



+



=



Kostentreiber in der Behandlung von PFAS-Material

Pytec

VB-SA-Deponietagung, 10. März 2026

Richard Chrenko

Überblick über die nächsten 15-20 Minuten

Zentrale Fragestellungen:

- Wie gross ist das PFAS-Problem?
- Wie können PFAS „entsorgt“ werden?
- Welche Akteure werden eine Rolle spielen?
- Was sind die (heute bekannten) Kostentreiber bei der PFAS-Entsorgung?
- Welche Rolle spielen die Deponien in einer erfolgreichen PFAS-Sanierungsstrategie?

Ist die halbe Schweiz schon eine PFAS-Deponie?

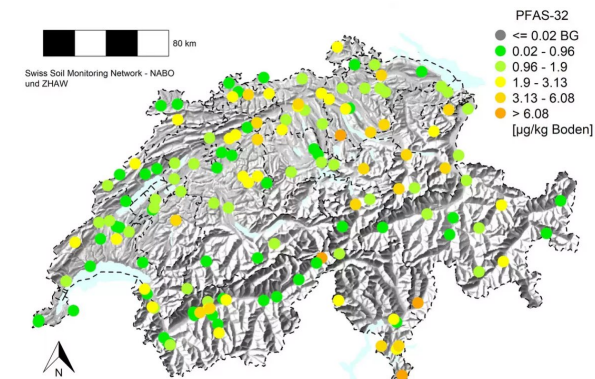
Problemstellung

- Gesundheitsschädigende PFAS sind fast flächendeckend im Oberboden zu finden (Medianbelastung 1.4 µg/kg gemäss PFAS-32)
- An belasteten Standorten (z.B. Areale von Chemiefabriken, Löschübungsplätze) treten Konzentrationen im Bereich mehrerer 100 µg/kg auf.

→ nach fossilem CO₂ in der Luft, Mikroplastik überall und hormonaktiven Substanzen im Abwasser, **sind PFAS ein nächstes vom Menschen verursachtes globales Umwelt- und Gesundheitsproblem.**

U-Wert	0.5 µg/kg	Grenzwert für unverschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial nach Anhang 3 Ziffer 1 VVEA
T-Wert	1.5 µg/kg	Grenzwert für schwach (oder tolerierbar) verschmutztes Aushubmaterial nach Anhang 3 Ziffer 2 VVEA
B-Wert	2.5 µg/kg	Grenzwert für zugelassene Abfälle auf Deponien des Typs B nach Anhang 5 Ziffer 2.3 VVEA
E-Wert	5 µg/kg	Grenzwert für zugelassene Abfälle auf Deponien des Typs E nach Anhang 5 Ziffer 5.2 VVEA

Quelle: BAFU, 2026 (Grenzwerte beziehen sich auf PFAS-16)



Quelle: ZHAW, 2023

Wie geht ein Sanierer die PFAS-Themen an?

