



**Thomas Egloffstein
Gerd Burkhardt
Katrin Schumacher**

icp@icp-ing.de
www.icp-ing.de

**Entsorgung PFC-belasteter Böden –
Langfristige Kapazitäten auf Deponien**

GAB-/ITVA-Altlastensymposium
2019

Keine Angaben zu PFC in:

- Trinkwasserverordnung zu Grenzwerten,
- Grundwasserverordnung zu Schwellenwerten,
- Bundes-Bodenschutzverordnung zu Sickerwasserprüfwerten

Angaben zu PFC

- **Trinkwasserkommission des UBA** setzte 2006 **Ziel-, Leit- und vorsorgliche Maßnahmenwerte** fest. Eine Aktualisierung der Empfehlung durch **Vorsorge-, Leit- und gesundheitliche Orientierungswerte (GOW)** erfolgte im Januar 2017
- **Düngemittelverordnung** vom 05.12.2012 gesetzlicher Grenzwert für PFC (Klärschlamm) von: **100 µg/kg Trockenmasse** (\sum PFOS+PFOA)
- **Oberflächengewässerverordnung** (OgewV) vom 20.06.2016, die Umweltqualitätsnormen (UQN) für **PFOS** (9,1 µg/kg für Biota (Fische); **0,65 ng/L** für Wasser) zum Schutz des Menschen beim Fischverzehr enthält
- Oberflächengewässer **Einleitwerte für Abwasser in NRW** (Orientierungswerte): \sum 2 PFT (**PFOA+PFOS**): **0,3 µg/L** und \sum **aller PFC** (14 PFC): **1,0 µg/L**

Quellen: Osterauer 2017, LfU Bay. 2017

Gesundheitliche Trinkwasserhöchstwerte unterschiedlicher Kategorien für Perfluorverbindungen (PFC) gemäß Trinkwasserkommission des Umweltbundesamt (Stand 09/2016)

Stoff	Allg. Vorsorgewert VW [$\mu\text{g/l}$] (gilt als allgemeine Zielvorgabe für Rohwasser, Trinkwasser und Gewässer)	Gesundheitlich lebenslang duldbarer Trinkwasserleitwert (LW) [$\mu\text{g/l}$] (gemäß TrinkwV toxikologisch abgeleiteter Wert)	Gesundheitlicher Orientierungswert GOW [$\mu\text{g/l}$] für das Trinkwasser (gilt jeweils vorläufig, bis ein LW existiert)	Additionsregel für PFC-Stoffgemische gemäß TRGS 403 (Quotientensumme, dimensionslos)
DIN 38414-14				
1 Perfluorooctansäure PFOA	<=0,1*	0,1		1,0**
2 Perfluorooctansulfonsäure PFOS		0,1		
3 Perfluorbutansäure PFBA		10		
4 Perfluorbutansulfonsäure PFBS		6		
5 Perfluorpentansäure PFPA		--	3,0	
6 Perfluorpentansulfonsäure PFPS		--	1,0	
7 Perfluorhexansäure PFHxA		6		
8 Perfluorhexansulfonsäure PFHxS		0,1		
9 Perfluorheptansäure PFHpA		--	0,3	
10 Perfluorheptansulfonsäure PFHpS		--	0,3	
11 Perfluornonansäure PFNA		0,06		
12 Perfluordecansäure PFDA		--	0,1	
13 Perfluorooctansulfonamid, PFOSA		--	0,1	
14 6:2 Fluortelomersulfonsäure H4PFOS		--	0,1	

Trinkwasser

Die Bewertung basiert auf den aktuellen Empfehlungen des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission (TWK) vom 20.09.2016. Für die Bewertung und Ausrichtung eventuell erforderlicher Vorsorgemaßnahmen in Bezug auf das Schutzgut Trinkwassergewinnung sind folgende Werte wichtig:

* Der Wert von = 0,1 $\mu\text{g/l}$ dient dem Reinheitsanspruch gemäß DIN 2000 für Trinkwasser sowie dem hygienischen Prinzip der Minimierung vermeidbarer Belastungen im Trinkwasser unter Bezug auf § 6(3) TrinkwV 2001 und auch der rechtlichen Konkretisierung des **ALARA**-Prinzips (**As Low As Reasonably Achievable**). Nach dem ALARA-Prinzip soll der Gehalt einer Substanz, die aufgrund ihrer Eigenschaften ein gesundheitliches Risiko für den Verbraucher darstellen kann, in einem Lebensmittel (hier: Trinkwasser, Trinkwasserressource) so weit minimiert werden, wie dies „vernünftigerweise“ möglich ist. **Für bisher nicht bewertete oder nur teilbewertete PFC wird vorsorglich und hilfweise der VWa <= 0,1 $\mu\text{g/l}$ verwendet. Dieser Wert dient gemäß den Empfehlungen der Trinkwasserkommission (2007) zugleich als langfristig zu erreichendes Mindestqualitätsziel für die Summe aus PFOA, PFOS und ggf weiterer PFC („Summe aller PFC“).**

** Zur Bewertung von Stoffsummen kann die zusätzliche Berücksichtigung der **Additionsregel gem. TRGS 403** mit dem LW (bzw. GOW) als Bezugswert erfolgen: Zunächst ist für jede einzelne Komponente der Quotient aus gemessener Konzentration und dem zugehörigen, stoffspezifischen GOWx bzw. LWTW zu errechnen. Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze bleiben dabei unberücksichtigt. Wenn danach als Summe aller Quotienten ein Wert von „kleiner oder gleich 1“ (dimensionslos) erhalten wird, ist das betreffende Trinkwasser lebenslang gesundheitlich duldbar. Bei Summen „größer 1“ sollten vorsorglich Maßnahmen durchgeführt werden, die geeignet sind, die PFC-Konzentrationen soweit zu reduzieren, dass die Quotientensumme auf einen Wert unterhalb von 1 verringert wird.

LAWA: GFS-Werte für PFC der ersten Priorität (2017)

GFS für PFC der ersten Priorität (Begründung zur Prioritätensetzung siehe Kapitel 3, zum Verständnis der GOW wird auf die Ausführungen in LAWA 2010, Kapitel 4.4 verwiesen)

Lfd. Nr.	Name, Abkürzung (CAS-Nr.)	GFS [µg/L]	Basis [µg/L]	
			Humantox.	Ökotox.
1	Perfluorbutansäure, PFBA (375-22-4)	10	10	1.260
2	Perfluorpentansäure, PFPeA (2706-90-3)	-	-(GOW: 3,0)	320
3	Perfluorhexansäure, PFHxA (307-24-4)	6	6	1.000
4	Perfluorheptansäure, PFHpA (375-85-9)	-	-(GOW: 0,3)	-
5	Perfluoroktansäure, PFOA (335-67-1)	0,1	0,1	570
6	Perfluornonansäure, PFNA (375-95-1)	0,06	0,06	8
7	Perfluordecansäure, PFDA (335-76-2)	-	-(GOW: 0,1)	10
8	Perfluorbutansulfonsäure, PFBS (375-73-5)	6	6	3.700
9	Perfluorhexansulfonsäure, PFHxS (355-46-4)	0,1	0,1	250
10	Perfluorheptansulfonsäure, PFHpS (375-92-8)	-	-(GOW: 0,3)	-
11	Perfluoroktansulfonsäure, PFOS (1763-23-1)	0,1	0,1	0,23
12	H4-Polyfluoroktansulfonsäure, H4PFOS (27619-97-2)	-	-(GOW: 0,1)	870
13	Perfluoroktansulfonamid, PFOSA (754-91-6)	-	-(GOW: 0,1)	-

LAWA – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (2017): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) => Anm.: Nr. 6 PFPS fehlt gegenüber gesundheitliche Trinkwasserhöchstwerte

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

TW LW = GFS = PW E-BBodSchV

Prüfwerte für organische Stoffe für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser am Ort der Probennahme und im Sickerwasser am Ort der Beurteilung (Tabelle 3)

Ergänzend zu den bisher geregelten organischen Schadstoffen wurden Prüfwerte abgeleitet für (u. a.)...

...sieben Einzelstoffe aus der Gruppe der poly- und perfluorierten Chemikalien (PFC). Die Werte für die Vertreter der Stoffgruppe der PFC sind humantoxikologisch begründet.

Nitropenta (Pentaerythryltetranitrat (PETN))	10
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

Tabelle 3: Prüfwerte für organische Stoffe für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser am Ort der Probennahme und im Sickerwasser am Ort der Beurteilung

Wie PFC in Deutschland in den Focus kamen



commons.wikimedia.org

Ursachen für den PFC Schadensfall Baden-Baden Rastatt / Mannheim

Ursache 2 (Ursache 1 Brandschadensfall mit PFOS-haltigem Feuerlöschschaum (2010))

- Im Rahmen von Schutzgebietsuntersuchungen eines Wasserversorgers wurde 2012/2013 weitere PFC-Belastungen im Raum RA-Raental und BAD-Sandweier im Grundwasser entdeckt.
- Diese Verunreinigungen bei BAD-Sandweier standen nicht im Zusammenhang mit dem Brandereignis vom Februar 2010
- Weitere GW-Untersuchungen einer Wasserversorgungsanlage bei Hügelsheim Ende 2013 ergaben ebenfalls PFC-Belastungen
- **PFC-Spektrum:**
 - a) **Brandschaden (PFOS, PFHxS, PFBS)**
 - b) **Umfeld (PFOA)**
- Weitere Nachforschungen:
LK Rastatt und SK Baden-Baden rund 560 ha verunreinigte landwirtschaftliche Felder
→ Verunreinigung Grundwassers und Trinkwasser
- Potentielle Precursor (Vorläufersubstanzen): 2 Vertreter der Polyfluorierten Alkylphosphate (PAP)

Mannheim:

- Anfang 2015: Entdeckung von 244 ha belasteter Felder im Raum Mannheim
→ Boden- und Grundwasserkontamination, Trinkwasser nicht betroffen

→ Flächenmäßig größter Umweltschadensfall Deutschlands

Quellen: Teichmann 2016, Osterauer 2017, Stadt Mannheim 2018

PFC-Belastung von Böden und Grundwasser im Raum Baden-Baden, Rastatt

Vermutete Ursache:

- Aufbringung von Papierschlämmen auf landwirtschaftliche Flächen, z.T. jährlich mehrere Dezimeter hoch
- Teilweise ohne Zugabe von Kompost
- Zeitraum der Ausbringung: ca. 2000-2008

PFC in der Papierindustrie:

- Primärpfad: Lebensmittelverpackungen / Spezialpapier
- Sekundärpfad: Altpapier
- Einsatzstoffe: Polyfluorierte Alkylphosphate (PAP)
 - Analytisch nicht bestimmbar
 - Vorläufersubstanzen zu analysierbaren Abbauprodukten



