

Nachhaltigkeitsanalysen zur Sicherung von Kontaminationsfahnen

Dr. Stephan Hüttmann, Sensatec GmbH



INTERNATIONALE VERPFLICHTUNG ZUM HANDELN

➤ Vereinte Nationen

Agenda 2030 – 17 SDGs:

Transformation hin zu einer Welt, in der jede und jeder ökologisch verträglich, sozialgerecht und wirtschaftlich leistungsfähig handelt.



Nachhaltigkeit ist die Entwicklung oder ein Handeln, das die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre Bedürfnisse nicht befriedigen können.*

*Brundtland Bericht (1987): Unsere gemeinsame Zukunft



3.9 Bis 2030 die Zahl der Todesfälle und Erkrankungen aufgrund gefährlicher Chemikalien und der **Verschmutzung und Verunreinigung von Luft, Wasser und Boden** erheblich verringern



6.3 Bis 2030 die **Wasserqualität** durch Verringerung der Verschmutzung, Beendigung des Einbringens und Minimierung der Freisetzung gefährlicher Chemikalien und Stoffe [...]



8.2 Eine höhere wirtschaftliche **Produktivität** durch Diversifizierung, technologische Modernisierung und Innovation erreichen [...]

8.4 Bis 2030 die weltweite **Ressourceneffizienz** in Konsum und Produktion Schritt für Schritt verbessern [...]



13.2 **Klimaschutz**maßnahmen in die nationalen Politiken, Strategien und Planungen einbeziehen



17.16 Die Globale Partnerschaft für nachhaltige Entwicklung ausbauen, ergänzt durch Multi-Akteur-Partnerschaften zur Mobilisierung und zum **Austausch von Wissen, Fachkenntnissen, Technologie** [...]

NACHHALTIGKEIT ALS GESETZLICHE VERPFLICHTUNG IM UMWELTSCHUTZ!

§20a GG:



Der Staat **schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen** [...] durch die Gesetzgebung und nach Maßgabe von Gesetz und Recht [...].

§1 BBodSchG:



„Zweck dieses Gesetzes ist es, **nachhaltig** die Funktionen des Bodens zu **sichern oder wiederherzustellen**.“

§16(2) BBodSchV:



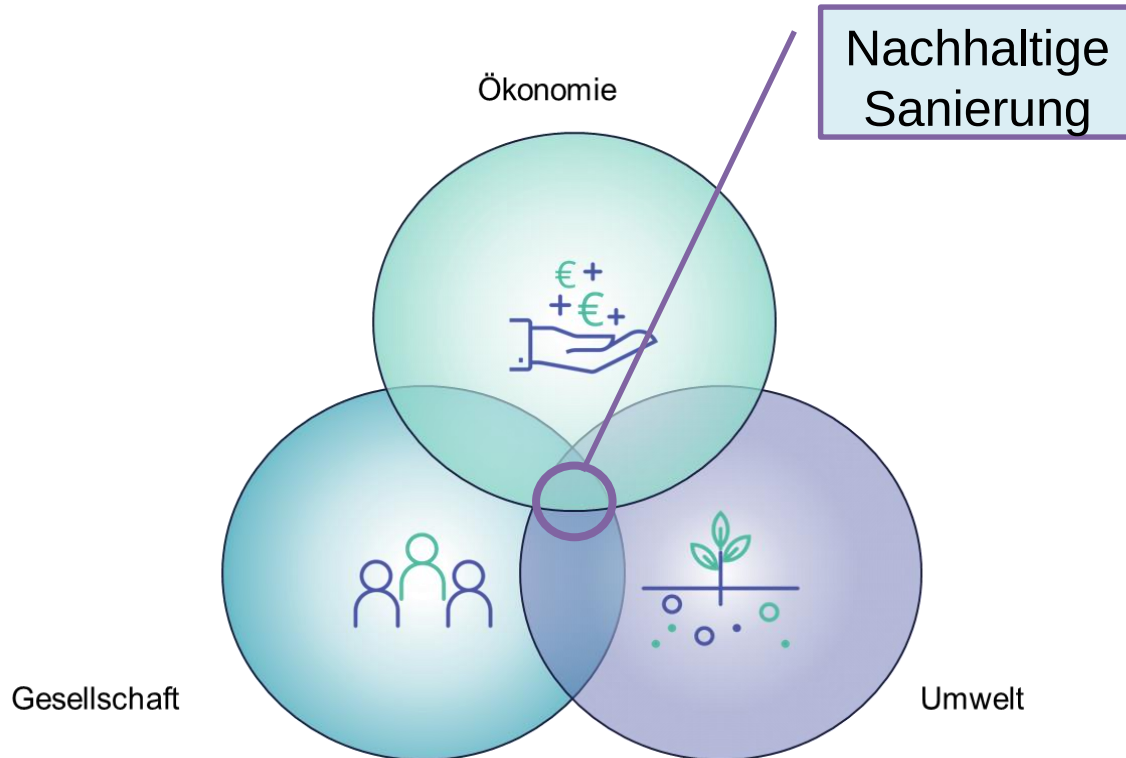
Im Rahmen von Sanierungsuntersuchungen sind [...] sind die **Eignung der Verfahren, deren technische Durchführbarkeit, Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Nachhaltigkeit, [...] sowie die Entstehung, Verwertung und Beseitigung** von Abfällen zu prüfen und miteinander zu vergleichen.

Es bedarf konkreter Handlungsanweisungen zur Umsetzung von Nachhaltigkeitsaspekten in der Altlastensanierung!

BEGRIFFSKLÄRUNG „Nachhaltige Sanierung“

Definitionsvorschlag Sensatec:

Nachhaltig ist eine Sanierungsmaßnahme, wenn sie im Verhältnis zu technisch realisierbaren Verfahrensalternativen ökologisch verträglicher, sozial gerechter und ökonomischer umgesetzt werden kann.



Nachhaltigkeit in der Altlastenbearbeitung – Was können **Sanierungsunternehmen** tun?

Bereitstellung präziserer Informationen zu Ressourcenverbrauch bei den angebotenen Verfahren:

- ✓ Emissionswerte und Stoffverbräuche für Technologien darlegen
- ✓ Verwendung regenerativer Energien bevorzugen
- ✓ Wasserverbrauchsschonende Technologien einsetzen
- ✓ Gefördertes Wasser reinfiltrieren und ins Sanierungskonzept einbinden

Entwicklung ressourcenschonenderer Verfahren für die Altlastensanierung:

- ✓ Energieschonendere Verfahren entwickeln
- ✓ Aktive Abfallreduzierung bei Sanierungsmaßnahmen betreiben

Soziale Aspekte der Altlastensanierung stärker berücksichtigen:

- ✓ Mitarbeiter-Wohlbefinden auch auf der Baustelle sicherstellen!
- ✓ Lieferketten genau prüfen – wo kommen meine Aktivkohlen/Sanierungsreagenzien her?