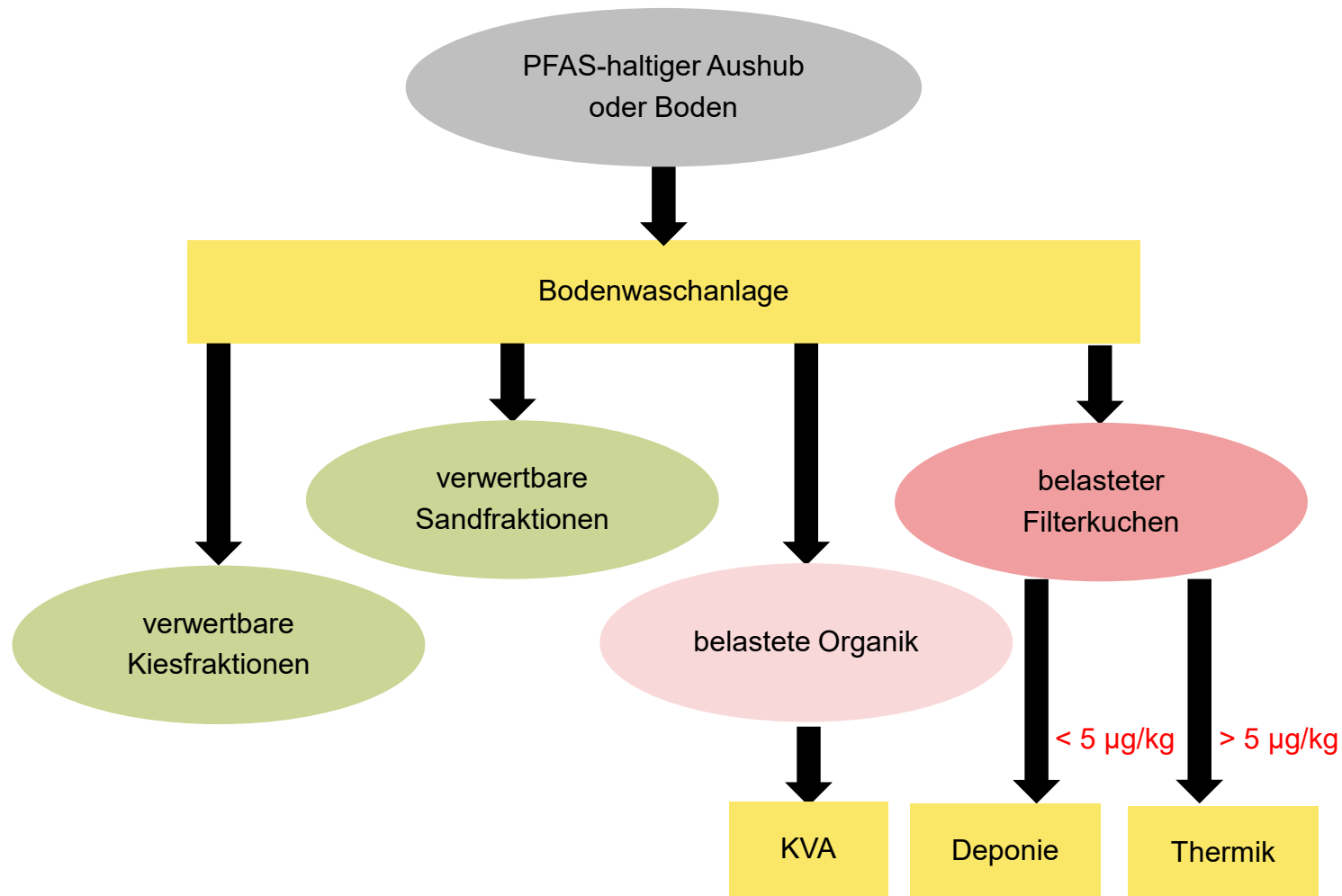
Es kommt drauf an ...

... ob eine Untersuchung des Standorts auf PFAS erfolgt. Gemäss einer kantonalen Umweltbehörde ist *«eine Bodenuntersuchung auf PFAS, wie bei allen anderen Schadstoffen, nur bei konkretem Verdacht vorzunehmen.»*

Ein Sanierer hat zwei Möglichkeiten:

1. **Augen zu**, keine schlafenden Hunde wecken und eine **günstige** Entsorgung anstreben
→ PFAS-Material wird weiterhin verteilt bis ein Abnehmer es merkt (und dann evtl. dafür haftet!)
2. **Vorsichtig agieren** und ein **teures** PFAS-Entsorgungskonzept verursachen
→ für die Behandlung und Entsorgung von PFAS werden massive Kapazitäten benötigt

Typischer Stofffluss einer «PFAS-Sanierung»

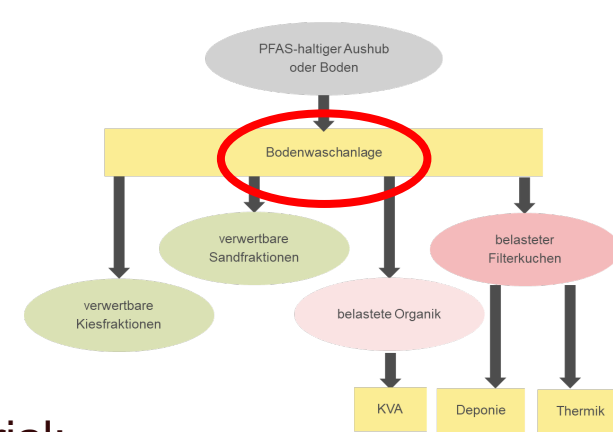


Typischer Stofffluss einer «PFAS-Sanierung»



