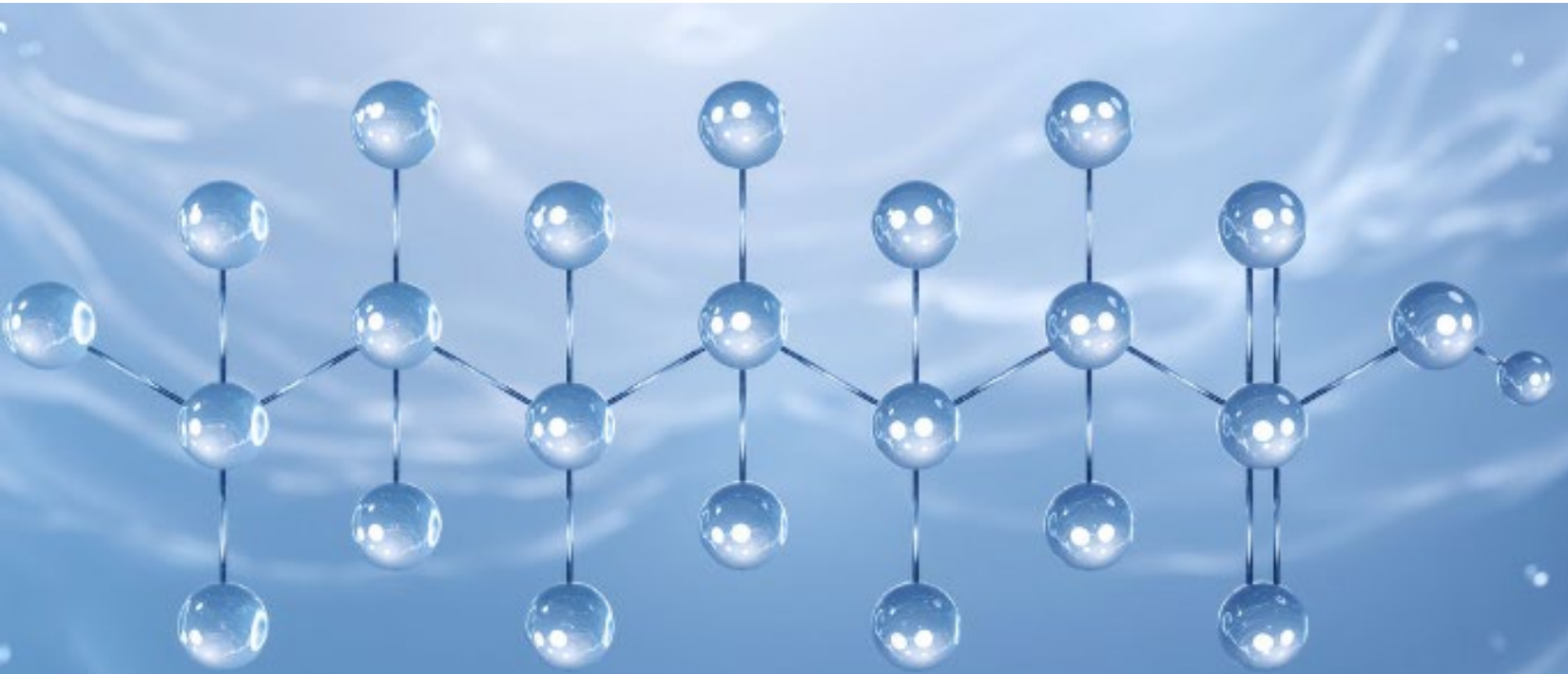
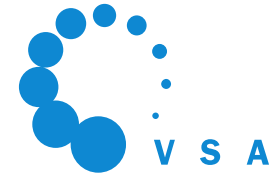