Aufgabenstellung:

- ▶ Es sollten biologische In-situ-Abstrombarrieren für verschiedene Schadstoffe den klassischen hydraulischen Sicherungsverfahren mit Bezug zu Ressourceneinsatz gegenübergestellt werden.
- ▶ Der Fokus lag auf der Analyse von Verfahren zur Sicherung von Kontaminationsfahnen, wenn generell die Schadensquelle als nicht sanierungsfähig eingestuft wurde.

Datengrundlagen:

- ▶ Gemessene Wirkstoffverbräuche sowie Wasserverbräuche am Standort
- ▶ Gemessene bzw. prognostizierte Energieverbräuche über die Laufzeit
- ▶ Entsorgte bzw. prognostizierte Abfallmenge (z.B. Bodenaushub, Aktivkohle)

Berücksichtigung ökonomischer und sozialer Aspekte

- ▶ Ökonomische Betrachtungen zunächst lediglich über die Sanierungsgesamtkosten
- ▶ Soziale Aspekte wurden mit Bezug zum betroffenen Umfeld analysiert

Verfügbare Handlungsanleitungen für Nachhaltigkeitsanalysen in der Altlastenbearbeitung international

- **SEFA (US-EPA)** – Spreadsheet for Environmental Footprint Analysis (clu-in.org), Bewertungstool für Umweltauswirkungen versch. Verfahren; (Version 3.0, 2019)
- **Sitewise (Battelle)** – Evaluierungshilfe für die Nachhaltigkeitsbewertung von Sanierungsmaßnahmen ([download als zip-file unter sustainableremediation.org](http://download.as.zip-file.under.sustainableremediation.org))
- **SURE tool (Ramboll)** – Entscheidungs- und Kommunikationsinstrument für nachhaltiges Sanierungs-Assessment; Bewertung von Umweltauswirkungen, sozialen und ökonomischen Dimensionen des Projektes (ramboll.com)
- **ISO 18504** – Soil Quality – Sustainable Remediation; Standardisiertes Verfahren zur Bewertung von Sanierungsmaßnahmen nach ökonomischen, sozialen und ökologischen Gesichtspunkten (iso.org)
- **SuRF „Sustainable Remediation Forum“** – umfassende Handlungsanleitungen zur Analyse und Bewertung von Nachhaltigkeitsaspekten in der Altlastenbearbeitung, u.a. SuRF-toolboxes (sustainableremediation.org)

- Mit teerhaltigen Abfällen verfüllte Seefläche auf 45.000 m² - Quelle nicht wirtschaftlich sanierbar
- Mächtigkeit der Auffüllung: 5-12 m
- Belastungen:
 - MKW bis 14.000 mg/kg
 - BTEX bis 160 mg/kg
 - PAK bis 27.000 mg/kg
- GW-Belastung Abstrom:
 - BTEX bis 300 µg/L (Benzol 65 µg/L),
 - PAK bis 1.500 µg/L (Naphthalin 1.300 µg/L),
 - MKW bis 1.200 µg/l
- Kostengünstige Abstromsicherung durch Biobarriere

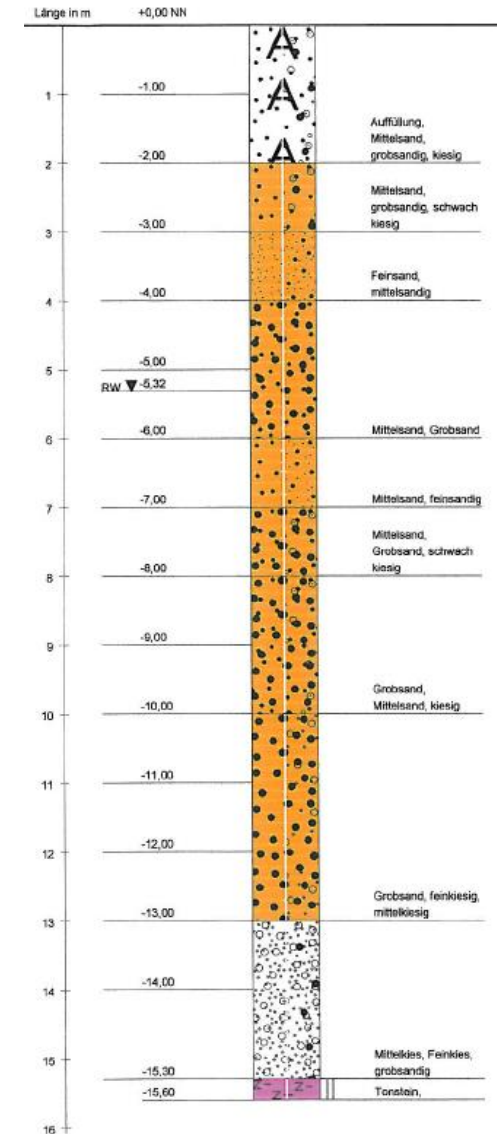


Geologie:

- quartäre Niederterrassenschotter bis 15 m u. GOK
- Wechselnde Schichten aus Feinsand, Mittelsand und Grobsand
- bis ca. 11 m u. GOK mit unterschiedl. Anteilen der einzelnen Sandfraktionen
- ab 11 m u. GOK primär Mittelsand, in Lagen auch Kies
- ab 13 m u. GOK Kies mit Sandanteilen
- ab 15 m u. GOK tertiäre Tone

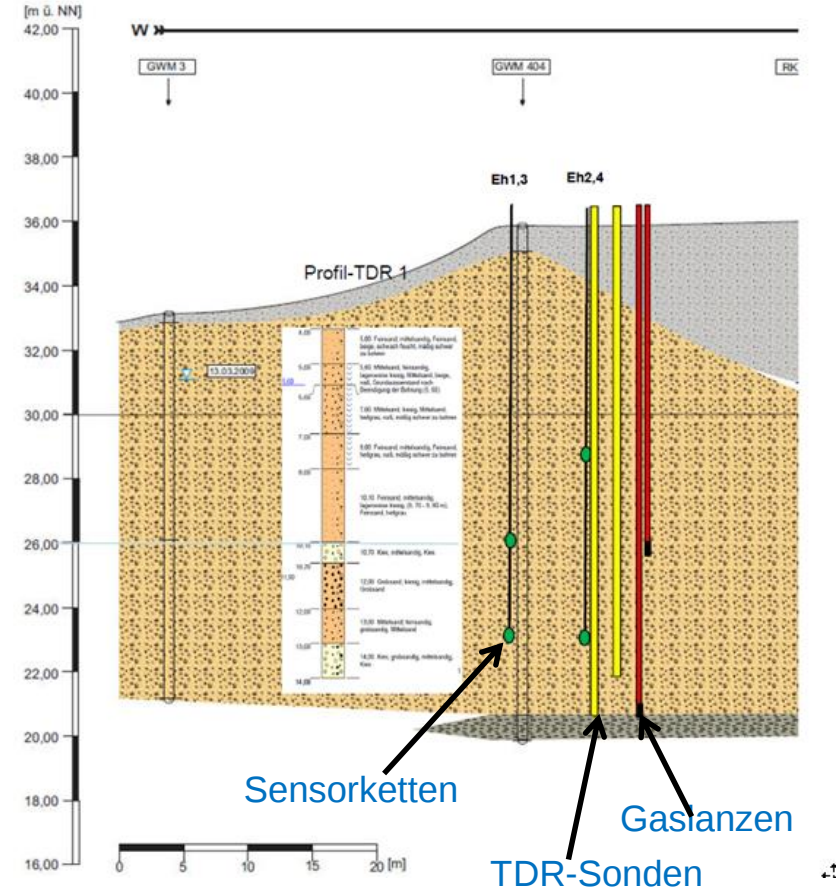
Hydrologie:

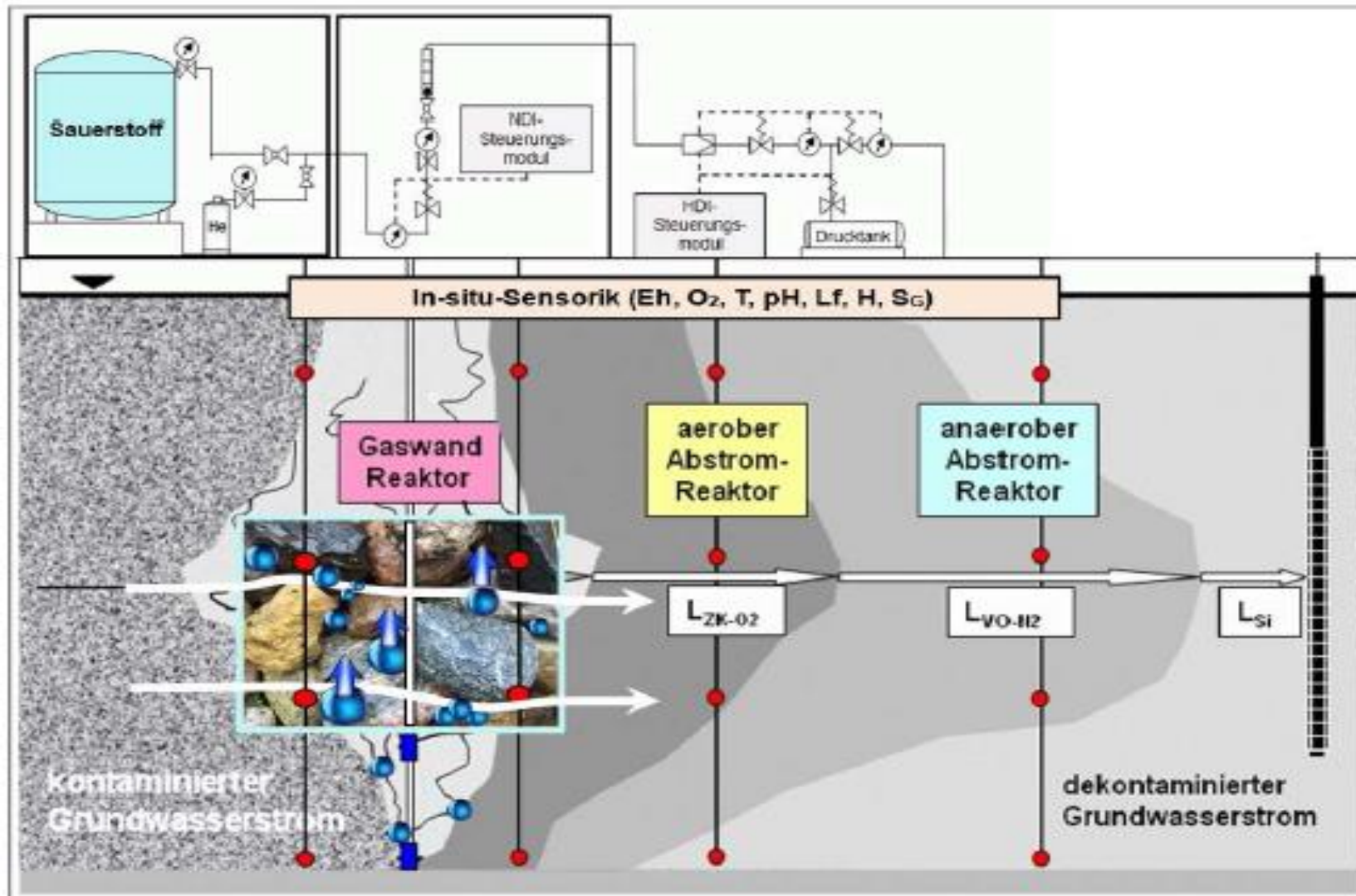
- Grundwasserstände schwanken ca. 0,85 m
- Flurabstand ca. 5-6 m u.GOK
- Abstrombreite ca. 150 m
- Abstandsgeschwindigkeit 732 m/a → 2,0 m/d



FELDTEST EINRICHTUNG BIOXWAND

- Einbau von Gaseintragselementen in ausgewählten Horizonten:
 - unterhalb von Aufstiegsbarrieren
 - Innerhalb von Ausbreitungshorizonten