PFC-Belastung von Böden und Grundwasser im Raum Baden-Baden, Rastatt



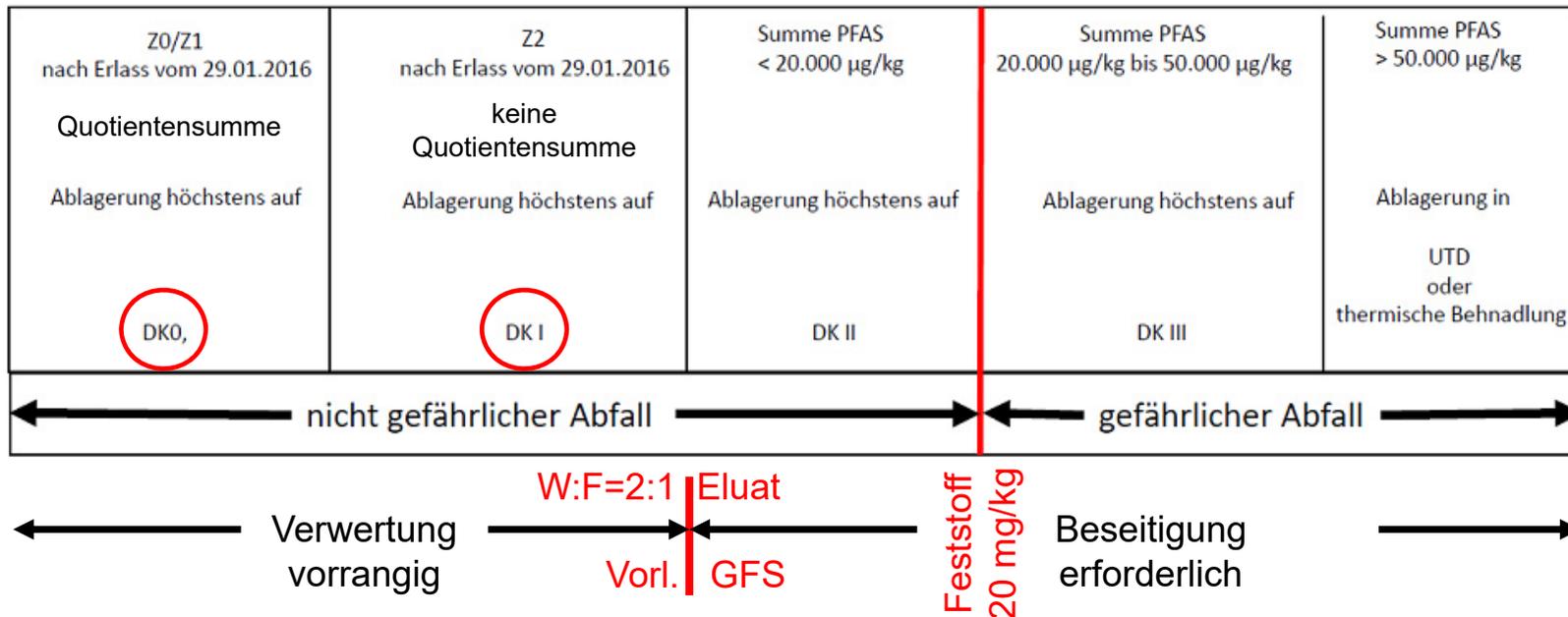
27.06.2018

Erfahrungen aus der PFC-Fallbearbeitung im Raum Rastatt/Baden-Baden

Quelle: Krakau 2018

Abgrenzung Verwertung / Beseitigung von PFC-belasteten Abfällen in BW (Erlass 2016)

Abgrenzung der Verwertungs- und Deponieklassen sowie zwischen gefährlich und nicht gefährlich



Quelle: Ergänzt nach Homepage des Regierungspräsidiums Karlsruhe
https://rp.baden-wuerttemberg.de/rpk/Abt5/Ref541/PFC/Seiten/Verwertung_Entsorgung_Lagerung_PFC.aspx

Zeitweilige Lagerung

Die zeitweilige Lagerung von belastetem Bodenmaterial fällt je nach Belastung ab 30 t unter den Anwendungsbereich des Bundes-Immissionsschutzrechts (4. BimSchV 2013). Die genehmigungsbedürftigen Anlagen sind so zu errichten und betreiben, dass schädliche Umwelteinwirkungen nicht hervorgerufen werden können. Hier bietet sich die Lagerung unter Dach oder eine offene Lagerung auf flüssigkeitsdichten Flächen mit Abdeckung/ Sickerwassererfassung an.

Erlass Umweltministerium Baden-Württemberg vom 08.04.2019



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
Postfach 103439 • 70029 Stuttgart

Regierungspräsidien:

Stuttgart

Karlsruhe

Freiburg

Tübingen

Stuttgart 08.04.2019

Name Peter Dihlmann

Durchwahl 0711 126-2691

E-Mail Peter.Dihlmann@um.bwl.de

Aktenzeichen 25-8980.05/15

(Bitte bei Antwort angeben!)

nachrichtlich:

Stabsstelle PFC beim Regierungspräsidium

Karlsruhe

Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg

Griesbachstraße 1

76185 Karlsruhe

Sonderabfallagentur Fellbach

Welfenstraße 15

70736 Fellbach

 Entsorgung von PFC-haltigem Bodenaushubmaterial II

Erlass vom 29.01.2016; Az.: 25-8980.05/15

Der Erlass vom 29.01.2016, Az.: 25-8980.05/15 wird hinsichtlich der Beseitigung (insbesondere Nr. 5-7) aufgehoben und diesbezüglich nachstehend neu gefasst.

1. Obergrenze für die oberirdische Deponierung

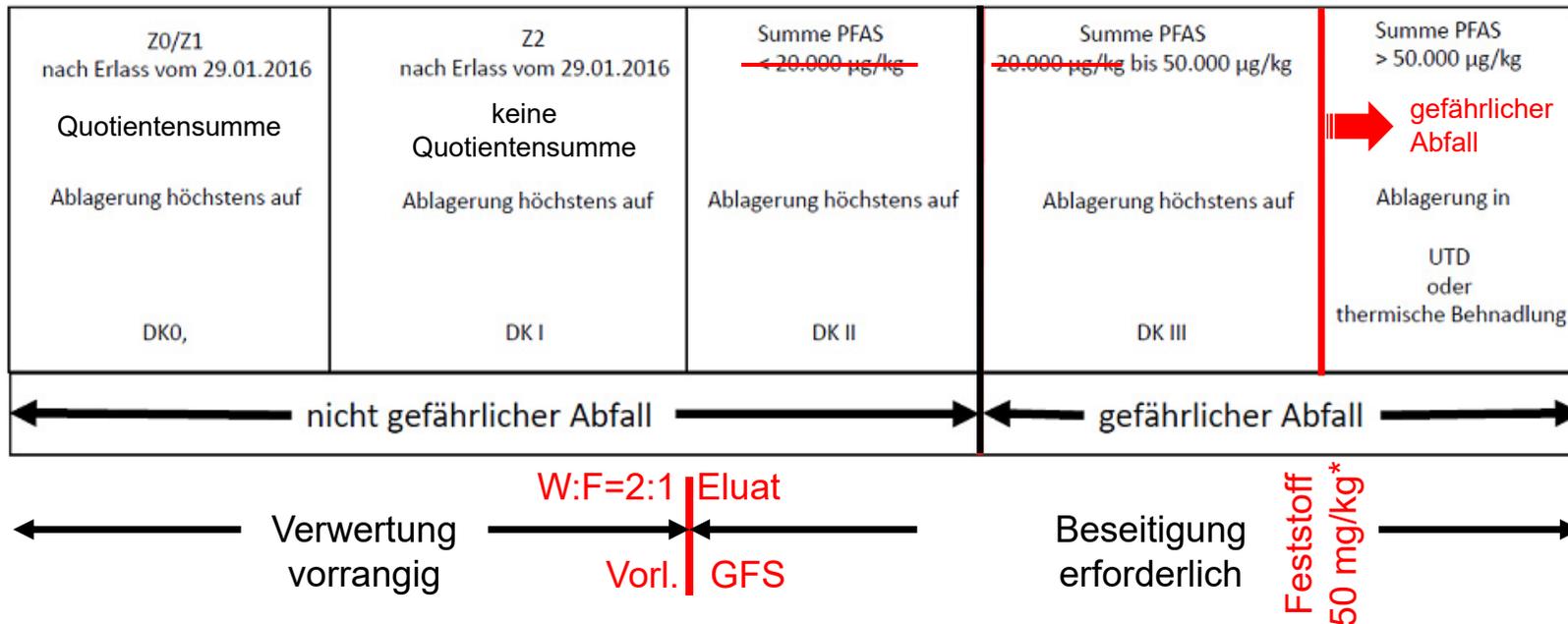
Nach der EU-Verordnung Nr. 1342/2014 ist **ab einem PFOS-Gehalt von 50 mg/kg eine oberirdische Deponierung nicht mehr zulässig**. Dies bedeutet, belastetes Bodenmaterial mit höheren PFOS-Gehalten als 50 mg/kg darf nicht obertägig abgelagert werden. Diese Abfälle sind einer Vorbehandlung, einem Verwertungs- oder Beseitigungsverfahren gemäß Anhang V Teil 1 der Verordnung (EG) Nr. 850/2004 (EG POP-VO) zuzuführen. Alternativ kommt eine untertägige Entsorgung in Frage. Für andere PFC als PFOS existieren im Abfallrecht aktuell noch keine anwendbaren Regelungen. **Konservativ vereinfachend wird daher empfohlen, den bislang ausschließlich für PFOS geltenden Grenzwert von 50 mg/kg auch für die Summe der im konkreten Fall ermittelten PFC anzuwenden.**

4. Abgrenzung gefährlicher Abfall/nicht gefährlicher Abfall

Enthält das Bodenmaterial **mehr als 50.000 µg/kg (50 mg/kg) PFC**, ist der Bodenaushub als **gefährlicher Abfall** einzustufen und unterliegt im Falle der Beseitigung zusätzlich den Vorgaben der Sonderabfallverordnung (Andienungspflicht). Der Grenzwert von 50.000 µg/kg umfasst die **Summe der im konkreten Fall gemessenen PFC**.

Abgrenzung Verwertung / Beseitigung von PFC-belasteten Abfällen in BW (Erlass 2019)

Abgrenzung der Verwertungs- und Deponieklassen sowie zwischen gefährlich und nicht gefährlich



Quelle: Ergänzt nach Homepage des Regierungspräsidiums Karlsruhe
https://rp.baden-wuerttemberg.de/rpk/Abt5/Ref541/PFC/Seiten/Verwertung_Entsorgung_Lagerung_PFC.aspx

**Σ im konkreten Fall
gemessene PFC**

Zeitweilige Lagerung

Die zeitweilige Lagerung von belastetem Bodenmaterial fällt je nach Belastung ab 30 t unter den Anwendungsbereich des Bundes-Immissionsschutzrechts (4. BimSchV). Die genehmigungsbedürftigen Anlagen sind so zu errichten und betreiben, dass schädliche Umwelteinwirkungen nicht hervorgerufen werden können. Hier bietet sich die Lagerung unter Dach oder eine offene Lagerung auf flüssigkeitsdichten Flächen mit Abdeckung/ Sickerwassererfassung an.