Verband Schweizer
Abwasser- und
Gewässerschutz-
fachleute

Association suisse
des professionnels
de la protection
des eaux

Associazione svizzera
dei professionisti
della protezione
delle acque

Swiss Water
Association



VSA Leitfaden Stand der Technik Elimination PFAS

7. Nationale Deponietagung VBSA, 10. März 2026

ENTFERNUNG VON PFAS AUS GEFASSTEM DEPONIE- SICKERWASSER UND GEPUMPTEM VERUNREINIGTEM GRUNDWASSER VON BELASTETEN STANDORTEN

Leitfaden zum Stand der Technik

Bezug des Leitfadens

www.vsa.ch

Publikationen /

Industrie und Gewerbe

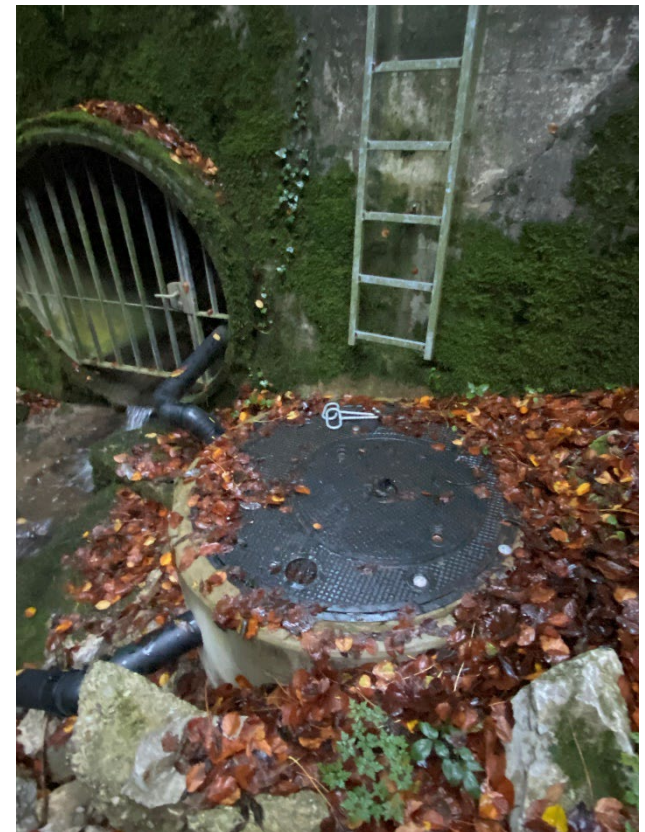


Umsetzung VSA CC IG

- Projektleitung durch VSA
- Finanzierung / Auftrag BAFU
- Co-Projektleitung
Nadine Schneider AWEL/Abfallwirtschaft
Patrick Locher, AWA/Industrie und Gewerbe
- Auftragnehmer: Econetta
- Begleitgruppe
BAFU, VSA, VBSA, FH/Uni, 3 Anlagespezialisten, Kantone
- Start erfolgte am 27. Mai 2024, Publikation Juli 2025

Inhalt Präsentation

- Zweck und Stellung VSA-Leitfaden
- Was bedeutet «Stand der Technik»?
- Inhalte Leitfaden und Vorschläge
Eliminationsleistung PFAS
- Sickerwasserwerte Kanton Bern
- Kurze Beleuchtung
Matrixeffekte Sickerwasser



Zweck und Stellung des Leitfadens

- **Konkretisiert Anforderungen Gewässerschutzgesetzgebung:**
 - gute Praxis / StdT
 - einheitlicher Vollzug
- **Dokumentieren** Entfernung von PFAS:
 - gefasstes Deponiesickerwasser
 - gepumptes, verunreinigtem Grundwasser von belasteten Standorten
 - Eliminationsleistung PFAS
- Anwendung zusammen mit der Vollzugshilfe für **gefasstes Deponiesickerwasser** (Deponien gemäss VVEA)

Definition „Stand der Technik“ (Auszug)