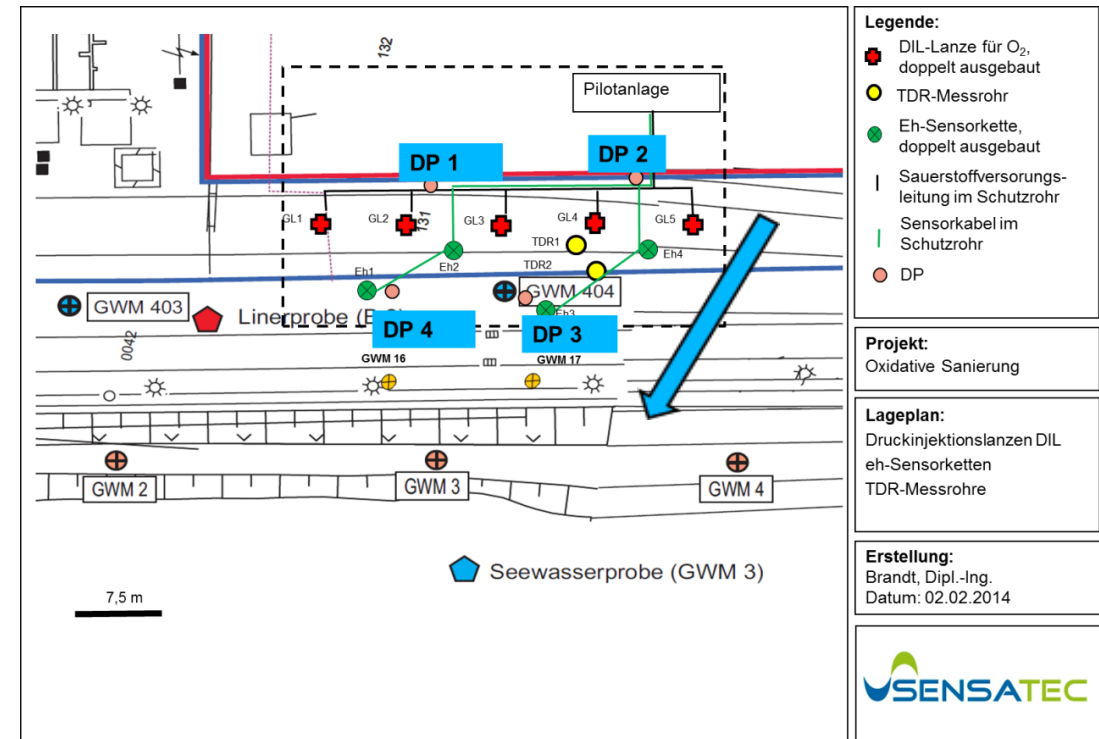
FRACHTBETRACHTUNG BTEX UND PAK

Direct-Push-Sondierungen im Zu- und Abstrom des Gasspeichers

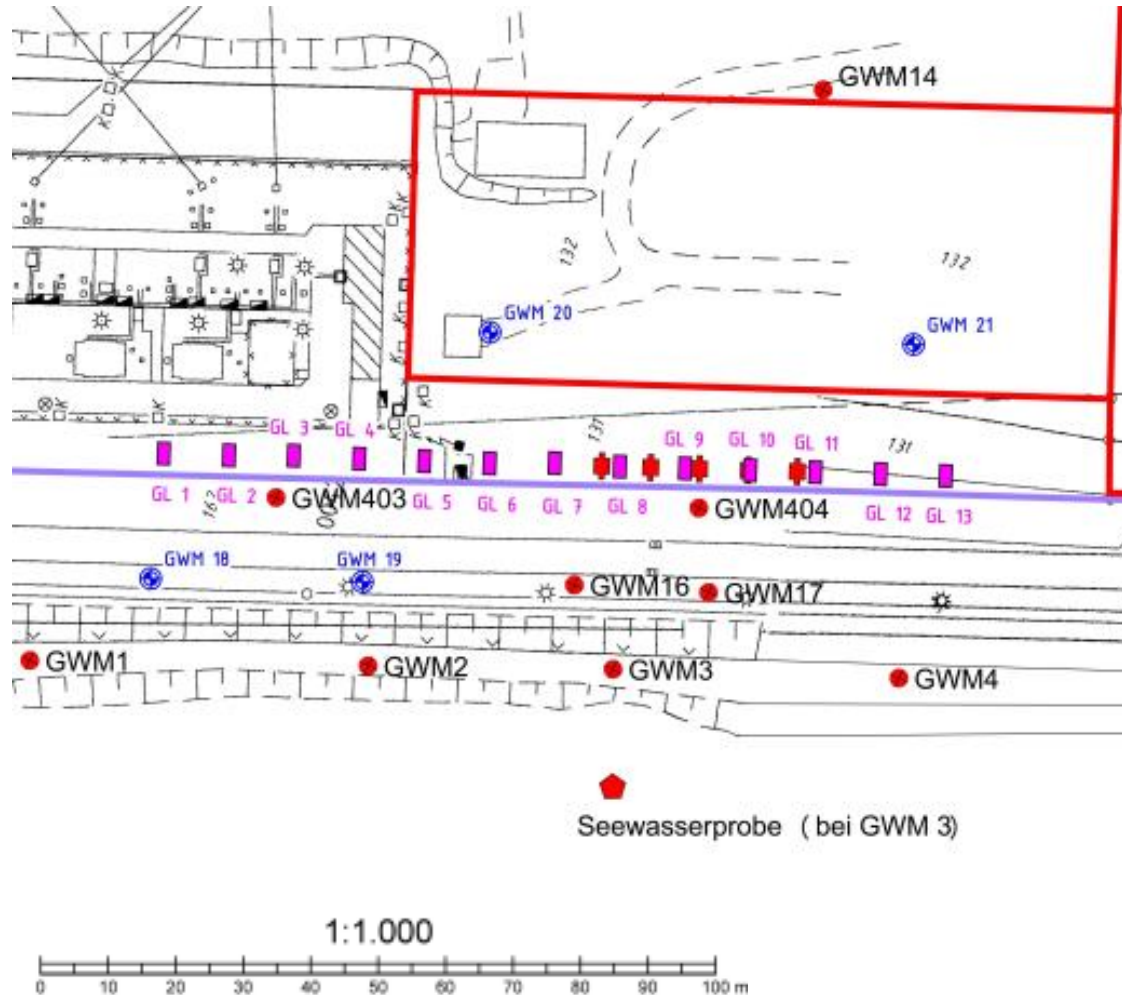
- tiefenzonierte Ermittlung der Schadstoffgehalte und –frachten
- Prüfung durchflusswirksamer Horizonte
- Frage: Wie wirksam ist der Bioreaktor wirklich?

ERGEBNIS:

- 99 – 100 % Abreinigung für BTEX
- 96 – 99 % Abreinigung für PAK n. EPA
- Nach ca. 12 Monaten Betrieb stabil niedrig
- Anfangswert PAK ca. 1.000 µg/l
- Anfangswert BTEX ca. 200 µg/l