Pytec

Element Bodenwäsche



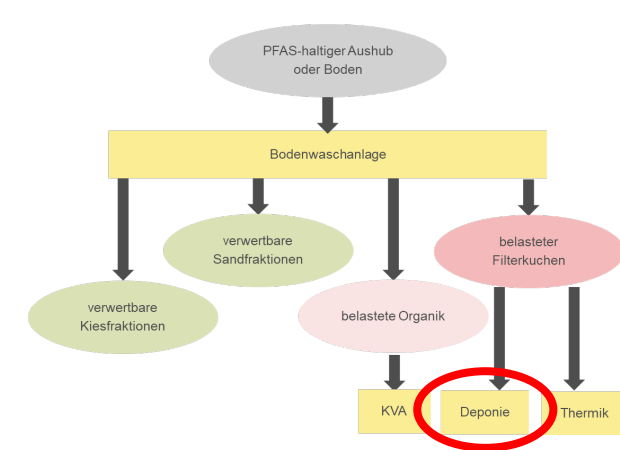
Aktueller Stand der Technik für die Behandlung von belastetem mineralischem Material:

- PFAS wird im Feinanteil angereichert
 - Entsorgung in Deponie falls $< 5 \mu\text{g/kg}$, sonst in Thermik (Sondermüllverbrennung)
 - Um diesen Anteil weiter zu reduzieren, werden neuartige Schlammbehandlungskonzepte entwickelt
- PFAS wird auch auf das Prozesswasser übertragen
 - Für die Behandlung von PFAS-Material in einer Bodenwäsche ist eine aufwendige Prozesswasserbehandlung notwendig
- Behandlungskapazitäten im Aufbau
 - Gemäss BAFU könnte bis 2030 in rund 90 % der CH-Anlagenkapazität PFAS-Material behandelt werden (bis zu 1.8 Mio. t/a PFAS-Material) → ist das ausreichend oder braucht es mehr?
 - Die Bewilligungsbehörden sind gefordert → gleich lange Spiesse in allen Kantonen (auch hier bestehen kantonale Unterschiede)

Element Deponie

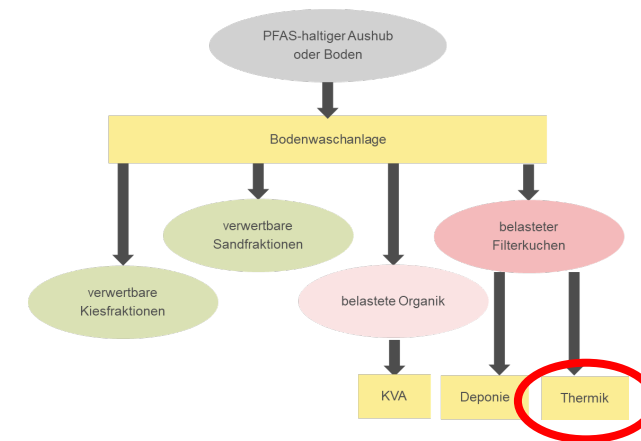
Direkte Ablagerung

- Bisherige Lösung (bzw. auch aktuelle, wenn nicht beprobt)
- Falls andere Verwertungskapazitäten nicht ausreichen, Material bis 5 µg/kg erlaubt (aber Kantone dürfen Grenzwerte verschärfen)



U-Wert	0.5 µg/kg	Grenzwert für unverschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial nach Anhang 3 Ziffer 1 VVEA
T-Wert	1.5 µg/kg	Grenzwert für schwach (oder tolerierbar) verschmutztes Aushubmaterial nach Anhang 3 Ziffer 2 VVEA
B-Wert	2.5 µg/kg	Grenzwert für zugelassene Abfälle auf Deponien des Typs B nach Anhang 5 Ziffer 2.3 VVEA
E-Wert	5 µg/kg	Grenzwert für zugelassene Abfälle auf Deponien des Typs E nach Anhang 5 Ziffer 5.2 VVEA