- Fortschrittlicher Entwicklungsstand technologischer Verfahren.
- Verfahren in der **praktischen Anwendung bewährt** / in der Praxis sicher durchführbar.
- **Wirtschaftliche Durchführbarkeit** muss gewährleistet sein
- Wirtschaftliche Durchführbarkeit \neq individueller betriebswirtschaftlicher **Vertretbarkeit oder Zumutbarkeit**
- Bezieht sich auf eine **Branche**

Verhältnismässigkeit (Auszug)

- erzielbaren Endkonzentrationen gemeinsam mit Fachexperten hergeleitet, «best guess»-Abschätzung
 - Berücksichtigt die schweizerische Situation der PFAS-Belastungen
 - Es konnte **nicht** auf Daten von Pilotversuchen zurückgegriffen werden.
 - **Keine** belastbaren Angaben zu **Kosten** der einzelnen Verfahren
- Aus diesem Grund muss die Verhältnismässigkeit derzeit im Einzelfall geprüft werden.

Herausforderungen Leitfaden

- Jede Deponie ist anders:
Bestehende Vorbehandlung / Konzentrationsbereiche /
Eliminationsgrad / Behandlung bis Destruktion PFAS?
- Altlastensanierungen dringend und laufen bereits
- Spagat Grundwasser – Deponiesickerwasser
- **StdT zum Zeitpunkt November 2024**
→ Bereits neue Entwicklungen und
aktuelle Erfahrungen

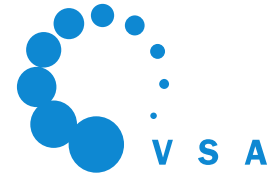


Verfahrensauswahl

- **7 Einzelverfahren** wurden als erprobt für die Entfernung von PFAS bestimmt
- **Verfahrenskombinationen** sind voraussichtlich nötig um sowohl lang- als auch kurzkettige PFAS effizient zu entfernen
- **Vorbehandlung** kann nötig sein (insbesondere bei Deponie-sickerwasser mit hoher Salz- bzw. DOC-Konzentration)

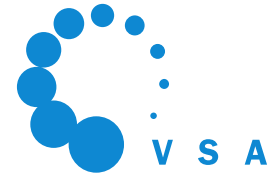


Beispiel erprobte Verfahren - Abscheidung



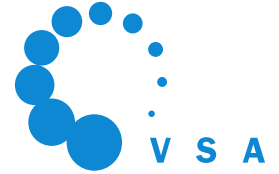
| | | |
|------------|------------------|---|
| Separation | Adsorption | <ul style="list-style-type: none">• Adsorption granuliert Aktivkohle (GAK), oft in Kombination• Sorption an Ionentauscher, oft in Kombination• Sorption an Polymere oder andere Stoffe |
| | Fällung/Flockung | <ul style="list-style-type: none">• Fällung mit Polymer, auch als Vorstufe zu Ionentauscher oder GAK |
| | Membranverfahren | <ul style="list-style-type: none">• Membranfiltration |
| | Fraktionierung | <ul style="list-style-type: none">• Ozofraktionierung, oft erst nach Aufkonzentrierung durch andere Verfahren• Schaumfraktionierung, oft nach Aufkonzentrierung durch andere Verfahren• Druckentspannungs-Flotation• Abwasserstripping |

Beispiel erprobte Verfahren - Abbau



| | | |
|--------------------|-----------------------------------|--|
| Destruktion | Ultraschall | <ul style="list-style-type: none">• Sonolyse |
| | Oxidation/Reduktion | <ul style="list-style-type: none">• Advanced Oxidation/Reduction• Superkritische Nassoxidation |
| | Elektrochemische Verfahren | <ul style="list-style-type: none">• Elektrochemische Oxidation, für die Behandlung von Konzentraten• Elektrokoagulation |
| | UV | <ul style="list-style-type: none">• Photoabbau, Photokatalyse |
| | Plasma | <ul style="list-style-type: none">• Abbau im Wasserplasma |
| | Kugelmühle | <ul style="list-style-type: none">• Abbau durch thermische/mechanische Einwirkung |