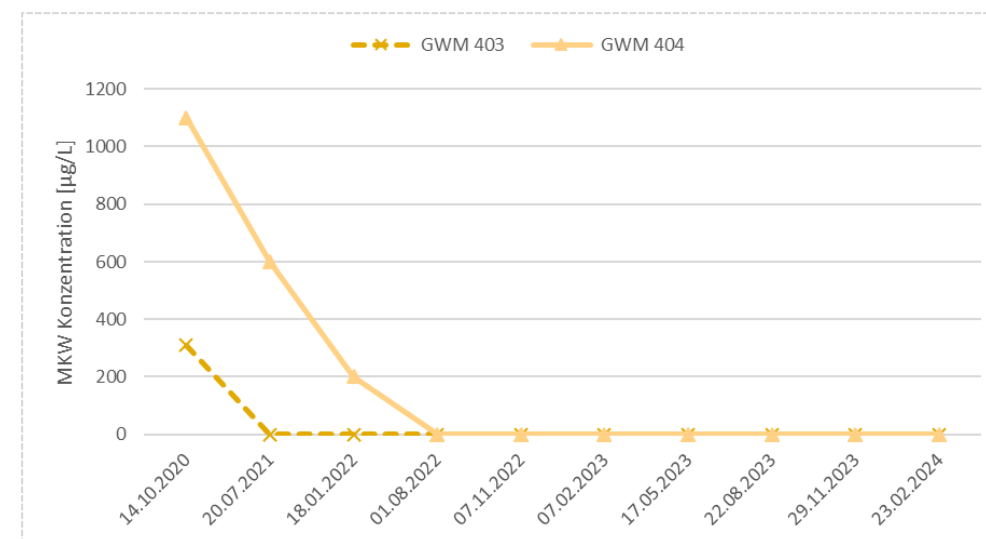
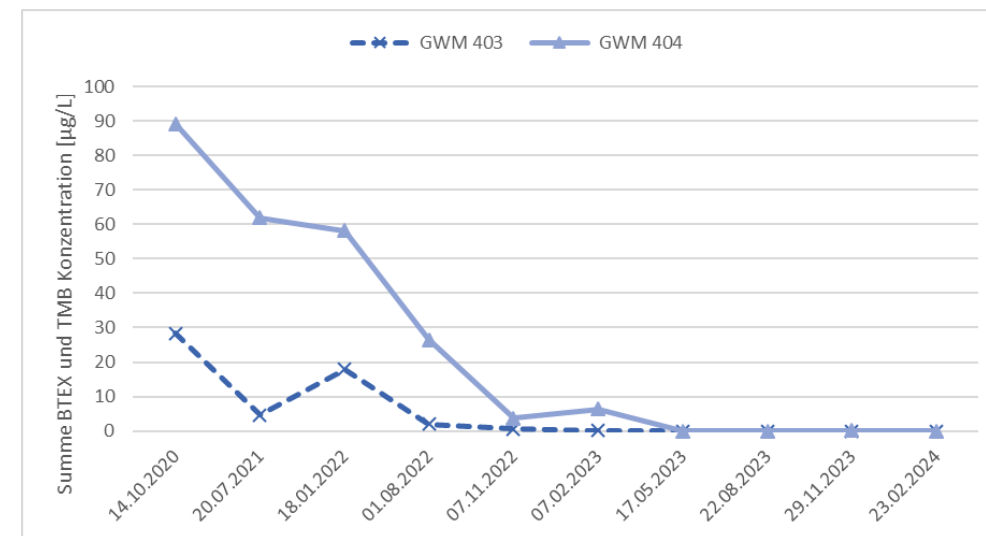
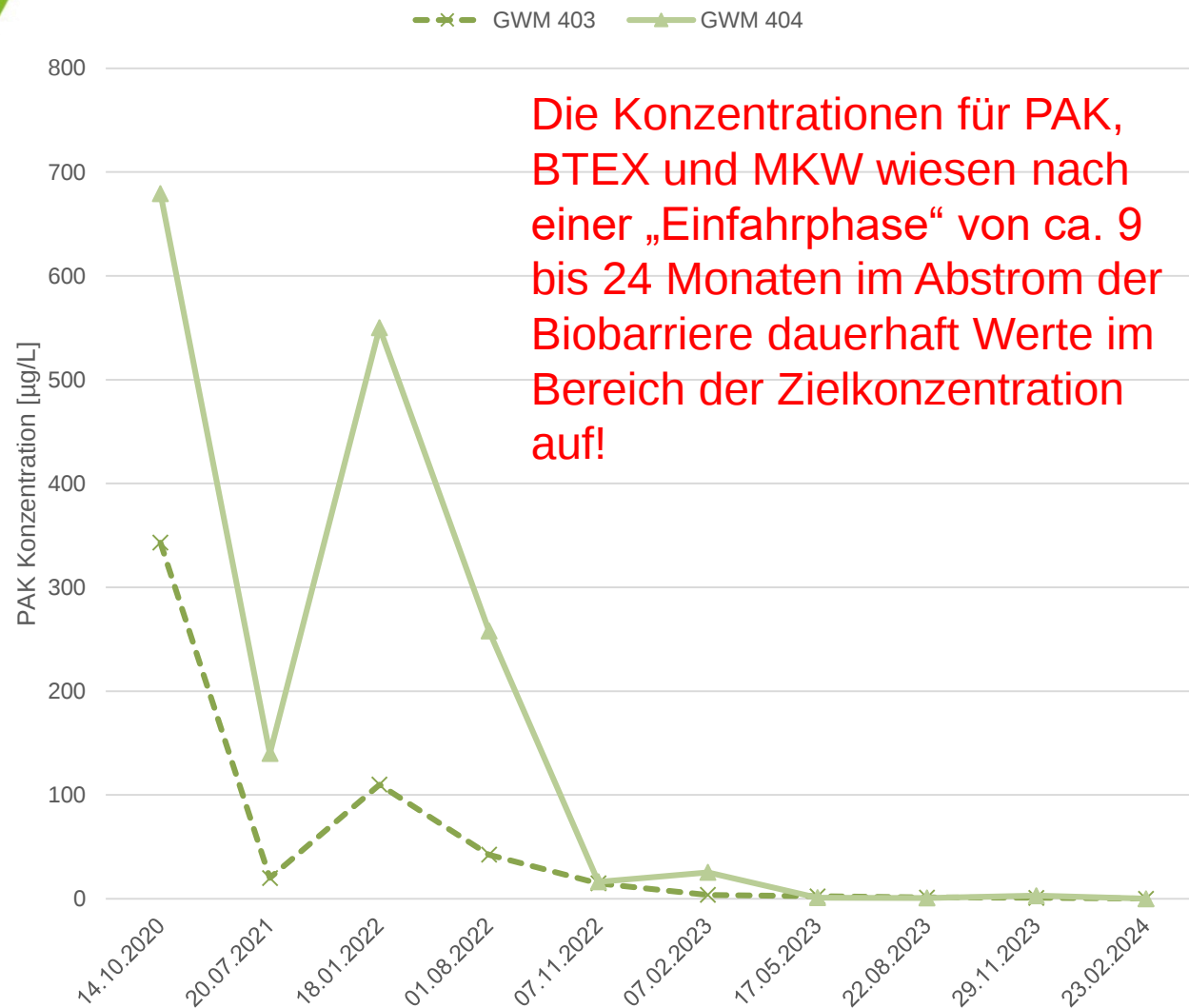
FULL SCALE ANWENDUNG AUF CA. 140 M ABSTROMBREITE



LEGENDE

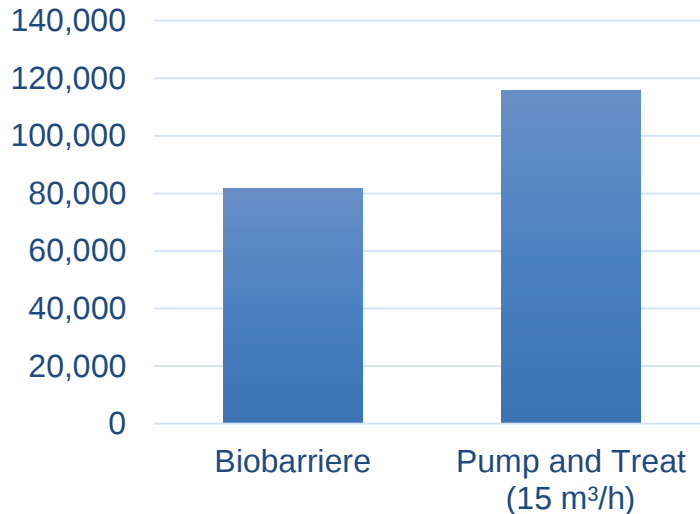
- Teilbereiche Flächen "BEV" und "NRW"
- Begrenzung Gebiet des Sanierungsplans
- Grundwassermessstelle
- ⬮ DIL-Lanze für Sauerstoff (doppelt ausgebaut) (Pilotanlage)
- ⬮ Seewasser-Probenahmestelle
- GWM 18 neue Grundwassermessstelle
- ⬮ GL 1 neue DIL-Lanze für O₂, einfach ausgebaut

