrobiologische Sanierungsverfahren sind derzeit nicht in Sicht für die PFC-Sanierung. Der Einsatz von Nano Eisen wird diskutiert, aber die Wirkungsweise ist nicht bekannt.
- Gängige Verfahren für die Aufbereitung von Grundwasser sind Aktivkohle verschiedener Arten inkl. Spezialverfahren (Perfluor AD), Ionentauscher, Oxidation mit Peroxid und Ozon
- Deponierung von Boden ist nur für geringe Mengen möglich und nicht einheitlich geregelt.

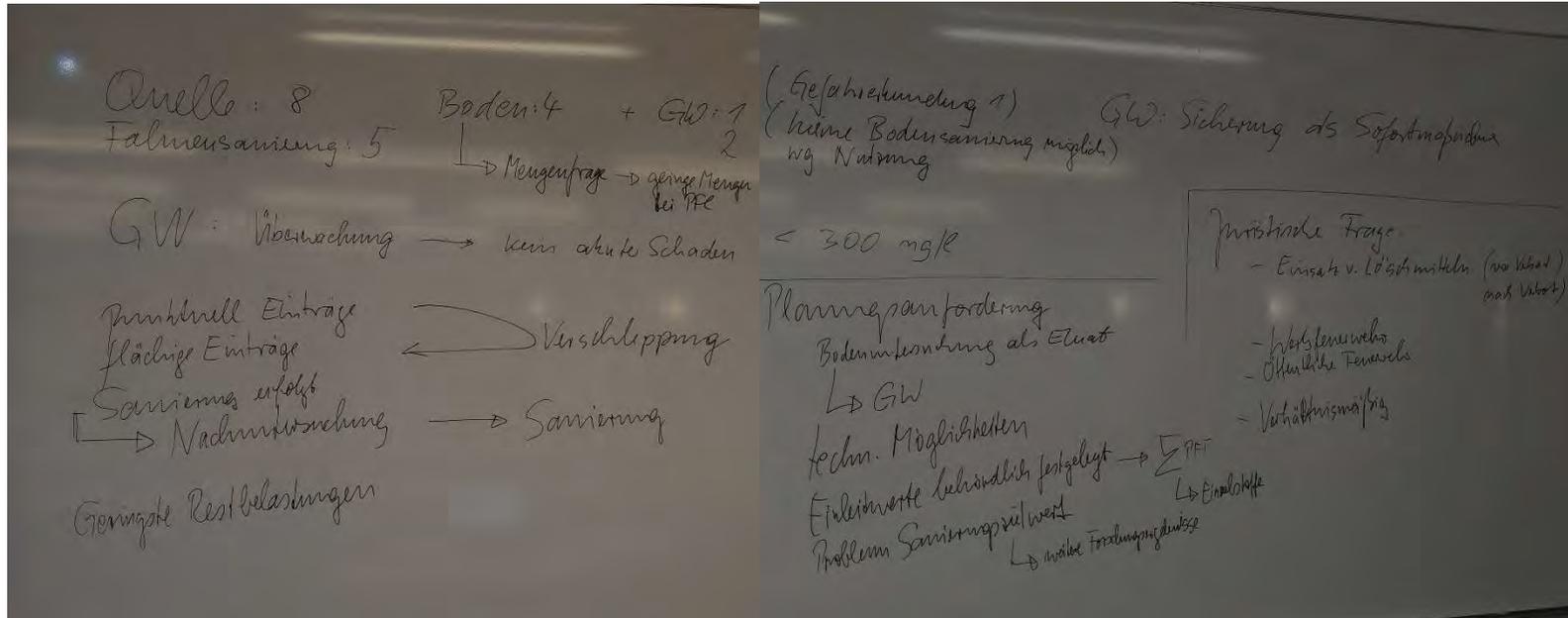
Forschungsbedarf

- Es sind noch viele Fragen in Bezug auf Persistenz und Auswirkungen von PFC auf die Umwelt zu klären. Hierzu sind Forschungsvorhaben geeignet.
- Der Abbauverhalten einzelner PFC muss erkundet werden.
- Die Aufbereitungsmöglichkeiten von belastetem Grundwasser sollten wissenschaftlich untersucht werden.
- Möglichkeiten zur In-Situ-Sanierung (z.B. Bodenwäsche) müssen untersucht werden, v.a. um Deponieraum zu erhalten.

Weitere Aspekte

- Wissensmanagement ist ein wichtiger Baustein der Bearbeitung von PFC-Projekten. Für die Erkundung, Bewertung und Sanierung von sollten alle Beteiligten auf einem gleichen Wissenstand sein, so wird vermieden, dass an verschiedenen Stellen die gleichen Fehler gemacht werden. Gleichzeitig können so Kosten eingespart werden und das Vorgehen im Umgang kann sich vereinheitlichen.
- Neuschäden müssen durch Aufklärung vermeiden werden (Schulungen bei Feuerwehren usw.)

Fotos der Flipcharts



Anlagentechn. Auslegung

Werte anforderung

GFS-Werte

GOW

Anreicherungszielwerte

Größe

Durchsatz

org. + anorg. Belastung

↳ Aktivkohle

Oxidation - Peroxid + Ozon

Absorption - Perfluor Ad + natü. Adsorption

Komb. Ionenaustauscher + Aktivkohle

Nano Fe

PROFFICE

Schadstoff-Konzentrationen

↳ Eliminationsraten

hoher org. Hintergrund

↳ weniger Adsorbierbarkeit

Pilotversuche → → Reststoffmengen

PFC in Eisenschlämmen in der
(PFOS) GW-Anlage

PROFFICE

Sanierungsvorlauf

viele Fragen in Bezug auf
die Resistenz der PFT
sind zu klären.

PFC - Neben → Ausstieg von PFT

Summenregel → höhere Anlagentechnik

Ordnungsvorgängen / Anforderung

Schwierig zu definieren
fachlich- verfahrenstechnisch

Sanierung / Kosten

GW-Anforderung → Pilotversuche

(?) Kosten → Langzeit

Keine in-situ-Sanierungsverfahren

" mikrobiologische "

Bodensenkung

- nur für geringe Mengen
- in separaten Bereichen

Aktivkohlen - Entsorgung

- Desorption ($\sim 600^\circ\text{C}$) mit Nachverbrennung $> 1100^\circ\text{C}$
(Abgasreinigung) Nachprüfung!
- LITV

↳ alle Reststoffe (z.B. Eisenkammer)
(Anlagenleite)
Gründrill