Vorschlag erreichbare Konzentrationen langkettige PFAS gemäss dem Stand der Technik



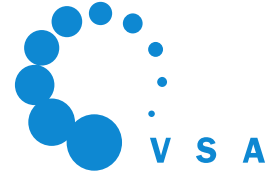
zB. PFOS, PFOA, PFH_xS, PFNA

Der Stand der Technik („best-guess“) entspricht hier einer Konzentration von **5 ng/l für die Einzelsubstanz** PFOA.

→ PFOA wird an Aktivkohle am wenigsten sorbieren bzw. am schnellsten verdrängt → Richtsubstanz für langkettige PFAS

Höchstwert **Summe = 20 ng/l**

Vorschlag erreichbare Konzentrationen kurzkettige PFAS gemäss dem Stand der Technik



kurzkettige PFAS: zB. PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFBS

Der Stand der Technik („best-guess“) entspricht hier einer Konzentration von **10 ng/l für die Einzelsubstanz** PFBA.

→ PFBA wird im Ionentauscher am wenigsten sorbieren bzw. am schnellsten verdrängt → Richtsubstanz für kurzkettige PFAS

Höchstwert **Summe = 50 ng/l**

Erreichbarkeit Konzentrationswerte für PFAS gemäss dem „Stand der Technik“

«Damit diese PFAS-Endkonzentrationen im Deponiesickerwasser erreicht werden, müssen vorgängig **Salze und DOC entfernt** werden...ansonsten sind vermutlich nur Endkonzentrationen erreichbar, die **um einen Faktor 10 höher liegen**»

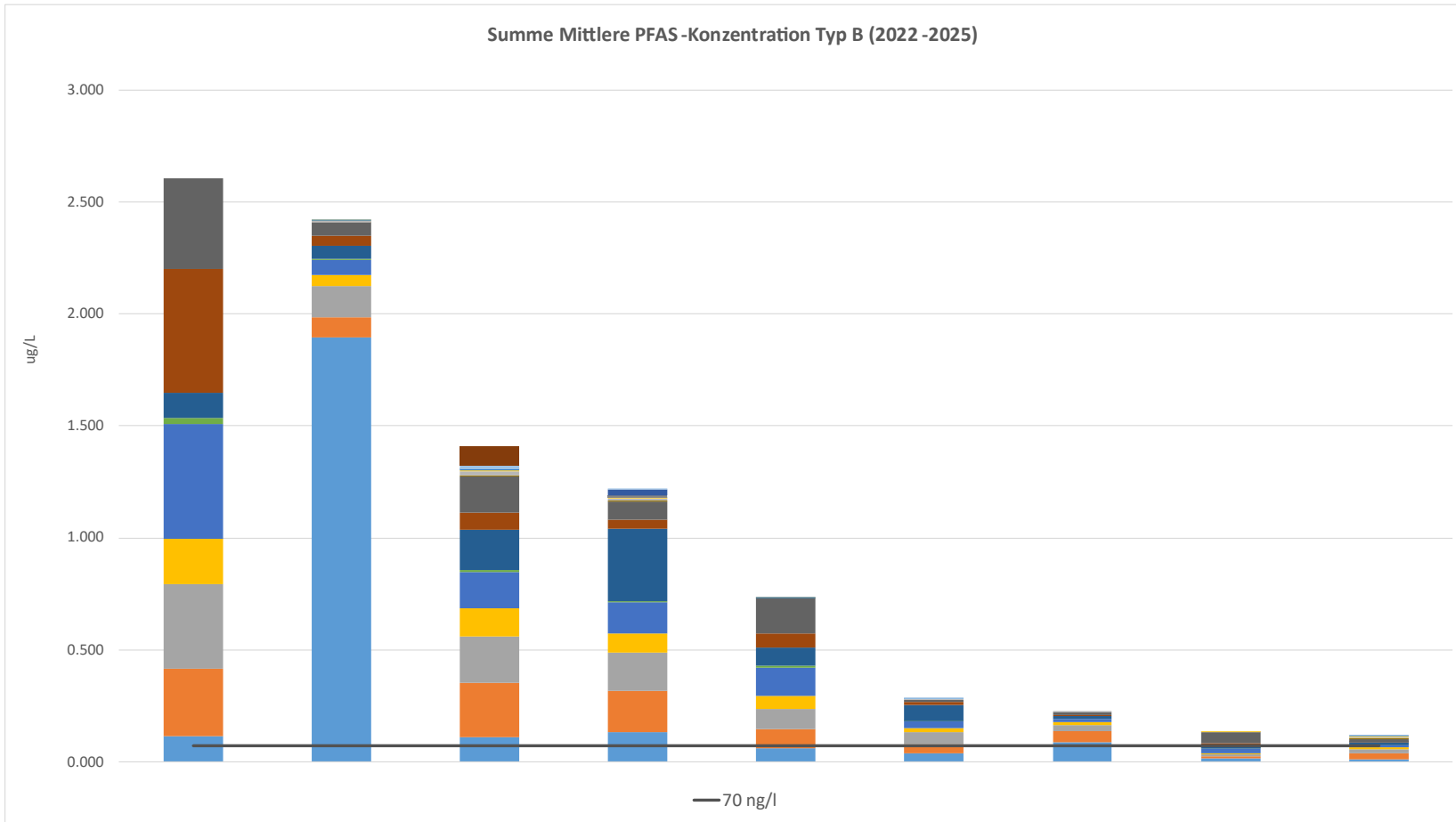
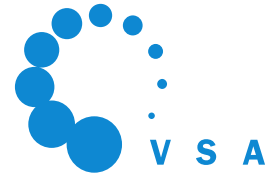
→ Momentane Herausforderung für Deponie des Typs C, D und E!