Erlass „Entsorgung von Bodenmaterial aus PFC (PFAS)-belasteten Flächen“ vom 29.01.2016 und vom **08.04.2019** des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Einteilung anhand von Materialwerten:

Z0/Z1: Verwertung entsprechen den vorläufigen GFS-Werten für Grundwasser

- Es gilt das Sickerwasserkriterium ($W:F = 2:1$)
- Quotientensumme muss eingehalten werden ($\sum C_n / GFS_n \leq 1$)
- **Primäres Ziel ist die bodenähnliche Verwertung z.B. durch Verfüllung von Abgrabungen oder in technischen Bauwerken**
- Mindestabstand zum Grundwasser ≥ 1 m
- Verfüllungen mit einer 2 Meter starken unbelasteten oberen Abdeckschicht
- Kann auch auf DK 0 Deponien abgelagert werden

Z2: Höhere Einzelwerte (Faktor 3-4), keine Quotientensumme

- **Ziel ist die Verwertung in technischen Bauwerken**
- Kann auch auf DK I Deponien abgelagert werden

>Z2: Verwertung nicht zulässig => Beseitigung

\sum **PFAS > 50 mg/kg:** **Gefährlicher Abfall**, Oberirdische Ablagerung nicht zulässig

~~\sum **PFAS < 20 mg/kg:** Entsorgung auf DK II Deponien~~ **Die Einstufung von PFC-haltigem Bodenaushubmaterial nach bestimmten**

~~\sum **PFAS < 50 mg/kg:** Entsorgung auf DK III Deponien~~ **Deponieklassen ist nicht erforderlich. Die Deponierung von PFC-haltigem Bodenaushubmaterial setzt vielmehr voraus: 1. Spezielle Monobereiche, 2. gesonderte Sickerwasserfassung, 3. Basisabdichtung (MD oder Konvektionssperre), 4. Spezifisch auf die Elimination von PFC ausgerichtete Sickerwasserbehandlung, 5. Untersuchungsprogramm und Auslöseschwellenwerte für PFC sind festzulegen.**

Materialwerte für PFAS aus Eluaten
W:F=2:1 und Einbauweisen.
Z0/Z1 \triangleq vorl. GFS-Werten von 2015

Additionsregel bzw.
Quotientensummenregel
 $C_1/C_{Z0/Z1} + \dots + C_{13}/C_{Z0/Z1} \leq 1$

PFOSA Perfluorooctansulfonamid fehlt
gegenüber DIN 38414-14

Kongenerbezeichnung DIN 38414-14	Abkürzung	Verwertung durch Verfüllung von Abgrabungen oder in Technischen Bauwerken Z0/Z1	Verwertung in Technischen Bauwerken Z2
		µg/Liter im Perkolat/Filtrat W/F 2:1 aus Schüttelverfahren nach DIN19527 oder Säulenkurztest nach DIN19528	
1	2	3	4
1 Perfluoroktansulfonsäure*	PFOS*	0,23	-
1 Perfluoroktansulfonsäure	PFOS	0,3	1,0
2 Perfluoroktansäure	PFOA	0,3	1,0
3 6:2 Fluortelomersulfonsäure	H4PFOS	0,3	1,0
4 Perfluoromonansäure	PFNoA	0,3	1,0
5 Perfluordekansäure	PFDeA	0,3	1,0
6 Perfluorheptansulfonsäure	PFHpS	0,3	1,0
7 Perfluorheptansäure	PFHpA	0,3	1,0
8 Perfluorhexansulfonsäure	PFHxS	0,3	1,0
9 Perfluorhexansäure	PFHxA	1,0	4,0
10 Perfluorpentansulfonsäure	PFPeS	1,0	4,0
11 Perfluorpentansäure	PFPeA	3,0	12,0
12 Perfluorbutansulfonsäure	PFBS	3,0	12,0
13 Perfluorbutansäure	PFBA	7,0	28,0
weitere per- und polyfluorierte Substanzen*	- - -*	jeweils 1,0	Jeweils 3,0
Quotient		1	entfällt

* Einzelwert, nicht in Additionsregel einbeziehen

3. Hinweise zur Deponierung humoser Böden

Häufig sind die **humosen Oberböden** am stärksten mit **PFC** belastet, so dass deren Entsorgung angezeigt ist. Aufgrund des Humusgehaltes werden diese Böden in aller Regel die Zuordnungswerte für Organik (**TOC**) des Anhangs 3 Tab. 2 der Deponieverordnung nicht einhalten können. Für solche Fälle enthält die Deponieverordnung (DepV) in § 6 i.V.m. Anhang 3 Nr. 2 **DepV Ausnahmeregelungen**.

Bei einem TOC-Wert über 1 Masse-% (DKI) bzw. 3 Masse-% (DKII) kann bis zu einem TOC-Wert von 6 Masse-% in Anwendung des Anhang 3, Nummer 2 Satz 11 DepV eine Ablagerung auf einer Deponie erfolgen. Wenn ein **TOC von 6 Masseprozent** nicht überschritten wird, ist davon auszugehen, dass **bei Einhaltung des DOC-Wertes** (Parameter 3.02 nach Anhang 3 Nr. 2 DepV) i.d.R. **nicht mit einer erheblichen Deponiegasbildung zu rechnen ist** und die Bedingungen der biologischen Abbaubarkeit des Trockenrückstandes der Originalsubstanz sowie das **Brennwertkriterium (6000 kJ/kg TM nicht überschritten)** eingehalten sind. Ein **detaillierter Nachweis**, dass das Wohl der Allgemeinheit durch die Ablagerung dieses Abfalls nicht beeinträchtigt wird, ist bei ausschließlicher Überschreitung des TOC-Wertes bis max. 6 Masse-% **i.d.R. entbehrlich**.

Bei einem **TOC-Wert von mehr als 6 Masse-%** ist davon auszugehen, dass sowohl das Kriterium zur biologischen Abbaubarkeit des Trockenrückstandes der Originalsubstanz, als auch das Kriterium zum Brennwert (Ho) **nicht eingehalten werden**. Eine unmittelbare **Ablagerung (ohne Vorbehandlung)** kommt daher **i.d.R. nicht in Betracht**. Insofern ist in diesem Fall eine thermische Desorption oder geeignete **Behandlung** zu prüfen. Im Falle einer diesbezüglich beabsichtigten Ablagerung nach Anhang 3 Tabelle 2 Fußnote 3) DepV ist der zuständigen Behörde gegenüber **ein detaillierter Nachweis** zu erbringen, dass das Wohl der Allgemeinheit gemessen an den Anforderungen der Deponieverordnung durch die Ablagerung nicht beeinträchtigt wird.

„Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden“.
Bayerisches Landesamt für Umwelt (April 2017)

1 Verwertung von PFC-belasteten Bodenmaterial außerhalb von Deponien

Unbedenklich bzw. Z0: Zur Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen nach Bay. Merkblatt für Kategorie N(ass) und A

Z1.1: Ab Kategorie B ohne Anrechnung technischer Sorptionsschichten, mit Überwachungsprogramm (Eigen-, Fremd- u. Grundwasserüberwachung)

Für die Beurteilung des Grundwassers gilt ein Vorsorgewert von 0,75 des vorläufigen Schwellenwerts für PFC im Grundwasser

Z0: Zur Verwertung auch in technischen Bauwerken im uneingeschränkten Einbau

Z1.1: Zur Verwertung auch in technischen Bauwerken im eingeschränkten offenen Einbau

Z1.2 u. Z2: Zur Verwertung in technischen Bauwerken mit technischen Sicherungsmaßnahmen

„Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden“

Tab. 4: Zuordnungswerte für die Beurteilung des mit W:F=10:1 hergestellten Schüttel-Eluats (in Anlehnung an die LAGA M 20)

Additionsregel
Quotientensummenregel

$$C_1/C_{Z0/Z1/Z2} + \dots + C_7/C_{Z0/Z1/Z2} \leq 1$$

PFPS Perfluorpentansulfonsäure
fehlt gegenüber DIN 38414-14

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

„Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden“

Tab. 4: Zuordnungswerte für die Beurteilung des mit W:F=10:1 hergestellten Schüttel-Eluats (in Anlehnung an die LAGA M 20)

Stoff	Z 0 in µg/l	Z 1.1 / Z 1.2 in µg/l	(Z 1.2) Z 2 in µg/l
1 Perfluornonansäure PFNA	0,03	0,06	0,25
2 Perfluoroktansulfonsäure PFOS	0,05	0,1	0,4
3 Perfluoroktensäure PFOA	0,05	0,1	0,4
4 Perfluorhexansulfonsäure PFHxS	0,05	0,1	0,4
5 Perfluorhexensäure PFHxA	2,0	6,0	24,0
6 Perfluorbutansulfonsäure PFBS	2,0	6,0	24,0
7 Perfluorbutensäure PFBA	3,0	10,0	40,0
8 Perfluordekansäure PFDA ggf. Summe mit allen PFC > C10	0,1	0,1	0,4
9 H4-Polyfluoroktansulfonsäure H4PFOS	0,1	0,1	0,4
10 Perfluoroktansulfonamid PFOSA	0,1	0,1	0,4
11 Perfluorheptansulfonsäure PFHpS	0,3	0,3	1,0
12 Perfluorheptensäure PFHpA	0,3	0,3	1,0
13 Perfluorpentansäure PFPeA	3,0	3,0	12,0

GFS LAWA (2017)
LW TW BMG UBA (2016)
PW E-BBodSchV (2017)

GOW LAWA (2017)
GOW TW BMG UBA (2016)

PFPS Perfluorpentansulfonsäure
fehlt gegenüber DIN 38414-14

„Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden“.
Bayerisches Landesamt für Umwelt (April 2017)

2 Entsorgung von PFC-belasteten Bodenmaterial auf Deponien

DK0 (i.d.R. ohne Sickerwasserfassung) kann i.d.R. Z1.1 Material abgelagert werden.

DK III Obergrenze der POP-Verordnung für PFOS max. 50 mg/kg

Für die Summe aller nach Tabelle 4 untersuchten Einzelsubstanzen PFC (Eluat W:F=10:1) können **zur Orientierung** für eine mögliche Ablagerung auf abgedichteten Deponien für:

DK I Σ PFC \leq 50 μ g/l und für

DK II Σ PFC \leq 100 μ g/l

herangezogen werden.

Darüber hinaus muss in jedem Einzelfall die **Sickerwasserreinigung** hinsichtlich der notwendigen Schadstoffrückhaltung betrachtet werden. Das in die Vorflut einzuleitende Wasser muss die Anforderungen aus den **wasserrechtlichen Vorgaben erfüllen**.

Wenn **größere Mengen** PFC-haltigen Abfällen abgelagert werden sind **Auslöseschwellen** im Einzelfall durch die zuständige Behörde festzulegen. Zur Verringerung hoher PFC-Belastungen wird eine Prüfung gefordert, ob eine **Vorbehandlung** (z. B. thermisch oder Wäsche) oder die Ablagerung in besonders gesicherten Monobereichen (**Einkapselung** im eigentlichen Deponiekörper) möglich ist. Diese ist mit der Genehmigungsbehörde abzustimmen.

ALEX-Informationsblatt 29: Bodenschutz. Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) in der Umwelt (2017)

PFC-haltige Abfälle sind in Rheinland-Pfalz grundsätzlich nicht auf DK 0- und DK I-, sondern nur auf DK II-Deponien zu entsorgen. Die wenigen DK I Deponien in Rheinland-Pfalz verfügen nicht über die notwendige Sickerwasserreinigung. Für die **Summe** aller nach DIN 38414-14 untersuchten **14 Einzelverbindungen PFC** ist zur **Orientierung** für eine mögliche Ablagerung auf DK II-Deponien folgender Wert heranzuziehen (Eluat W:F=10:1):

DK II Σ PFC \leq 50 $\mu\text{g/l}$

Da bei einer Ablagerung auf Deponien das Sickerwasser für eine mögliche Verfrachtung von PFC in die Umwelt von entscheidender Bedeutung ist, kann der vorgenannte **Wert nur orientierenden Charakter** haben. Darüber hinaus muss **in jedem Einzelfall die Sickerwasserreinigung** hinsichtlich der notwendigen Schadstoffrückhaltung betrachtet werden. Das in die Vorflut einzuleitende Wasser muss die Anforderungen aus den wasserrechtlichen Vorgaben erfüllen.

Auslöseschwellen sind ggf. dann festzulegen, wenn erhebliche Mengen an PFC-haltigen Abfällen abgelagert werden.

Für Material mit hoher Schadstoffbelastung ist zu klären, ob durch eine **Vorbehandlung** (thermisch) eine Verringerung des Schadstoffgehaltes herbeigeführt werden kann.

Verfahrenshilfe zum Vollzug des Abfallrechts. Allgemeine Hinweise zum Betrieb von Deponien (2017):

Abfälle mit einer Belastung von bis zu **50 mg/kg PFOS** (Perfluorooctansulfonsäure) dürfen oberirdisch deponiert werden (DK III).

Abfälle ab einem Gehalt von \geq **10 mg/kg PFOS** sind als **gefährlich** einzustufen. Die Ablagerung solcher Abfälle ist damit im Regelfall auf Deponien der DK II nicht zulässig.

Für die Einhaltung der wasserrechtlichen Vorgaben für das in die Vorflut einzuleitende Abwasser sind nach derzeitigem Kenntnisstand für PFC-Verbindungen nur mehrstufige Aktivkohle- oder Umkehrosmoseverfahren geeignet.