Element Thermik



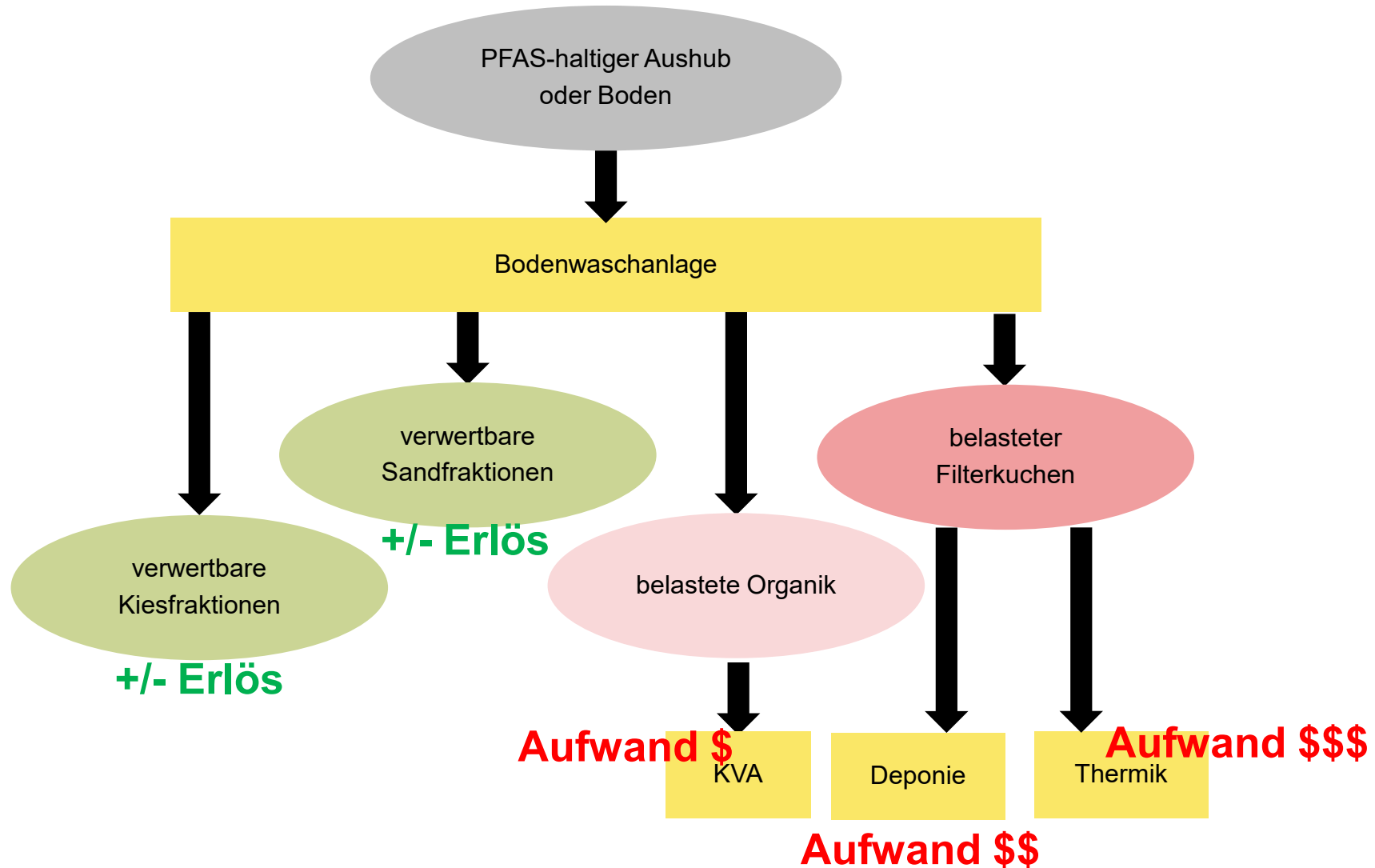
Hochtemperaturverbrennung

- PFAS werden bei 1100 °C und einer Verweilzeit von > 3 Sekunden endgültig zerstört bzw. zu Fluorwasserstoff umgewandelt, durch die Rauchgasreinigung entfernt, anschliessend neutralisiert und als ungiftiges Calciumfluorid abgesondert.
- Derzeit bestehen in der Schweiz keine bewilligten Kapazitäten und nur sehr wenige in Europa.