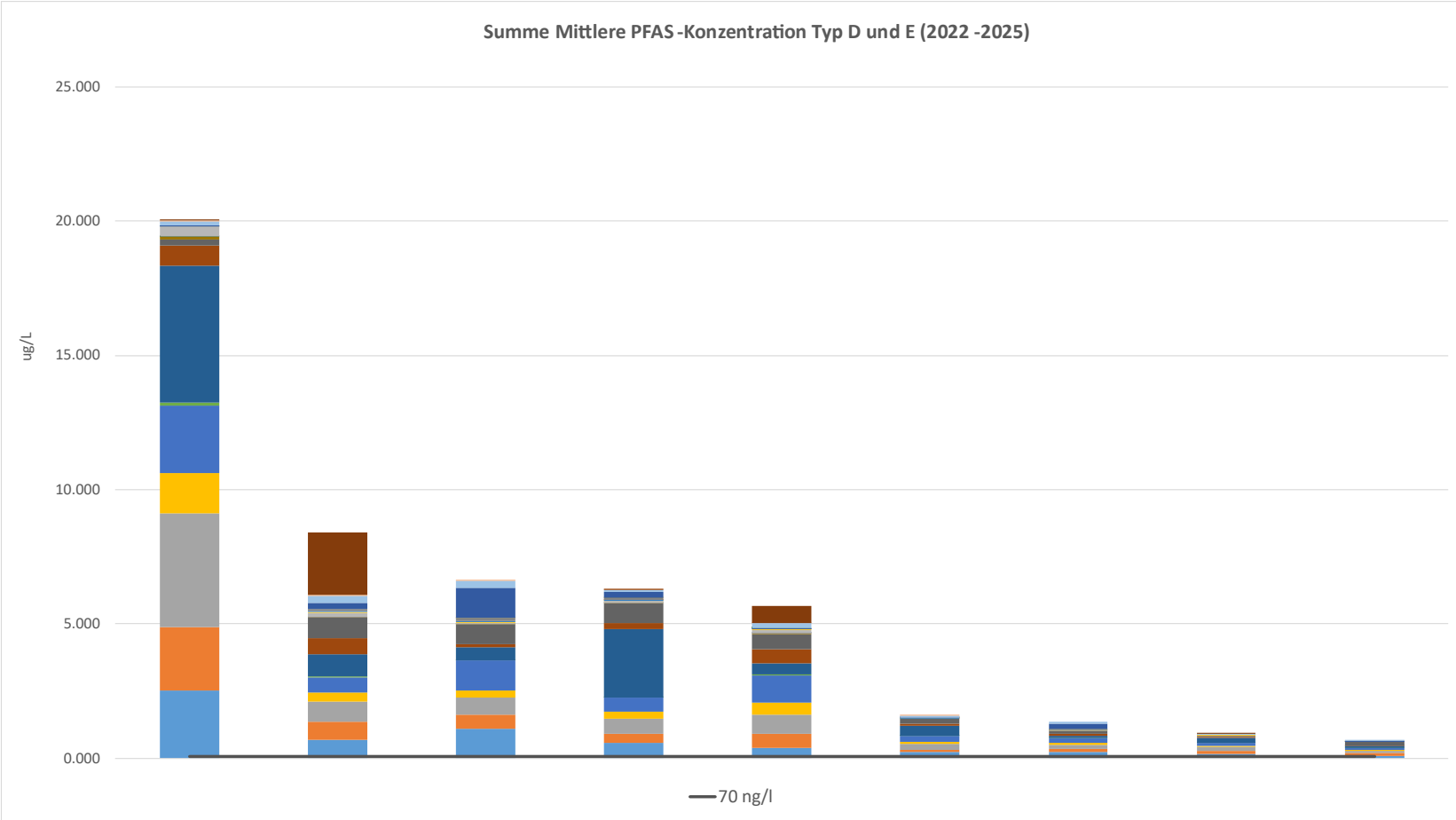
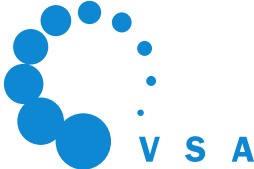
Aktuelles