„Ablagerungsempfehlungen für Abfälle mit organischen Schadstoffen – Vollzugshilfe“ (2011)

Aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse handelt es sich **bei Feststoffwerten unter 100 µg/kg** PFT um diffuse Belastungen mit nur geringer Umweltrelevanz. Die **Ablagerung** von Abfällen mit PFT - Gehalten unterhalb dieses Wertes ist daher **grundsätzlich möglich**.

Der Grenzwert für **PFOS** auf DK III Deponien beträgt Übergangsweise **50 mg/kg**.

Darüber hinaus ist keine generelle Festlegung differenzierter Feststoffwerte für einzelne Deponieklassen möglich, sondern es muss **im Einzelfall** anhand von **Eluatwerten** in Bezug zu dem für die **Gewässerbeurteilung** heranzuziehenden **Trinkwasserleitwert** von **0,3 µg/l**, insbesondere unter Berücksichtigung von Kriterien und Schutzmaßnahmen die Möglichkeit einer Ablagerung geprüft werden:

- Deponieklasse im Zusammenhang mit den **Dichtungssystemen**
- Art und Umfang der **Sickerwasserbehandlung**
- **Getrennte Ablagerung** in oberen Deponiebereichen
- **Sofortige Abdeckung** nach der Ablagerung

Abfallströme, die den Orientierungswert zur Ablagerung überschreiten können ggf. in einer **Untertagedeponie** für gefährliche Abfälle (Deponie der DK IV) abgelagert werden.

Für Abfälle mit sehr hohen Belastungen an organischen Schadstoffen: **thermische Behandlung** (Verbrennung in einer SAV, HMVA oder in geeigneten Kraft bzw. Zementwerken).

Je nach Belastungsgrad und Eigenschaft des Abfalls ggf. auch (z. B. Recycling, chemisch-physikalische Behandlung oder **Bodenbehandlung**) möglich.

Abgrenzung der Verwertungs- und Deponieklassen sowie zwischen gefährlich und nicht gefährlich in 5 Bundesländern

➔ BW NEU! ab hier gefährlicher Abfall

Baden-Württemberg	Z0/Z1 13 Einzelwerte Eluat 2:1 + Quotientensummen-/Additionsregel Ziel ist die Verwertung durch Verfüllung von Abgrabungen oder in technischen Bauwerken Ablagerung höchstens auf DK 0			Einstufung nach DK I oder DK II nicht erforderlich, sondern: 1. spezielle Monobereiche, 2. gesonderte Sickerwasserfassung, 3. Basisabdichtung, 4. spezifische SiWa-Reinigung, 5. Auslöseschwellen		DK III Summe 13 PFC ≤ 50.000 µg/kg Ablagerung höchstens auf auf DK III	DK IV Summe 13 PFC > 50.000 µg/kg Ablagerung in UTD oder thermische Behandlung
Bayern	Z0 13 Einzelwerte+ Additionsregel GFS Abgrabungen + Techn. Bauwerke	Z1.1 13 Einzelwerte+ Additionsregel GFS Abgrabungen + Techn. Bauwerke	Z1.2/Z2 13 Einzelwerte+ Additionsregel GFS Techn. Bauwerke mit Sicherungsmaßnahm.	DK I ≤ 50 µg/l Summe der Einzelsubstanzen PFC gemäß Tab. 4 zur Orientierung	DK II ≤ 100 µg/l	DK III bis max. 50.000 µg/kg PFOS	DK IV PFOS > 50.000 µg/kg Ablagerung in UTD oder thermische Behandlung
Hessen	keine Angabe zur Verwertung			DK I keine Angaben ≤ 10 mg/kg	DK II keine Angaben ≥ 10 mg/kg	DK III ≥10.000 - 50.000 µg/kg PFOS	DK IV PFOS > 50.000 µg/kg
Rheinland-Pfalz	Z 0 Keine Verwertung in unvorbelastete Gebieten. Innerhalb von vorbelasteten Gebieten in technischen Bauwerken mit Genehmigung im Einzelfall durch die zuständige Behörde nach Bewertung der 10:1 Eluatkonzentration	Z 1	Z 2	DK I keine Ablagerung auf DK I	DK II ≤ 50 µg/l Orientierungswert SiWa-Reinigung Einleitgrenzwerte	DK III keine Ablagerung	DK IV PFOS und ihre Derivate > 50.000 µg/kg Ablagerung in UTD oder thermische Behandlung
Nordrhein-Westfalen	Z0 / DK0 PFT < 100 µg/kg Ablagerung grundsätzlich möglich	Keine weiteren generellen Festlegungen		DK I Einzelfallentscheidung Eluatwerte Orientierung an Trinkwasserleitwert 0,3 µg/l	DK II	DK III PFOS bis 50.000 µg/kg	DK IV PFOS > 50.000 µg/kg Ablagerung in UTD oder thermische Behandlung
nicht gefährlicher Abfall						gefährlicher Abfall	
vorrangige Verwertung					Beseitigung erforderlich		

Derzeitige Annahmesituation auf Deponien

DK II Deponie, Rheinland-Pfalz

Gemäß der Orientierungswerte für Rheinland-Pfalz beträgt die max. zulässige **Eluatbelastung für DK II $\leq 50 \mu\text{g/l}$** . Zusätzlich darf der **Feststoffgehalt $1000 \mu\text{g/kg}$** nicht übersteigen. Die Preise betragen ca. **50 – 60 €/t** (netto) bei Anlieferung (2016/17). SiWa-Aufbereitung Biologie (Nitrifikation / Denitrifikation u. **Aktivkohlefiltrationsstufe**).

Aktuelle Auskunft: Die DK II Deponie nimmt derzeit keine PFC-belasteten Böden an. Der Hintergrund ist, dass genügend andere „unproblematischere“ Abfälle angedient werden.

Zwei DK II Deponien, Baden-Württemberg

Bis DK II nach UM BW Erlass (2016). Preise zwischen ca. **40 – 60 €/t** (netto) je nach Deponieklasse (DK I oder II) bzw. Anlieferungsmenge. Für DK I-Material Begrenzung für PAK $\leq 200 \text{ mg/kg}$. SiWa-Aufbereitung durch Membranfiltration (Ultra-/**Nanofiltration**, **3-stufige Aktivkohlefilter** bzw. Konzentrat wird per Tankwagen abgefahren und in einer speziellen Wasseraufbereitung weiterbehandelt).

DK II Deponie, Rheinland-Pfalz

Grundsätzlich keine Annahme von PFC-belasteten Böden.

DK II Deponie, Baden-Württemberg

Annahme von PFC-belasteten Bodenmaterial **nur** aus dem Gebiet der eigenen Gebietskörperschaft (**überlassungspflichtige Abfälle**) bis DK II nach Erlass UM Baden-Württemberg (UM BW 2016). Das Sickerwasser wird über eine **Kläranlage mit 4. Reinigungsstufe** gereinigt. Annahmepreis nach Preisliste (**45 €/t** für Erdaushub, Bauschutt etc., wenn keine Erschwerisse beim Einbau auftreten (z. B. bei Schlämmen etc.).

Derzeitige Annahmesituation auf Deponien

SAD, DK III, neue Bundesländer

PFC-belasteter Boden kann bis zu einem **Feststoffgehalt von 50 mg/kg** angenommen werden (DK III Deponie). Grundlagen sind die POP-Verordnung und die DepV. Es erfolgt eine Rücksprache mit der zuständigen Behörde. Es können zusätzlich Eluatwerte erforderlich werden.

Der Preis beträgt ca. **70 €/t** (netto) bei Anlieferung. Die Sickerwasserreinigung erfolgt mittels **Umkehrosmose**. Die dreistufige, vollautomatische Membrananlage führt zur physikalischen Trennung von Deponiesickerwasser in direkt einleitfähiges schadstofffreies Permeat und ein schadstoffbelastetes Konzentrat.

SAD, DK III Deponie, alte Bundesländer

Keine Annahme von PFC-verunreinigten Abfällen. **Sickerwasserreinigung reine Aktivkohle**. Dies ist nach Ansicht des Betreibers **keine nachhaltige Lösung**. Erforderlich wäre ein Monitoring der Aktivkohle auf PFC. Eine aufwändige und teure Lösung.

SAD, DK III Nordrhein-Westfalen

Nur Begrenzung **50 mg/kg für PFOS**, ansonsten keine Begrenzung im Eluat, Ablagerungsgebühr ca. **45 €/t** (netto). **3-stufige Sickerwasserereinigung über Aktivkohle**.

SAD, DK III, Nordrhein-Westfalen

Keine Annahme von PFC-verunreinigten Abfällen.

SAD, DK III, neue Bundesländer

Im Moment keine Annahme PFC-belasteter Böden. Das Thema wird intern und mit den zuständigen Behörden diskutiert. Falls zukünftig eine Annahme erfolgen kann, wird sich der Preis voraussichtlich an Preisen für die thermische Bodenbehandlung orientieren.

Zwei SAD, DK III, Nordrhein-Westfalen

Annahme bis 100 µg/kg bzw. 10 µg/l im Eluat

Derzeitige Annahmesituation auf Deponien

SAD, DK III, Nordrhein-Westfalen

Die Deponie verfügt über eine **Sickerwasserreinigung mit Aktivkohle**. Es sind deshalb höhere PFC-Gehalte zulässig. Die Höhe der PFC-Gehalte entscheidet darüber ob als **lose Schüttung** eingebaut werden kann **oder** ob in ein **Sicherungsbauwerk** eingebaut werden muss. Erforderliche Einzelfallzustimmungen durch die zuständige Behörde werden aufgrund der großen angedienten Abfallmengen i.d.R. nicht eingeholt. Die Annahmegerbühren liegen **i.d.R. bei über 100 €/t**.

Die Übernahme von PFT-verunreinigtem Boden auf die DK III Deponie kann ohne besondere Sicherungsmaßnahme/Abstimmung mit der zuständigen Bezirksregierung unter den nachfolgend genannten Bedingungen erfolgen:

Die **kursiv Fett** gekennzeichneten Parameter dürfen jeweils **einen Wert von 100 ng/l nicht überschreiten**, sonst müssen besondere Sicherungsmaßnahmen (Mono – Ablagerung in einem mit HDPE - Folie gesicherten Bereich) angewendet werden.

Der **Summenparameter PFT (bezogen auf die Liste)** darf den Wert von **500 ng/l** nicht überschreiten,

Der **Summenparameter PFOA + PFOS** darf den Wert von **150 ng/l** nicht überschreiten, sonst müssen die o.g. Sicherungsmaßnahmen angewendet werden.

- **Perfluorobutansäure (PFBA) ≤ 0,1 µg/l**
- **Perfluoropentansäure (PFPA) ≤ 0,1 µg/l**
- **Perfluorohexansäure (PFHxA) ≤ 0,1 µg/l**
- **Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS) ≤ 0,1 µg/l**
- Perfluorooctansäure (PFOA)
- Perfluorononansäure (PFNA)
- Perfluordecansäure (PFDA)
- Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)
- Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)
- 1H,1H,2H,2H-Perfluorooctansulfonat (6:2-FTS)
- **Σ PFT ≤ 0,5 µg/l**
- **Σ PFOA + PFOS ≤ 0,15 µg/l**

Da die DK III Deponie verfügt z. Zt. (Anfang September 2018) nicht über ausreichende Kapazitäten im DK III Ablagerungsbereich verfügt, können **derzeit keine Materialien in besondere Sicherungsmaßnahmen übernommen** werden.

Derzeitige Annahmesituation auf Deponien

Untertagedeponie, alte Bundesländer

Die Untertagedeponie hat **bisher keine PFC-haltigen Abfälle entsorgt**. Aus diesem Grund könnten keine etwaigen Entsorgungskosten genannt werden, da der Betreiber im Vorfeld nicht genau weiß, in welcher Anlage und mit welchem Aufwand er den Abfall entsorgen muss. Die Zuordnungswerte (Grenzwerte) spielen dabei eher eine Rolle bei der Unterscheidung zwischen untertägiger Beseitigung und Verwertung. Die UTD ist grundsätzlich bereit PFC-Abfälle zu entsorgen. Bei einer konkreten Anfrage würde sich **die UTD gerne dieser Aufgabe annehmen**.