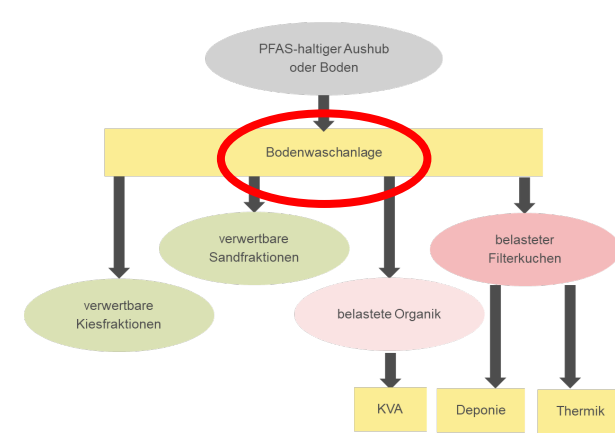
Zementwerke

- Die sechs CH-Zementwerke können die Anforderungen grundsätzlich einhalten, teilweise sind Anpassungen der Rauchgasreinigungsanlagen erforderlich.
 - Für niedrige PFAS-Belastungen (etwa deponierbares Material) kann das PFAS-haltige Material als Rohmehlersatz auf der «kalten Seite» aufgegeben werden.
 - Für hohe PFAS-Belastungen müssen die Anlagen auf eine Zugabe auf der «heissen Seite» aufgerüstet werden.
 - Die Kapazitäten sind begrenzt und unterliegen strengen Anforderungen an weitere Schad- und Inhaltsstoffe im Inputmaterial.

Kostentreiber einer «PFAS-Sanierung»



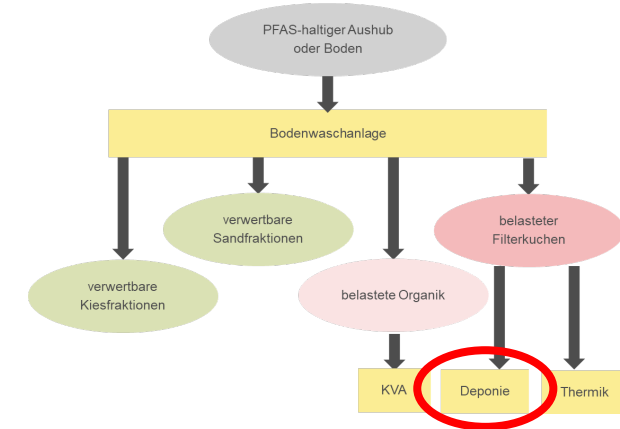
Kostentreiber in der Bodenwäsche



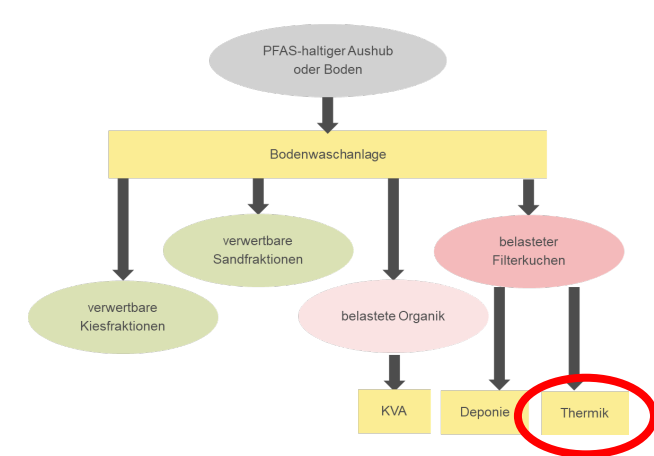
- Prozesswasseraufbereitung
 - Bestehende Prozesse müssen angepasst werden, um PFAS aus dem Waschwasser zu entfernen
- Feinanteil
 - Bestimmt den Durchsatz (Kammerfilterpresse meist Flaschenhals einer Bodenwäsche)
 - Ein hoher Feinanteil ergibt eine grosse Menge an PFAS-belastetem Filterkuchen
- Organikanteil
 - PFAS haftet häufig an der bestehenden Organik, diese muss aufwendig abgeschieden werden
 - Oberböden mit hohem Organikanteil führen zu reduziertem Durchsatz
 - Abgeschiedene PFAS-haltige Organik wird (noch?) von KVA angenommen und thermisch verwertet
- Verwertbarkeit der Kies- und Sandfraktionen
 - Um die Wirtschaftlichkeit der Anlage zu erhöhen kann ein zweiter Waschgang notwendig sein
- Entsorgung
 - Deponierbarer PFAS-haltiger Filterkuchen wird zurzeit von diversen Deponien pauschal abgelehnt
 - Hohe Transport- und Entsorgungskosten bei ausländischen Thermikanlagen