ENTWICKLUNG BTEX UND PAK ABSTROMIG BIOXWAND

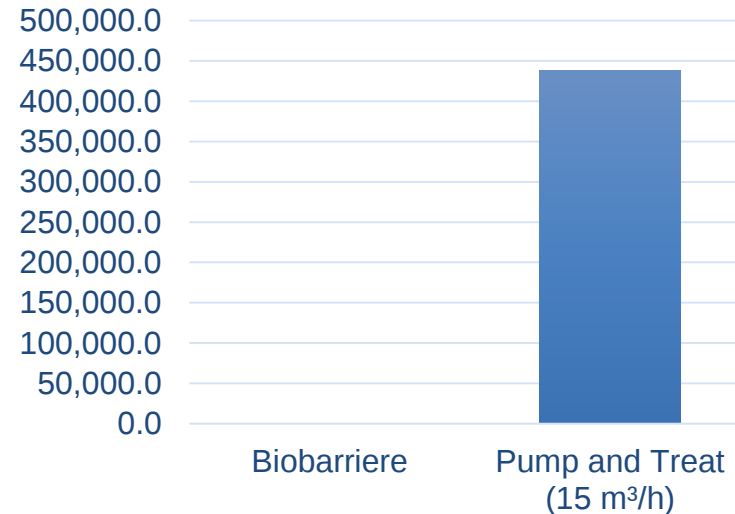


ANALYSE DES RESSOURCENEINSATZES BIOBARRIERE NRW

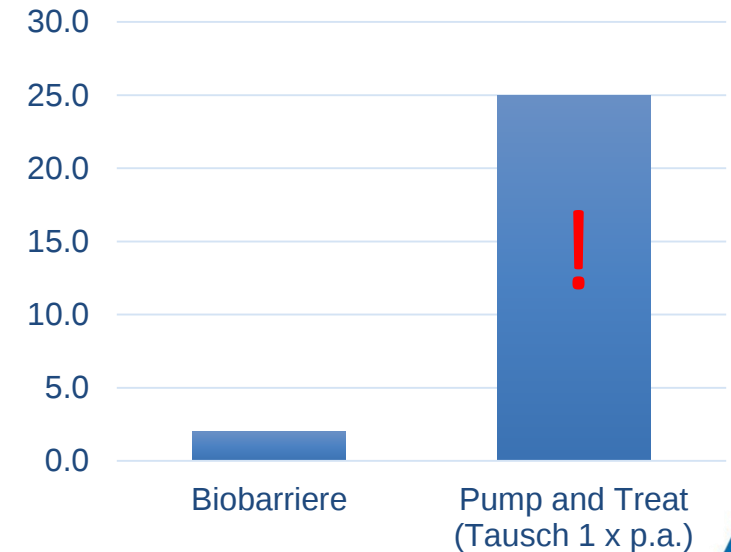
Analyse CO₂-Äquivalente (kg CO₂ /Jahr)



Analyse Wasserverbrauch (m³/Jahr)

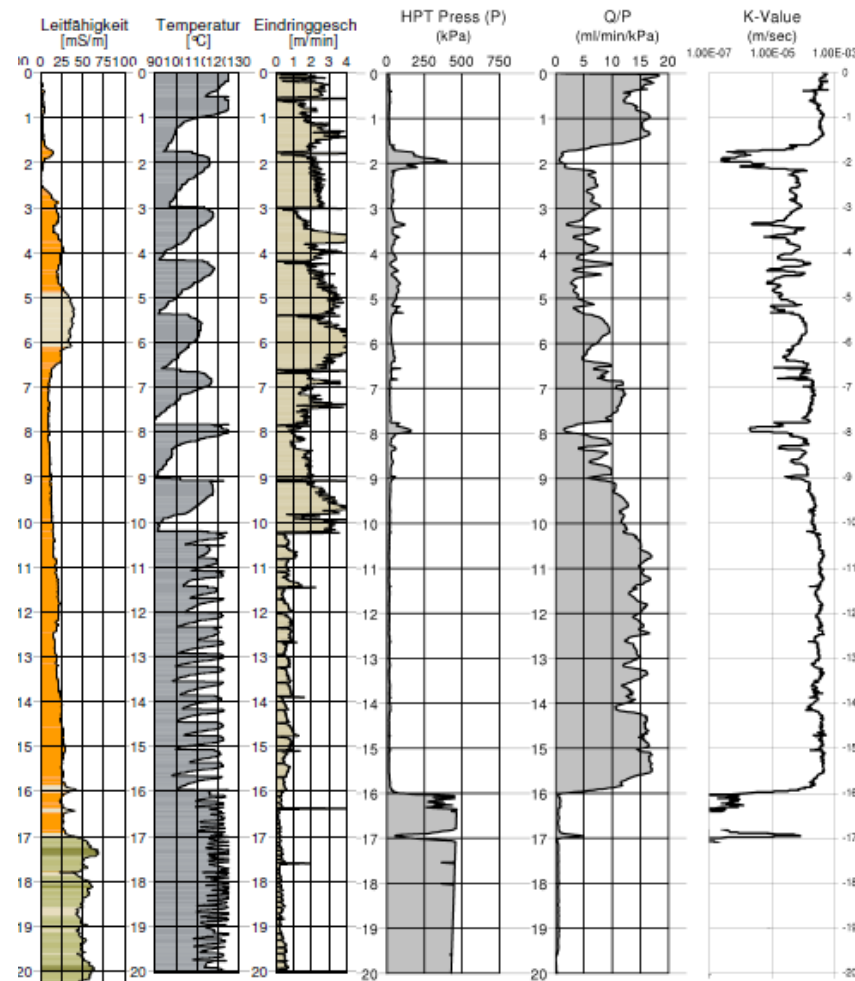
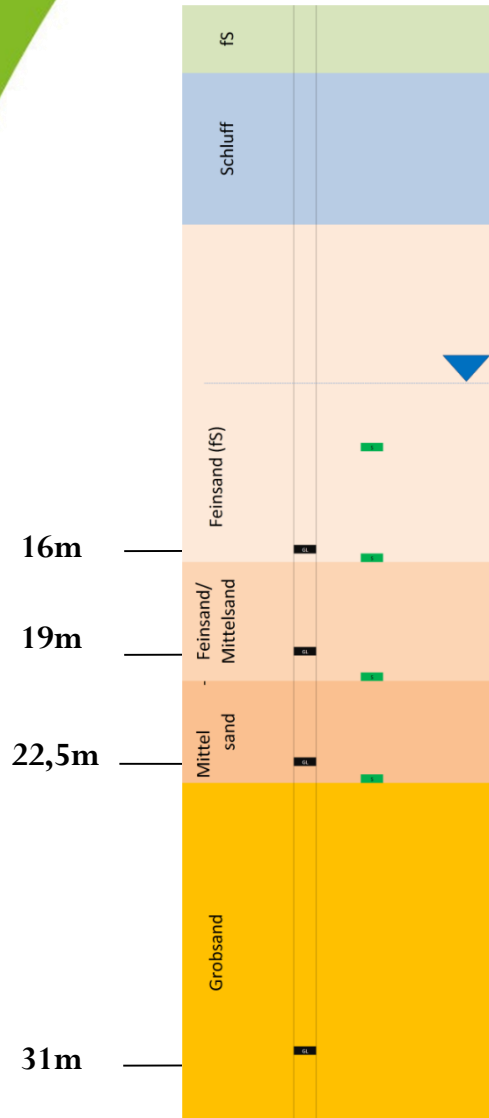