Untertagedeponien, alte Bundesländer (auch neue Bundesländer)

Die Untertagedeponie/n hat/haben **bisher keine PFC-haltigen Abfälle entsorgt**. Die Deponie (alte Bundesländer) hat für die Einlagerung von Abfällen keine Grenzwerte, nur eigene Annahmebedingungen bzw. Ausschlusskriterien. Für eine genaue Einschätzung des abzulagernden Abfalles benötigt die UTD eine repräsentative Probe von 1 Kg, welche sie in Ihrem Labor kostenlos analysiert. Die Probe mit Probenbegleitschein und Probenahmeprotokoll ist an das Labor der UTD zu übersenden. Der Preis richtet sich nach der zu entsorgenden Menge. Je höher die Menge, desto geringer wird der Preis. Der reguläre Entsorgungspreis für kleine Projekte beträgt 260 € / Tonne (netto).

Derzeitige Annahmesituation auf Deponien

Grundsätzliches

- In NRW Ablagerung bis 100 µg/kg grundsätzlich möglich. Im Einzelfall Eluat bis LW TW 0,3 µg/l.
- In Rheinland-Pfalz nur auf DK II Deponien (Eluat W:F=10:1 Σ PFC \leq 50 µg/l)
- In BW DK 0/I nach 2:1-Eluat, DK II u. III Σ PFC \leq 50 mg/kg, in BY DK II 10:1-Eluat Σ PFC \leq 100 µg/l
- bei PFC-geeigneter Sickerwasserreinigung (Umkehrosiose, Nanofiltration, mehrstufige Aktivkohle, Kläranlage mit 4. Reinigungsstufe) bis zu den in BW, BY, HE, NW, RP festgelegten Zuordnungswerten bzw. bei SAD DK III bis 50 mg/kg PFOS, UTD DK IV \geq 50 mg/kg PFOS

Deponiespezifische Einzelfallregelungen - zusätzliche Anforderungen/ Einschränkungen

- Einige DK II und DK III Deponien nehmen z.T. grundsätzlich kein PFC-verunreinigtes Material an (z.T. trotz vorhandener, grundsätzlich geeigneter Sickerwasserreinigungsanlagen), PFC-belastete Abfälle gelten als problematische Abfälle, ggf. erforderliche Abklärungen im Einzelfall mit der zust. Behörde werden z.T. als zu aufwändig empfunden und das Material wird abgelehnt.
- Einzelne DK II Deponien nehmen nur PFC-belastete Überlassungspflichtige Abfälle an
- Bei Annahme aufgrund von Feststoffwerten (z.B. DK III max. 50 mg/kg PFOS) können zusätzlich Eluatwerte verlangt werden.
- Bei einer SAD DK III wird je nach der Höhe der PFC-Gehalte zwischen der Ablagerung in loser Schüttung oder in Bereichen mit besonderen Sicherungsmaßnahmen unterschieden (DK III-Monobereich mit HDPE-Folie gesichert). Es gibt Bez.-Reg. spezifische Zuordnungswerte für Einzelwerte und Summenparameter mehrerer PFC im Eluat.
- Die Preise (netto) bewegen sich zwischen 40 – 60 €/t für DK I – DK II Material, z.T. ca. 50 – 70 €/t für DK III Material aber auch >100 €/t für DK II – DK III Material bis 260 €/t für DK IV Material.



Mitglieder

77

Deponien

85

1. In welchem Bundesland liegt Ihre Deponie?

2. Welche Deponieklasse(n) hat / haben Ihre Deponien?
Deponieklasse(n)

3. Nehmen Sie PFC-belastete Böden zur Ablagerung an?

- ja
- grundsätzlich nein
- ja, aber sehr zurückhaltend
- ja, auch aus fremden Gebietskörperschaften
- nur aus der eigenen Entsorgungspflichtigen Gebietskörperschaft
- Sonstige

Nennen Sie ggf. Gründe.....

4. Haben Sie von Ihrer zuständigen Behörde Kriterien / Auflagen zur Annahme von PFC- belasteten Böden bekommen?

ja nein wenn ja:

- Einhaltung des Erlasses UM Baden-Württemberg „Entsorgung von Bodenmaterial aus PFC (PFAS)-belasteten Flächen“ (2016)
- Einhaltung der „Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden“ des LfU Bay. 2017
- Einhaltung des „ALEX-Informationsblatt 29 PFC in der Umwelt“ des LfU Rhl.-Pf. 2017
- Einhaltung der „Verfahrenshilfe zum Vollzug des Abfallrechts“ des Hess. Min. für Umwelt (2017)
- Einhaltung der „Ablagerungsempfehlungen für Abfälle mit organischen Schadstoffen – Vollzugshilfe“, Min. für Klimaschutz, Umwelt etc. Nordrhein-Westfalen (2011)
- Einhaltung weiterer ggf. nicht genannter Richtlinien:

Haben sie über die genannten Richtlinien hinaus weitere Auflagen (z.B. zusätzliche Feststoffkriterien, Eluatkriterien, Monobereiche, Verpflichtung zum Abdecken, Einleitkriterien, etc.) erhalten?

.....

5. Über welche Art der Sickerwasserreinigung verfügt die Deponie? Wo leiten Sie das gereinigte Wasser ein?

- | | | |
|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> Biologie | <input type="checkbox"/> 2-stufige Aktivkohle | <input type="checkbox"/> 3-stufige Aktivkohle |
| <input type="checkbox"/> Membranfiltration | <input type="checkbox"/> mit Ultrafiltration | <input type="checkbox"/> mit Nanofiltration |
| <input type="checkbox"/> Umkehrosmose | <input type="checkbox"/> Reinigung des Konzentrats (z.B. über Aktivkohle) | |
| <input type="checkbox"/> externe Reinigung des Konzentrats | <input type="checkbox"/> UV Desinfektion | |
| <input type="checkbox"/> Membranfiltration mit nachgeschalteter: <input type="checkbox"/> 2-stufiger Aktivkohle | | <input type="checkbox"/> 3-stufiger Aktivkohle |
| <input type="checkbox"/> Direkteinleitung | <input type="checkbox"/> Indirekteinleitung | <input type="checkbox"/> Kläranlage mit 4. Reinigungsstufen |
| <input type="checkbox"/> sonstige nicht genannte Verfahren | | |

6. Welches Ablagerungsvolumen könnten Sie ggf. für PFC-belastete Böden zur Verfügung stellen (geschätzte Größenordnung)?

- DK 0 in Kubikmetern.....m³ oder in Tonnen.....t
- DK I in Kubikmetern.....m³ oder in Tonnen.....t
- DK II in Kubikmetern.....m³ oder in Tonnen.....t
- DK III (bis 50 mg/kg PFOS) ohne weitere Auflagen
in Kubikmetern.....m³ oder in Tonnen.....t
- DK III (bis 100 µg/kg) in Kubikmetern.....m³ oder in Tonnen.....t
- DK.....mit weiteren Auflagen (s. Pkt. 4)
in Kubikmetern.....m³ oder in Tonnen.....t
- Bemerkungen:.....

7. Welche Annahmegerühren haben Sie für PFC-belastete Böden (Preisspanne oder circa- Preise)?

DK 0 von.....bis.....ca.....€/t

DK I von.....bis.....ca.....€/t

DK II von.....bis.....ca.....€/t

DK III (bis 50 mg/kg PFOS) ohne weitere Auflagen von.....bis.....ca.....€/t

DK III (bis 100 µg/kg von.....bisca.€/t

DK..... mit weiteren Auflagen (siehe Punkt 4) von.....bis.....ca.€/t

Bemerkungen:.....

Ergebnis Umfrage zum Umgang mit PFC belasteten Böden auf Deponien



Von: Sckerl, Tobias [mailto:TSckerl@avgkoeln.de]

Gesendet: Dienstag, 14. Mai 2019 06:49

An: Thomas Egloffstein <egloffstein@icp-ing.de>

Cc: Haeming, Hartmut <HHaeming@avgkoeln.de>

Betreff: AW: Vortrag Entsorgung PFC-belasteter Böden - Langfristige Kapazitäten auf Deponien

Sehr geehrter Herr Egloffstein,

anbei die Rückmeldungen aus dem InwesD-Kollegienkreis zur Entsorgung von PFC-belasteten Böden:

Saarland: „die saarländische Behörde hat für PFC/PFT-haltige mineralische Abfälle eine Entsorgung auf einer saarländischen DK II-Deponie angeordnet.

Dies ist unabhängig von den sonstigen Schadstoffen.

Begründet wird die Anordnung mit dem Umstand, dass nur mehrstufige Kläranlagen in der Lage sind das PFT/PFC aus dem Sickerwasser herauszufiltern.“

Bremen: „PFC-belastete Böden ist derzeit in unserer Region kein Thema.“

Baden-Württemberg:

Deponieklasse III (Sonderabfalldeponie),

nimmt grundsätzlich keine PFC-belastete Böden an,

hat keine Kriterien / Auflagen zur Annahme PFC-belasteter Böden von Ihrer zuständigen Behörde bekommen

hat keine weiteren Auflagen (z.B. zusätzliche Feststoffkriterien, Eluatkriterien,

Monobereiche, Verpflichtung zum Abdecken, Einleitkriterien, etc.?) von Ihrer zuständigen Behörde bekommen.

Die Deponie hat eine 2-stufige Sickerwasserreinigung mit Aktivkohle.

Das gereinigte Sickerwasser wird in eine Kläranlage eingeleitet (Indirekteinleitung).

Mit freundlichen Grüßen aus Köln

InwesD - Interessengemeinschaft Deutsche Deponiebetreiber e.V.



Tobias Sckerl

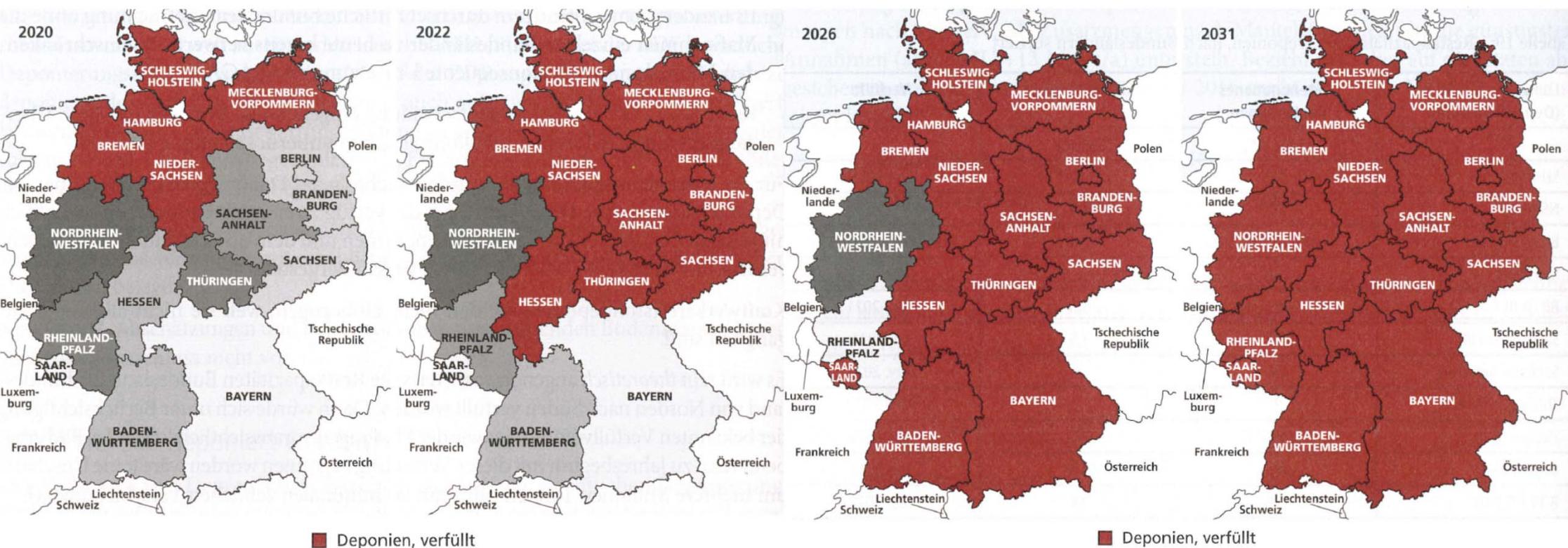
Geschäftsstelle

Bedarf an Deponieraum in Deutschland?