- Der StdT entwickelt sich momentan sehr schnell weiter
- Beispiele gepumptes Grundwasser / Baugruben- und Niederschlagsabwasser bez. **PFOS** mit Adsorption an AK:
Elimination bis < 1 ng/l
- Minimaler Analytikumfang **PFAS BAFU 16**
- Die Vollzugshilfe Deponiesickerwasser des BAFU ist in Vernehmlassung
→ Der Leitfaden ist integraler Bestandteil dieser VH

PFAS Sickerwasser Typ B (Kanton Bern)

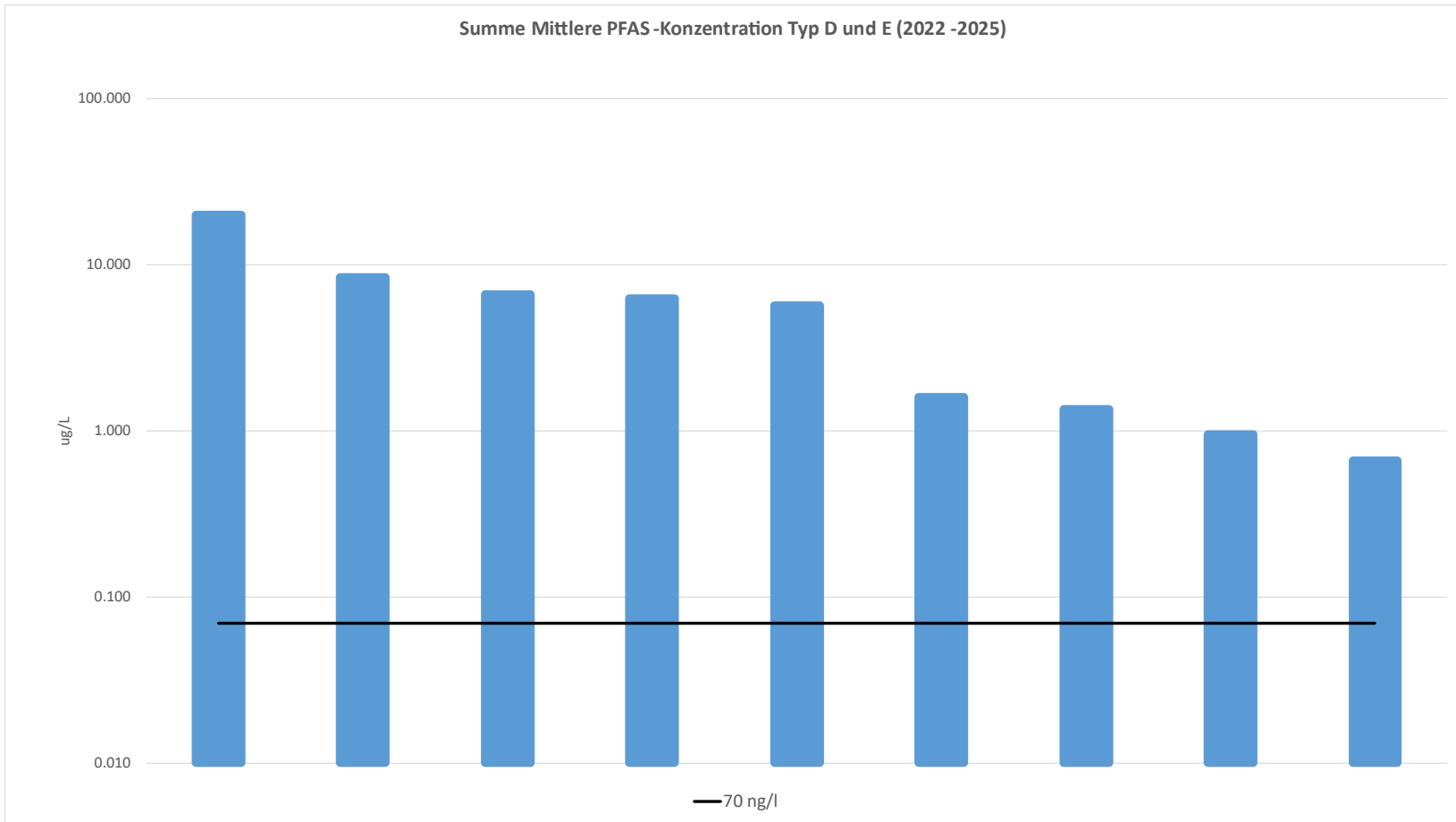
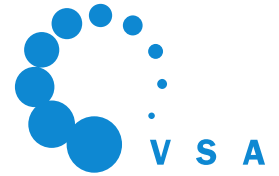


PFAS Sickerwasser Typ D + E (Kanton Bern)



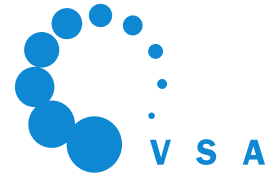
PFAS Sickerwasser Typ D + E (Kanton Bern)