Analyse Abfallproduktion (to/Jahr)

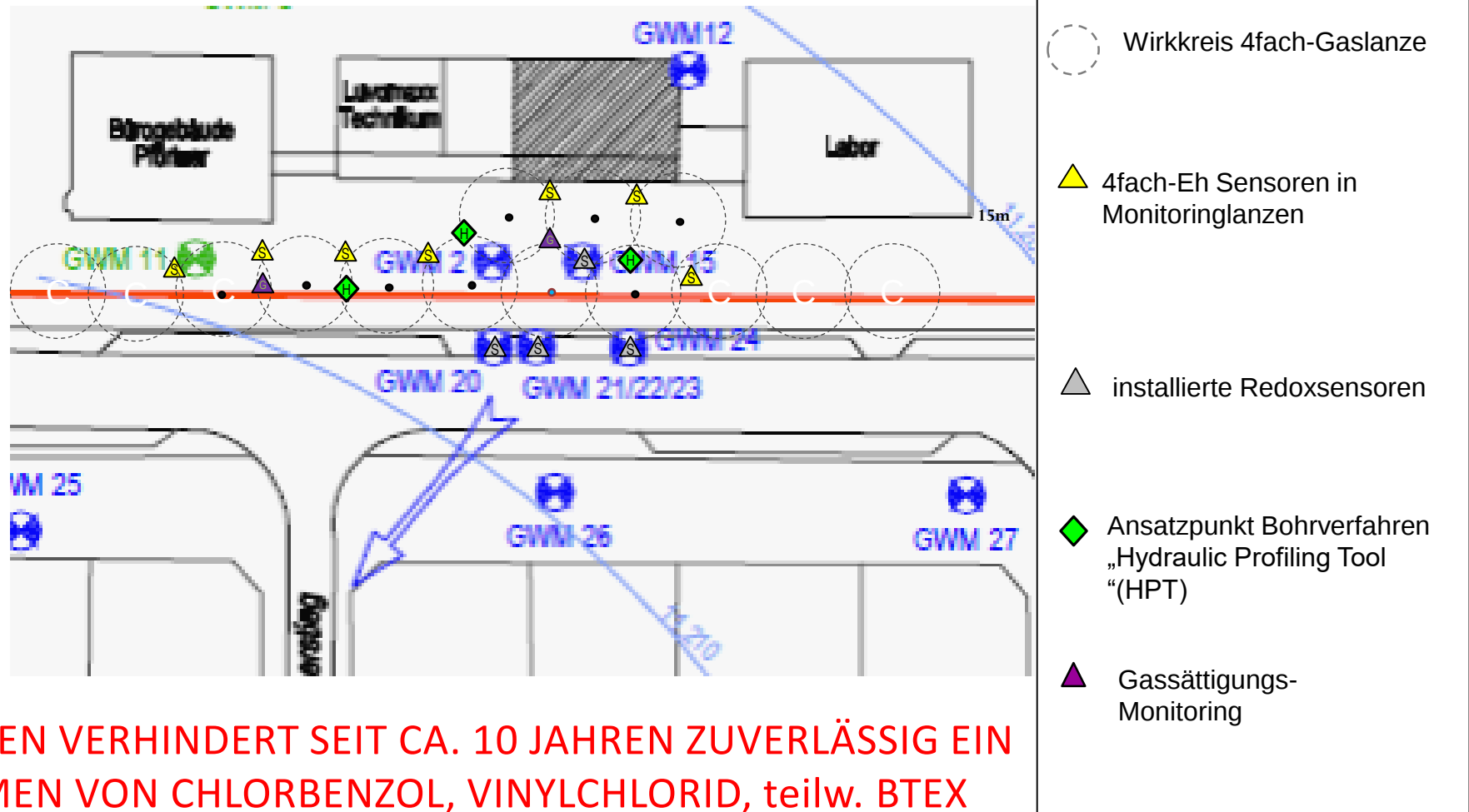


BIOLOGISCHER REAKTIONSRIEGEL VERHINDERT SEIT 5 JAHREN EINEN SCHADSTOFFABSTROM BEI DEUTLICH GERINGEREM RESSOURCENEINSATZ IM VERGLEICH ZU HYDRAULISCHER SICHERUNG!

BIOLOGISCHE ABSTROMBARRIERE (CHLORBENZOL, VC)