Quelle: Haeming, H. (2019)
Deutschlandkarte Deponiebedarf

Szenario – Entwicklung der Deponiesituation in Deutschland*, ohne neue Kapazitäten



* Bei Inkrafttreten der Mantelverordnung mit + 13 Mio. t (Aussage BMU) Mehrmassen pro Jahr auf Deponien und mit dem derzeitigen Deponievolumen ohne neue Anlagen, fiktive Verfüllung von Nord nach Süd

Deponien 2017 (2016), Anzahl u. Ablagerungsmengen, Restvolumen u. -laufzeiten

<u>Deponie- klasse</u>	<u>Anzahl</u>	<u>Ablagerungs- menge [Mio. t/a]</u>	<u>Restvolumen [Mio.m³] 2016</u>	<u>Laufzeit* [Jahre] 2016</u>
DK 0	777 (798)	19,4 (20,0)	140	11
DK I	131 (131)	16,5 (16,4)	245	24
DK II	144 (147)	7,2 (7,1)	88	20
DK III	26 (28)	2,88 (2,9)	30	17
UTD	4 (4)	0,12 (0,12)	4	53
Summe:	1.182 (1.108)	46,1 (46,6)	508	

Quelle: Destatis vom 25.04.2019

* Annahme: 1 m³ → 1,6 t und
gleichbleibende Ablagerungsmenge

aktualisiert nach Biedermann 2018

Sickerwasserreinigung mit Nanofiltration und Aktivkohle

Dass eine nahezu 100 %-ige Reinigung am Auslauf einer Sickerwasserreinigungsanlage mit Nanofiltration möglich ist (für das Permeat) zeigt ein schon mehrere Jahre zurückliegender Versuch auf der Deponie Burghof der Abfallverwertung des Landkreise Ludwigsburg (AVL) (Jedele 2013).

Anlass war die Übernahme einer größeren Charge **PFT-belasteten Bodens** aus einem **Brandschadensfall**. Die Deponie Burghof des AVL verfügt über eine **Sickerwasserreinigungsanlage mit Membranstufen (Ultrafiltration, Nanofiltration) und eine 3-stufige Aktivkohlereinigung**. Diesbezüglich sollte das **Austragsverhalten der PFT in zwei Lysimetern** und die **Wirksamkeit der Sickerwassereinigung** untersucht werden. Dabei **stellt** lediglich die **Nanofiltration sicher (die Ultrafiltration allein reichte nicht aus)**, dass **keine PFT-Verbindungen über das Sickerwasser in die Umwelt gelangen**.

Als **Problematisch** erwies sich jedoch das übrig bleibende **Konzentrat (Retentat)**, lediglich **ca. 10 % des abgereinigten Sickerwassers**. Dies wurde über die **3-stufige Aktivkohlereinigung** geleitet und erbrachte zu Beginn, nach Austausch des ersten am meisten beladenen AKF der Kette und stufenweise nach vorne Schalten der nachfolgenden AKFs sowie Einbau des neuen bzw. reaktivierten Filter an dritter Stelle, **zunächst eine Reinigungsleistung von nahezu 100 %**. **Nach 12 Tagen** jedoch, dem **üblichen Turnus für den Filterwechsel** waren es **nur noch ca. 60 % der Reinigungsleistung**. **Im Mittel ergaben sich ca. 80 % Reinigungsleistung für PFC**.

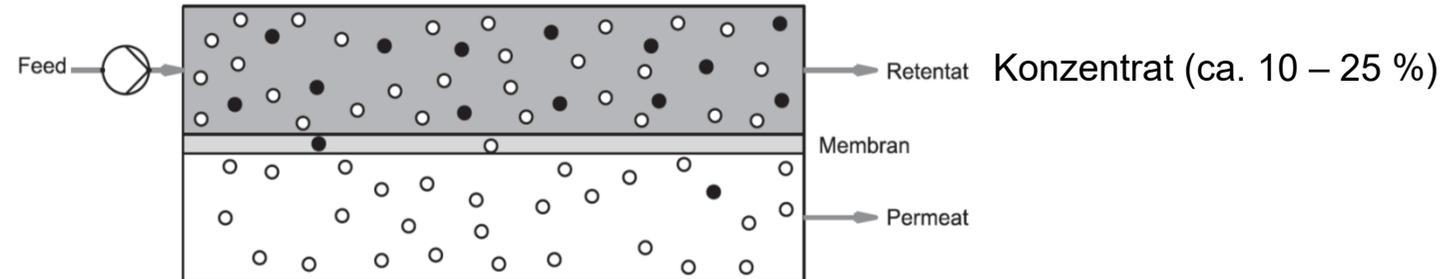
Obwohl dies insbesondere für relativ schwer adsorbierbare kurzkettige PFC ein gutes Ergebnis ist, so ist es doch insgesamt, nach Meinung der Autoren, unbefriedigend. I. W. aufgrund der insgesamt unbefriedigenden Adsorbierbarkeit der mobilen kurzkettigen PFC an Aktivkohle, insbesondere bei zusätzlich vorhandener Konkurrenz verschiedenster Schadstoffe um die Adsorptionsplätze, ist und bleibt die Sickerwasserreinigung für PFC-belastete Sickerwässern aufwändig und schwierig. Die grundsätzliche Machbarkeit wird jedoch nicht bestritten.

Sickerwasserreinigung mit Nanofiltration und Aktivkohle

Verfahrenstechnik der
SRA Deponie Burghof
(Firma Haase)



Prinzip der Stofftrennung durch Nano-/Ultrafiltration / Umkehrosmose



Prinzip der Stofftrennung durch Nanofiltration/Ultrafiltration mit dichten Lösungs-Diffusions-Membranen, verändert nach Melin & Rautenbach (2007) in HdA Edel et al. 2018

Parameter	Nanofiltration	Umkehrosmose
Betriebsdruck	2–40 bar	5–70 bar
Betriebsart	Crossflow	Crossflow
Trenngrenze Feststoffe	> 1 nm	–
Trenngrenze gelöste Stoffe, MW	> 200–300 g/mol	< 200 g/mol

Prinzip der Stofftrennung durch Nanofiltration/Ultrafiltration mit dichten Lösungs-Diffusions-Membranen, verändert nach Melin & Rautenbach (2007) in HdA Edel et al. 2018

Welche Verfahren kommen zu PFC-Eliminierung aus Deponiesickerwasser in Frage?

Reinigungs- verfahren	Aktivkohle- adsorption	Ionen- austausch	Flockung	Membran- verfahren
erzielbare Ablaufwerte: PFC < 10 ng/L	ja	nein (Nach- reinigung erforderlich)	nein (Nach- reinigung erforder- lich)	ja
Nachreinigung	keine	Aktivkohle- adsorption	Aktivkohle- adsorption	Aktivkohle- adsorption für Retentat
Abfall/Schlamm	kein	Regenerat, IAT-Harz	Schlamm	Retentat
Wieder- verwertung	ja (Reakti- vat)	nein	nein	–
Störstoffe: DOC, Fe ²⁺ , Mn ²⁺ , u. a.	mit Vorbe- handlung	mit Vorbe- handlung	ohne Vorbe- handlung	mit Vorbe- handlung
Betriebssicherheit	sehr hoch	hoch	hoch	hoch
spezifische Kos- ten*	0,45- 0,89 [€/m ³]	0,68- 1,72 [€/m ³]	0,76- 1,14 [€/m ³]	1,71- 2,20 [€/m ³]

* Σ PFC 1 – 100 $\mu\text{g/l}$, ohne Vorbehandlung für Störstoffe

Vergleich praxisrelevanter Verfahren zur PFC-Grundwassersanierung (Quelle: Edel et al. 2018)

Bedarf an Deponieraum in Monodeponien – sind Monodeponien ein nachhaltiges Konzept? Kann eine trockene Ablagerung in Monobereichen die Lösung sein?

Trockene Ablagerung => **Minimierung / Verhinderung** der Sickerwasserentstehung?

- Sofort **Abdecken** / Ablagerung unter einer **Überdachung**?
- **Sickerwasserfassung erforderlich**? Unter Überdachung ggf. nein?
- **Basisabdichtung erforderlich**? => Genehmigungsfähigkeit?
- **Konvektionsdichte Oberflächenabdichtung** erforderlich => **KDB**, Asphalt
- **2. Dichtungskomponente erforderlich**?
- Ein **Abbau** der PFC **findet** unter Deponiebedingungen so gut wie **nicht statt**
- Problem => **Konservierung der Schadstoffe** bis zum Versagen der Oberflächenabdichtung
- Monolithischen, **möglichst auslaugungsresistenten Deponiekörper herstellen** durch kompakten, lagenweise-verdichteten Einbau zur Minimierung einer möglichen Auslaugung in ferner Zukunft

Genehmigungsfähigkeit => Welche Deponieklasse?

Sonderregelung für **Monodeponien** in Satz 4 des Anhang 3, Punkt 2. „Zuordnungswerte für Deponien...“ der Deponieverordnung für spezifische Massenabfälle, die auf einer Monodeponie oder einem Monoabschnitt der **Klasse I** beseitigt werden, wonach Überschreitungen des jeweiligen Zuordnungswertes im Einzelfall und mit Zustimmung der zuständigen Behörde maximal **das Dreifache des Zuordnungswertes für die Deponieklasse II** betragen dürfen.

Die Masse der zu entsorgenden PFC-verunreinigten Böden in BAD/Rastatt bzw. Mannheim dürften im Bereich DK 0 bis DK II liegen.