Kostentreiber auf Deponien

- Verlängerung der Nachsorge
 - wie lange bleibt PFAS mobil?
 - falls 50 Jahre Nachsorge nicht reichen, wer übernimmt die Kosten nachher?
- Konzentrierte Ablagerung
 - Einige Deponien erstellen neue Kompartimente nur für PFAS-haltiges Material
 - B-Kompartiment für PFAS zeitweise teurer als ein E-Kompartiment anderswo
- Organik
 - Wegen hohem Organikanteil muss der Filterkuchen aus schwach belastetem Oberboden oft auf teure E-Deponie
- Sickerwasser
 - Zurzeit gibt es keine verbindlichen PFAS-Grenzwerte
 - Kosten einer evtl. Behandlung sind stark vom Grenzwert abhängig (langkettige PFAS werden durch übliche Aktivkohlefilter entfernt, kurzkettige brauchen teurere Massnahmen wie Ionentauscher oder Umkehrosmose)



Kostentreiber Thermik



- Brennwert
 - Filterkuchen aus Bodenwaschanlagen sind nicht brennbar (grösstenteils Mineralik, häufig 40% Wassergehalt)
 - Muss mit brennbaren Fraktionen gemischt oder mit teuren (fossilen) Brennstoffen erhitzt werden
- Neuanlagen
 - Lange Planungszeiten und schwierige Standortsuche (vgl. neue Deponie)
 - Hohe Investitionen bei unsicherer Auslastung und Laufzeit (Sanierungsfrist für PFAS-belastete Standorte?)

Fazit PFAS-Behandlung

- Wir **können PFAS abreinigen** und aufkonzentrieren
- Wir können PFAS aus Oberböden noch **nicht zerstören und gleichzeitig die Bodenqualität schonen**
 - Zurzeit bieten keine in-situ Lösungen die endgültige Zerstörung von PFAS an
 - Oberboden muss abgetragen werden, und die Organik anschliessend getrennt und entsorgt
- Zurzeit können PFAS-Sanierungsprojekte **noch (einigermassen) bezahlbar** abgewickelt werden
- Die PFAS-Behandlungskapazitäten der **Bodenwaschanlagen sind zurzeit nicht limitierend**
- **End-of-Pipe-Probleme behindern** jedoch die Erhöhung der PFAS-Sanierungsrate
 - Technisch begrenzte Thermik-Kapazitäten
 - Deponien gehen äusserst vorsichtig mit PFAS vor

Rolle der Deponien

- Deponien hätten die dringend notwendige Entsorgungskapazität für PFAS-haltige Abfälle < 5 µg/kg
- Sie werden wegen Rechtsunsicherheiten gehemmt, das vorhandene Potenzial bereitzustellen
- Wie kann die Deponie-Branche zu Lösungsansätzen kommen?
 - Sich als Branche bei der Erarbeitung von Gesetzen und Verordnungen zum Thema PFAS (z.B. PFAS-Verbote, Deponie-Nachsorge) **aktiv engagieren**
 - Klärung der **Anforderungen an die Sickerwasserbehandlung** (möglichst effektiv, zusammen mit BAFU)
 - technische und wirtschaftliche Machbarkeit von konkreten Varianten besprechen
 - Breite Diskussion zum **Ausbau der Thermikkapazitäten**, denn es braucht beide Entsorgungswege!
 - Sind **Schweizer KVA** für die Entsorgung von PFAS geeignet?
 - Welche Teilfraktionen und Mengen können in **Zementwerken** entsorgt werden?
 - Wäre eine **neue Thermikanlage** in ausreichender Grösse in der Schweiz machbar?



**Besten Dank
für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Richard Chrenko

richard.chrenko@rytec.ch

031 511 13 22