→ logarithmische Darstellung

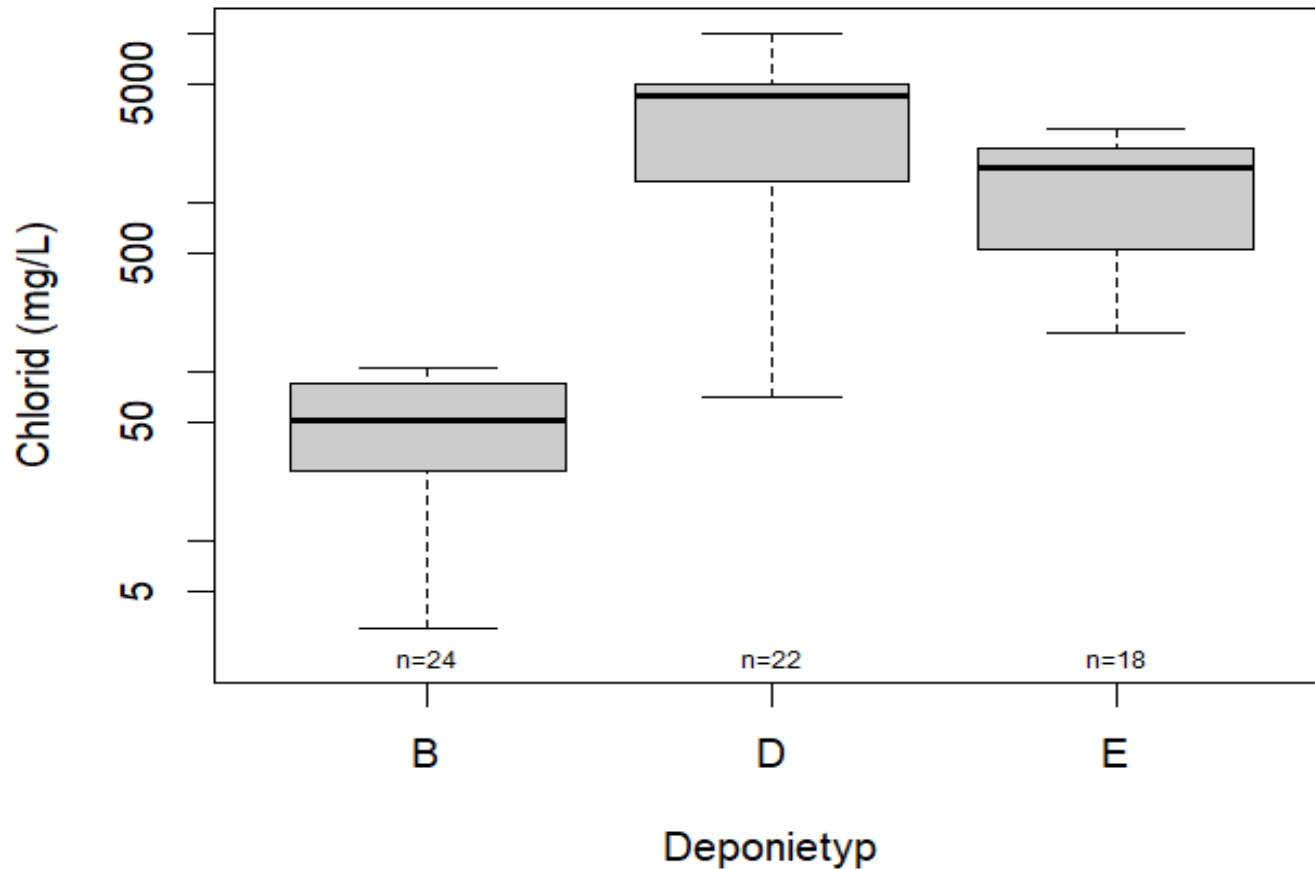


Matrix Sickerwasser, Chlorid (Kanton Bern)

→ logarithmische Darstellung



Chlorid in Deponiesickerwasser (2022-2025)



Fazit

- PFAS-Werte Typ B – E erheblich
- Eliminationsleistung = «Best guess»
- Der StdT entwickelt sich
- Matrixeffekte
- Verfahrenskombinationen
- Herausforderung Entsorgung (AK), Zerstörung PFAS
- «relative» Verhältnismässigkeit
- Vernehmlassung
Vollzugshilfe Deponiesickerwasser