Umsetzungsvorschlag:

Konzept Sickerwasserminimierung durch Einbau in Monodeponie
/-abschnitt nur bei trockenem Wetter und regelmäßiges Abdecken

- Basisabdichtung DK I, z. B. Asphalt (Konvektionsdicht, PFC–abweisend (PFC = lipophob))
- ggf. reduzierte Entwässerungsschicht, Sickerwasser-sammeltank, falls erforderlich externe Sickerwasserreinigung
- Herstellung eines kompakten, monolithischen Deponiekörpers durch verdichteten Einbau der Abfälle
- Oberflächenabdichtung DK II mit Konvektionssperre (KDB) + 2. Abdichtungskomponente (z. B. Bentonitmatte, Trisoplast, Kapillarsperre, mineralische Dichtung)
- Diskussion Monoabschnitt DK III mit zusätzlichem Leckkontrollsystem bei ansonsten unveränderten Randbedingungen

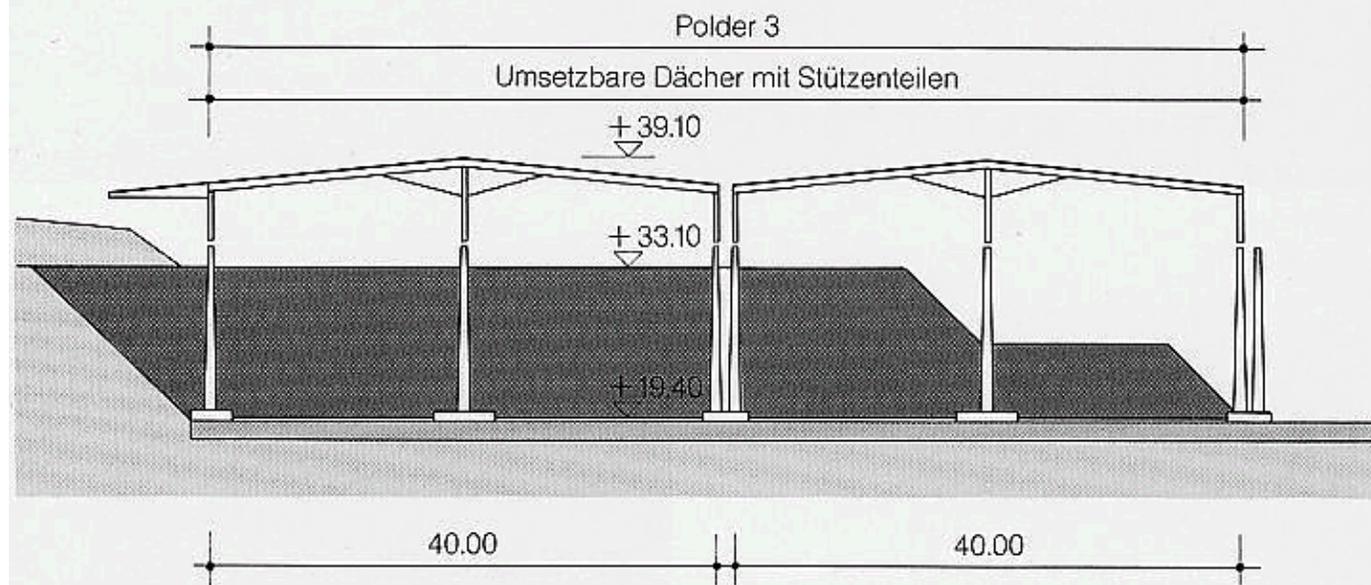
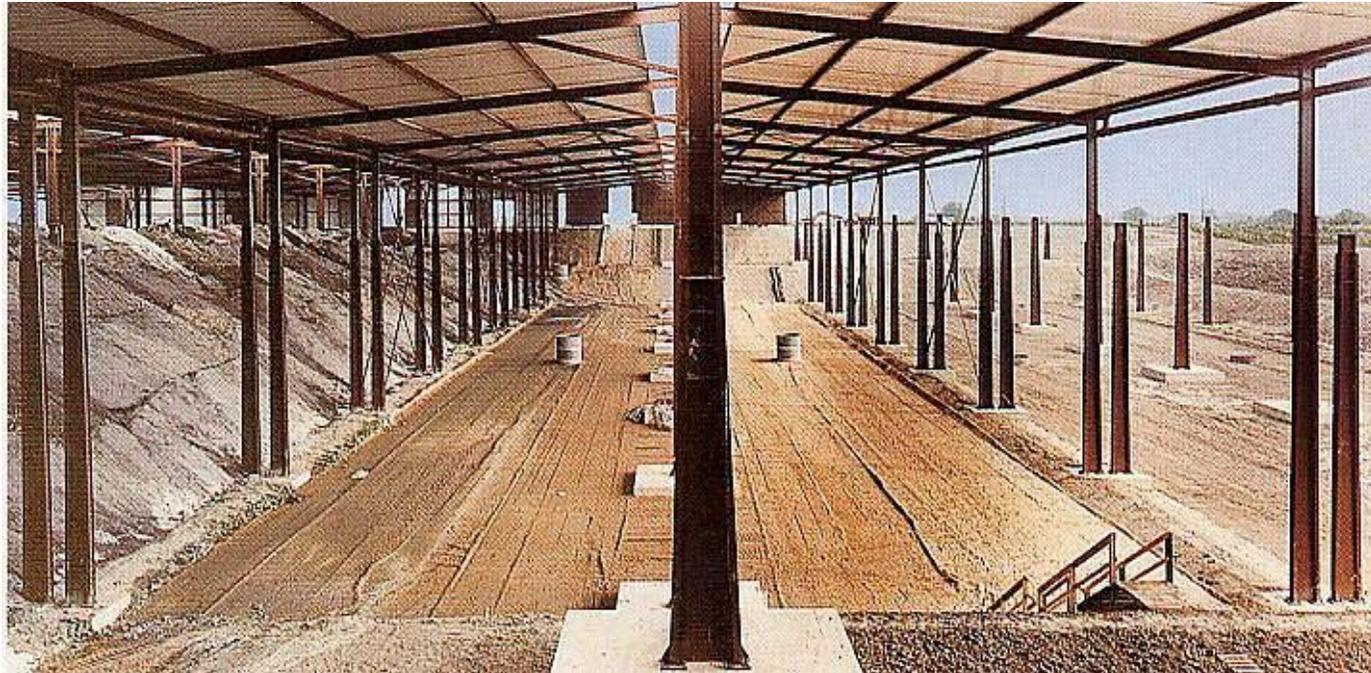
Extrembeispiel: Überdachte Deponie (Wirmstal)

→ Minimierung des Sickerwasseranfalls

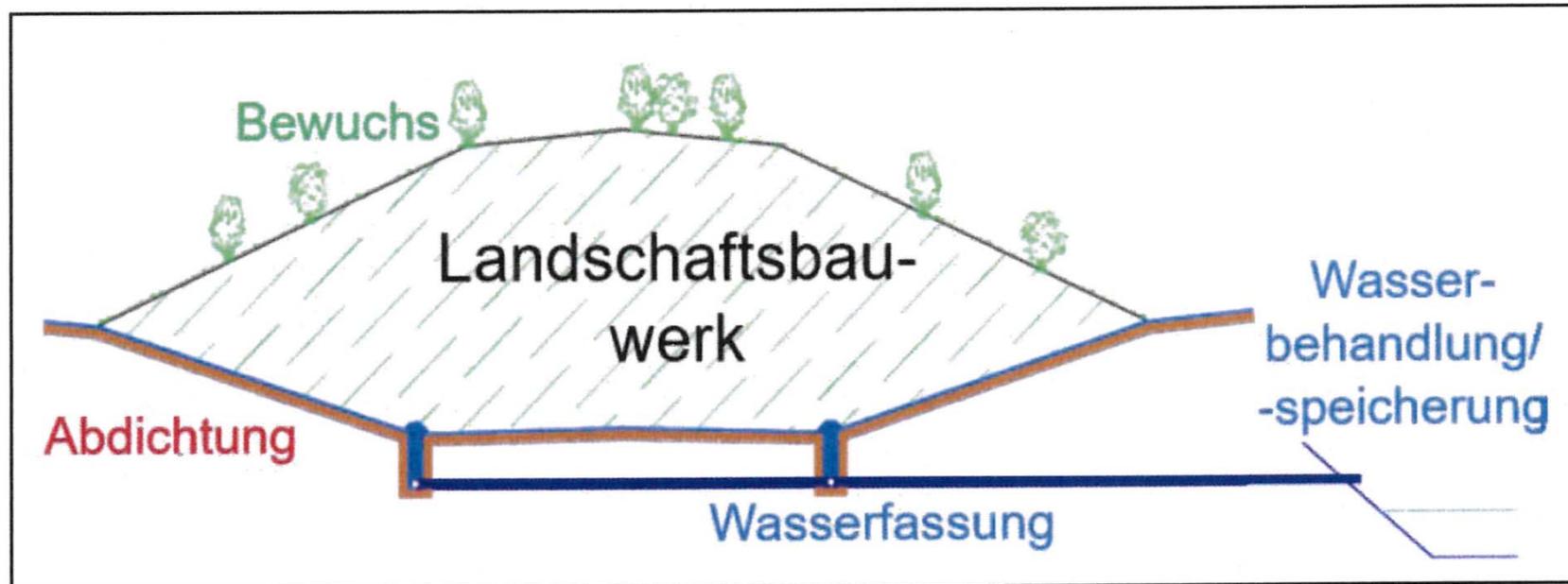




Ehemalige Sonderabfalldéponie Rondeshagen



Landschaftsbauwerk statt Monodeponie?



Systemskizze Landschaftsbauwerk

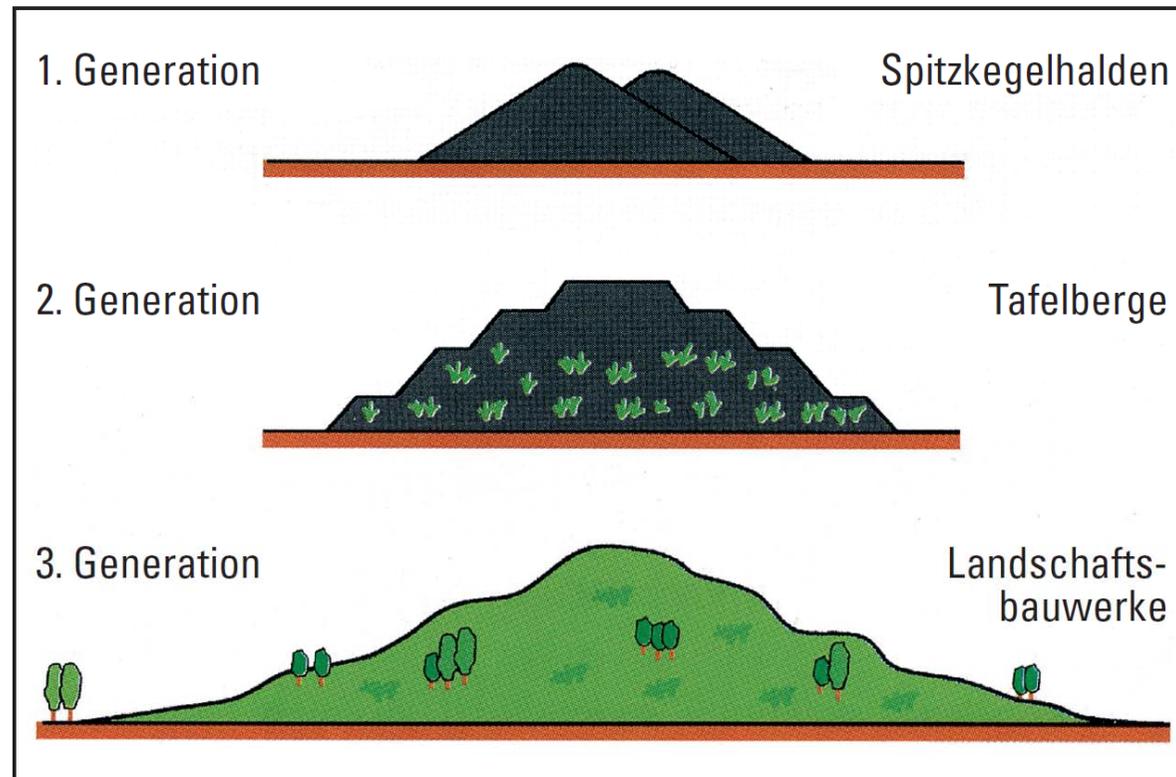
DEPONIEForum Stuttgart
Edel & Grüneberg 2019

Zulassung von Bergehalden im Bereich der Bergaufsicht Gem. RdErl. d. Ministers für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr - III/A 3 - 47 - 12-29/84 -, (Am 01.01.2003: MVEL) d. Ministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten - IIIA 6 - 385/1 - 29303 - (Am 01.01.2003: MUNLV) u. d. Ministers für Landes- und Stadtentwicklung - IIA 3.92.45 -(Am 01.01.2003: MSWKS) v. 13.07.1984

4.3.2

Halden sollen großflächig in möglichst **natürlichen Formen** angelegt werden, um bei gleichzeitiger optimaler Bergeunterbringung eine **Eingliederung in die Landschaft** zu ermöglichen (Landschaftsbauwerk)

<https://recht.nrw.de>



Haldenentwicklung (Quelle: Deutsche Steinkohle AG in Bekemeier 2007)

Genehmigungsfähigkeit: Landschaftsbauwerk statt Monodeponie?

Erdauffüllungen zur Geländemodellierung, Schaffung von Landschaftsbauwerken - Abfall?

Legaldefinition § 3 Abs. 1 KrWG. Weiter Abfallbegriff nach dem europäischen Abfallrecht.

Erdmaterialien von Baustellen (Tunnelbau, Großbaustellen) sind bloßes Abfallprodukt der Baustellen und daher Abfall i.S.d. KrWG.

• **Beseitigung oder Verwertung?**

Verwertung ist jedes Verfahren, als dessen Hauptergebnis die Abfälle einem **sinnvollen Zweck** zugeführt werden, indem sie entweder andere Materialien ersetzen (**Substitution**), die sonst zur Erfüllung einer bestimmten Funktion verwendet worden wären oder indem die Abfälle so vorbereitet werden, dass sie diese Funktion erfüllen (vgl. § 3 Abs. 23 KrWG).

• **Kernfrage bei der Verwertung:**

Erfüllt das Erdmaterial einen sinnvollen Zweck? Werden andere Materialien ersetzt und dadurch natürliche Rohstoffquellen erhalten (**Substitutionswirkung**)?

• **Schlichte Grundstücksauffüllung** mit unbelastetem Erdaushub ist Verwertung (BVerwG, Urt. v. 14.4.2015, OVG NRW, Urt. v. 24.9.2014).

• **Verwertung: Landschaftsbauwerke** z. B. Lärm- und/oder Sichtschutzbauwerke, z. B. Aussichtspunkt Landesgartenschau z.B. Landschaftsbauwerk Kamp-Lintfort, Landesgartenschau 1999 auf dem Gelände der Zeche und Kokerei Osterfeld I / II / III, Landschaftsbauwerk am Phoenix-See (ehemals Thyssen-Krupp, Dortmund).

• **Andere Auffassung => Beseitigung:** Landschaftsbauwerke würden nicht errichtet, wenn das Erdmaterial nicht zur Verfügung stünde.

• **Alternative Bodenschutzrecht?** Sicherung am Herkunftsort durch einen für verbindlich erklärten Sanierungsplan gemäß § 13 BBodSchG (5) oder eine Anordnung zur Durchsetzung der Pflichten nach § 4 BBodSchG

§ 13 BBodSchG - Sanierungsuntersuchungen und Sanierungsplanung

(5) Soweit entnommenes Bodenmaterial im Bereich der von der Altlastensanierung betroffenen Fläche wieder eingebracht werden soll, gilt § 28 Absatz 1 Satz 1 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes nicht, wenn durch einen für verbindlich erklärten Sanierungsplan oder eine Anordnung zur Durchsetzung der Pflichten nach § 4 sichergestellt wird, daß das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird.

§ 28 KrWG - Ordnung der Abfallbeseitigung

(1) Abfälle dürfen zum Zweck der Beseitigung nur in den dafür zugelassenen Anlagen oder Einrichtungen (Abfallbeseitigungsanlagen) behandelt, gelagert oder abgelagert werden.

§ 4 BBodSchG - Pflichten zur Gefahrenabwehr

(2) Der Grundstückseigentümer und der Inhaber der tatsächlichen Gewalt über ein Grundstück sind verpflichtet, Maßnahmen zur Abwehr der von ihrem Grundstück drohenden schädlichen Bodenveränderungen zu ergreifen.

(3) Der Verursacher einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast sowie dessen Gesamtrechtsnachfolger, der **Grundstückseigentümer und der Inhaber der tatsächlichen Gewalt über ein Grundstück sind verpflichtet, den Boden und Altlasten sowie durch schädliche Bodenveränderungen oder Altlasten verursachte Verunreinigungen von Gewässern so zu sanieren, daß dauerhaft keine Gefahren, erheblichen Nachteile oder erheblichen Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen. Hierzu kommen bei Belastungen durch Schadstoffe neben Dekontaminations- auch Sicherungsmaßnahmen in Betracht, die eine Ausbreitung der Schadstoffe langfristig verhindern.**

Landschaftsbauwerk statt Monodeponie?



"Landschaftsbauwerk" am Phoenix-See (ehemals Thyssen-Krupp, Dortmund)

Alternative Landschaftsbauwerk

Beispiel (Annahmen)

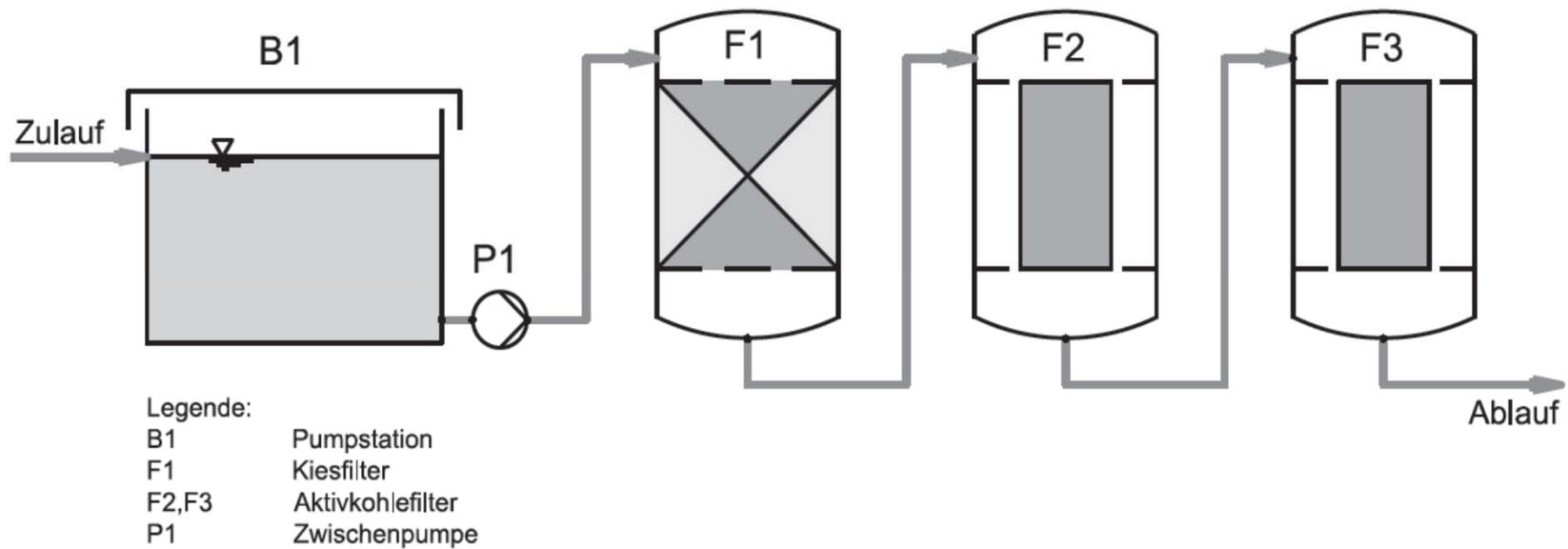
- | | | | |
|----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| ▪ Flächengröße der Belastung: | 50 ha | ▪ Gesamtniederschlagsmenge: | 18.000 m ³ /a |
| ▪ Mächtigkeit der Belastung: | 0,5 Meter | | = 0,034 m ³ /min |
| ▪ Gesamtvolumen belastet: | 250.000 m ³ ca. 450.000 t | | = 0,6 l/s |
| ▪ Niederschlagsmenge: | 720 mm/a | – davon zu reinigen (Annahme 40%): | 7.200 m ³ /a |
| ▪ Lagerfläche belasteter Aushub: | 2,5 ha | | = 0,23 l/s |
| ▪ „Betriebs“-Dauer: | 20 a | | = 0,83 m ³ /h |



DEPONIEForum Stuttgart
Edel & Grüneberg 2019

11 ZÜBLIN STRABAG, 2019-03-28

ZÜBLIN STRABAG
TEAMS WORK.



Zweistufige Aktivkohlefilteranlage mit vorgeschaltetem Kiesfilter, Verfahrensschema
(Quelle: Edel et al. 2018)

Kostenschätzung für die Ablagerung auf einer Deponie vs. Landschaftsbauwerk

„Betriebsdauer“ gerechnet auf 20 Jahre

Sicherung Sicherungsbauwerk

Ablagerung Deponie		Ablagerung Landschaftsbauwerk	
Entsorgung ¹⁾ 450.000 to à 50-70 €/to = 22,5 - 31,5 Mio. €		Basisabdichtung 25.000 m ² à 100 €/m ² = 2,5 Mio. €	
		Wasserhaltung und -reinigung 144.000 m ³ /a à 2,5 €/m ³ = 0,36 Mio. €	
Gesamtkosten¹⁾	22,5 - 31,5 Mio. €	Gesamtkosten¹⁾	2,86 Mio. €

¹⁾ ohne Erdbau und Transport

DEPONIEForum Stuttgart
Edel & Grüneberg 2019

Fazit

- **Bundeseinheitliche Regelungen** zur Verwertung bzw. Beseitigung von PFC-haltigen Abfällen auf Deponien werden derzeit erarbeitet (**Leitfaden Bund/Länder-Fachgruppe PFC „Maßstäbe von PFC-Belastungen in Gewässern, Böden und Abfällen“** auch in Form von Prüf-, Grenz- und Zielwerten), derzeit gibt einzelne **länderspezifische Regelungen (BY, BW, RP, NW, HE)**.
- Die derzeitige **Annahmesituation auf Deponien ist uneinheitlich**, bei vielen Deponiebetreibern herrscht **Unsicherheit und Zurückhaltung** bei der Annahme PFC-verunreinigen „Problemabfällen“ vor. Im Raum Baden-Baden / Rastatt mangelt es an geeignetem Deponieraum.
- **Voraussetzung** für die Beseitigung auf Deponien ist eine **geeignete Sickerwasserbehandlung** die PFC nachhaltig aus dem Stoffkreislauf ausschleust.
- Bei der **Deponiesickerwasserreinigung für PFC** besteht nach dem Eindruck der Autoren noch Untersuchungs-, Forschungs- und Optimierungsbedarf (auch wenn sie prinzipiell lösbar erscheint).
- Da einige PFC sehr mobil sind ist die Sickerwasserreinigung sehr aufwändig und führt zu **Sickerwasser-Vermeidungsstrategien in abgedeckten Monobereichen** ggf. mit Überdachung.
- „**Landschaftsbauwerke**“ zur **Verwertung von PFC-Abfällen** dürften nach Einschätzung der Autoren aufgrund von Genehmigungsrecht (sinnvoller Zweck, Substitution von natürlichen Rohstoffen, Obergrenze für die Verwertung: Z2) eher die Ausnahme bleiben.
- Aktuell ist nicht der fehlende **Deponieraum** (DK I bis III) das Hauptproblem sondern die häufig die für PFC nicht ausreichende Sickerwasserreinigung. Insgesamt ist Deponieraum vor allem regional knapp, bei Inkrafttreten der Mantelverordnung in Ihrer jetzigen Entwurfsform kann er stark verknappt werden (aber i.W. DK 0, i. W. nicht DK I u. DK II).
- Aufgrund der **großen Mobilität** von **PFC's** wäre die Ablagerung in einer **unter-Tage-Deponie** im Grundsatz einer obertägigen Ablagerung **vorzuziehen** (wird aber voraussichtlich an der Preisgestaltung von UTD scheitern, ggf. Untertageversatz in Versatzbergwerken möglich?).
- Eine **Sicherung von PFC-Altlasten** gemäß § 13 BBodSchG (5) durch ein Sicherungsbauwerk erscheint den Autoren als gangbarer Weg.
- Eine **nachhaltige Zerstörung von PFC** ist derzeit nur durch **Hochtemperaturverbrennung** ≥ 1300 °C möglich.

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!



Thomas Egloffstein
Gerd Burkhardt
Katrin Schumacher

icp@icp-ing.de
www.icp-ing.de

**Entsorgung PFC-belasteter Böden –
Langfristige Kapazitäten auf Deponien**

GAB-/ITVA-Altlastensymposium
2019