UMSETZUNG DES BIOBARRIERE-KONZEPTES

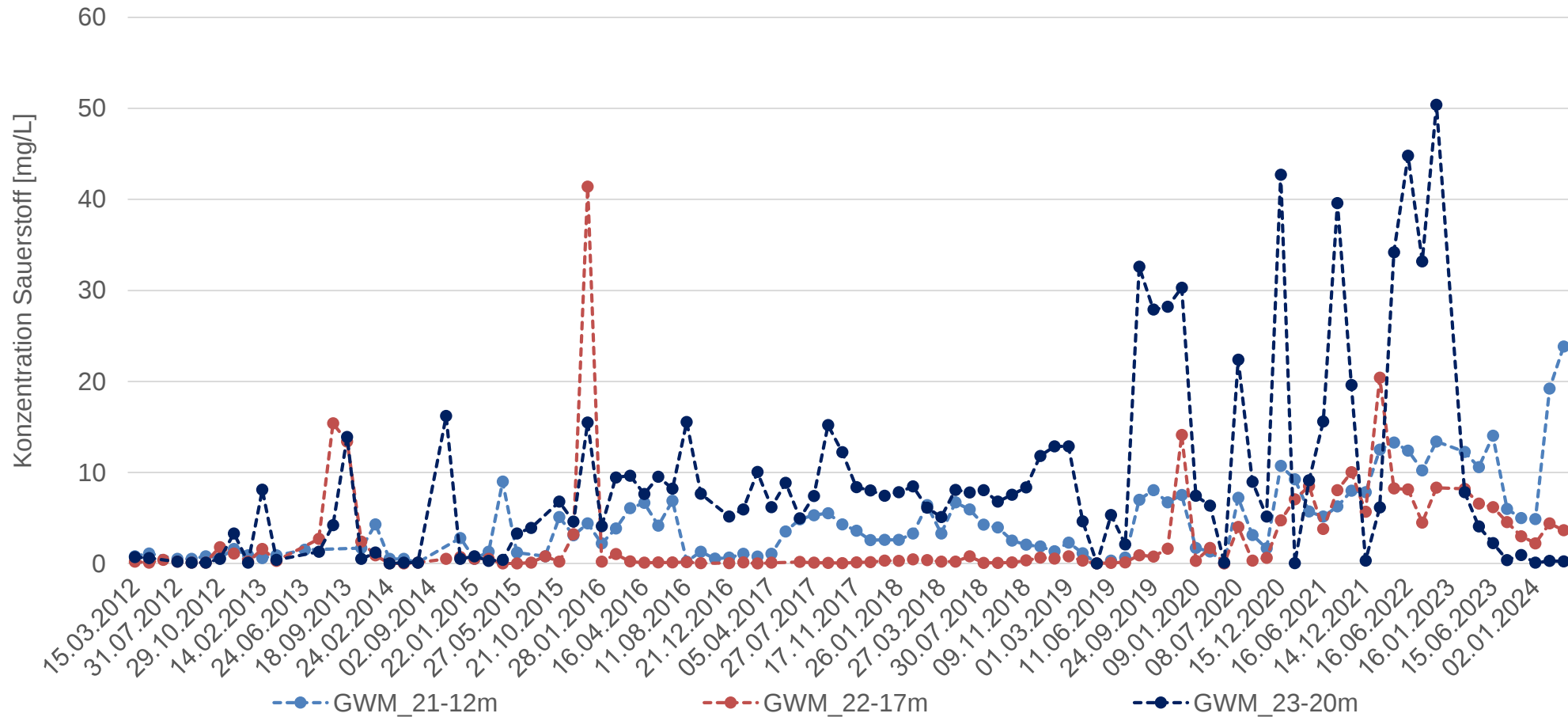


VERFAHREN VERHINDERT SEIT CA. 10 JAHREN ZUVERLÄSSIG EIN ABSTRÖMEN VON CHLORBENZOL, VINYLCHLORID, teilw. BTEX

SCHADSTOFFFAHNE IM ABSTROM IST ZUSAMMENGEBOCHEN

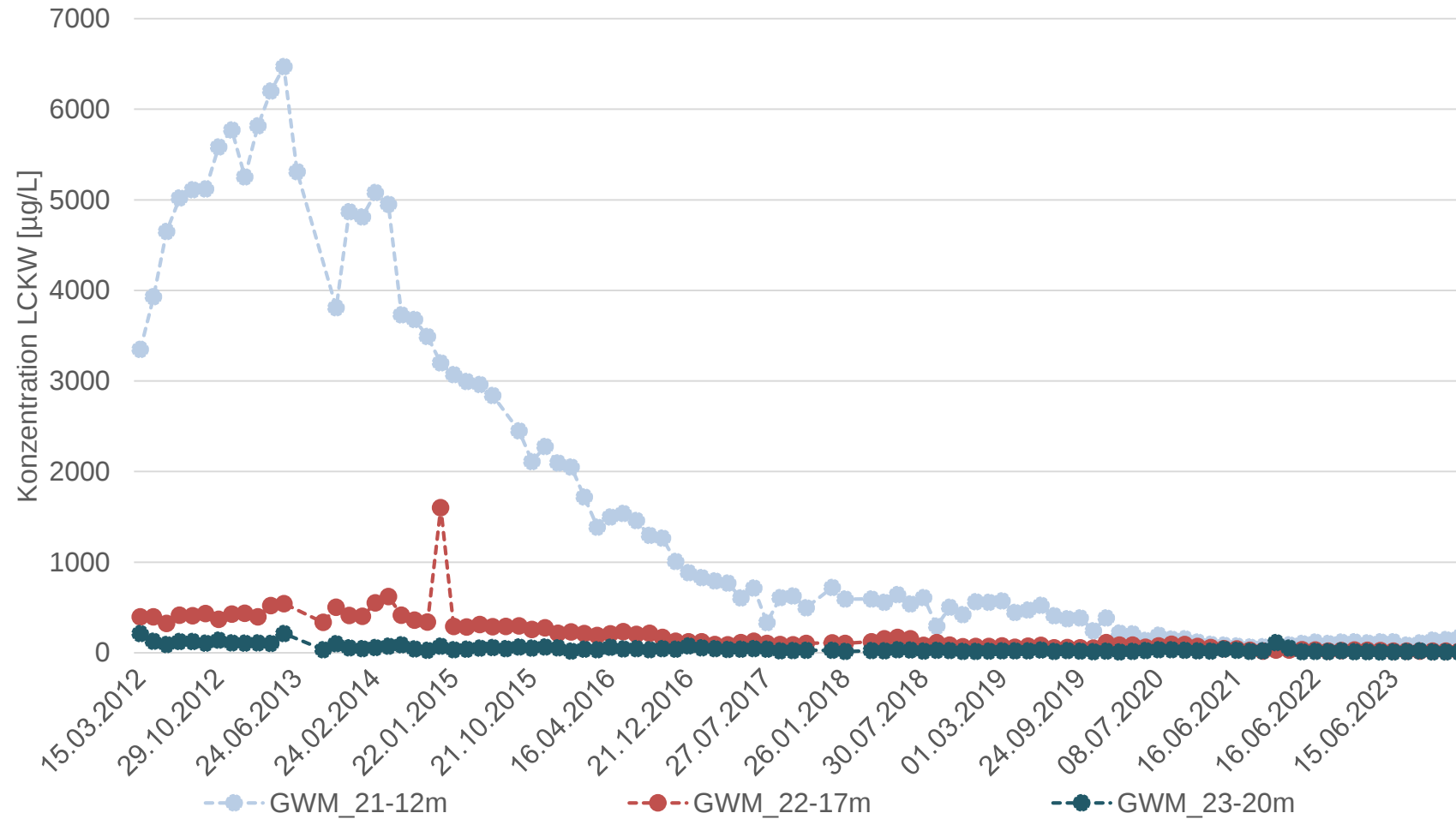
SCHADENSDEPOT IN EINER MASSIVEN MERGELSTRUKTUR IDENTIFIZIERT

SCHADSTOFFABREINIGUNG IN DER BIOBARRIERE



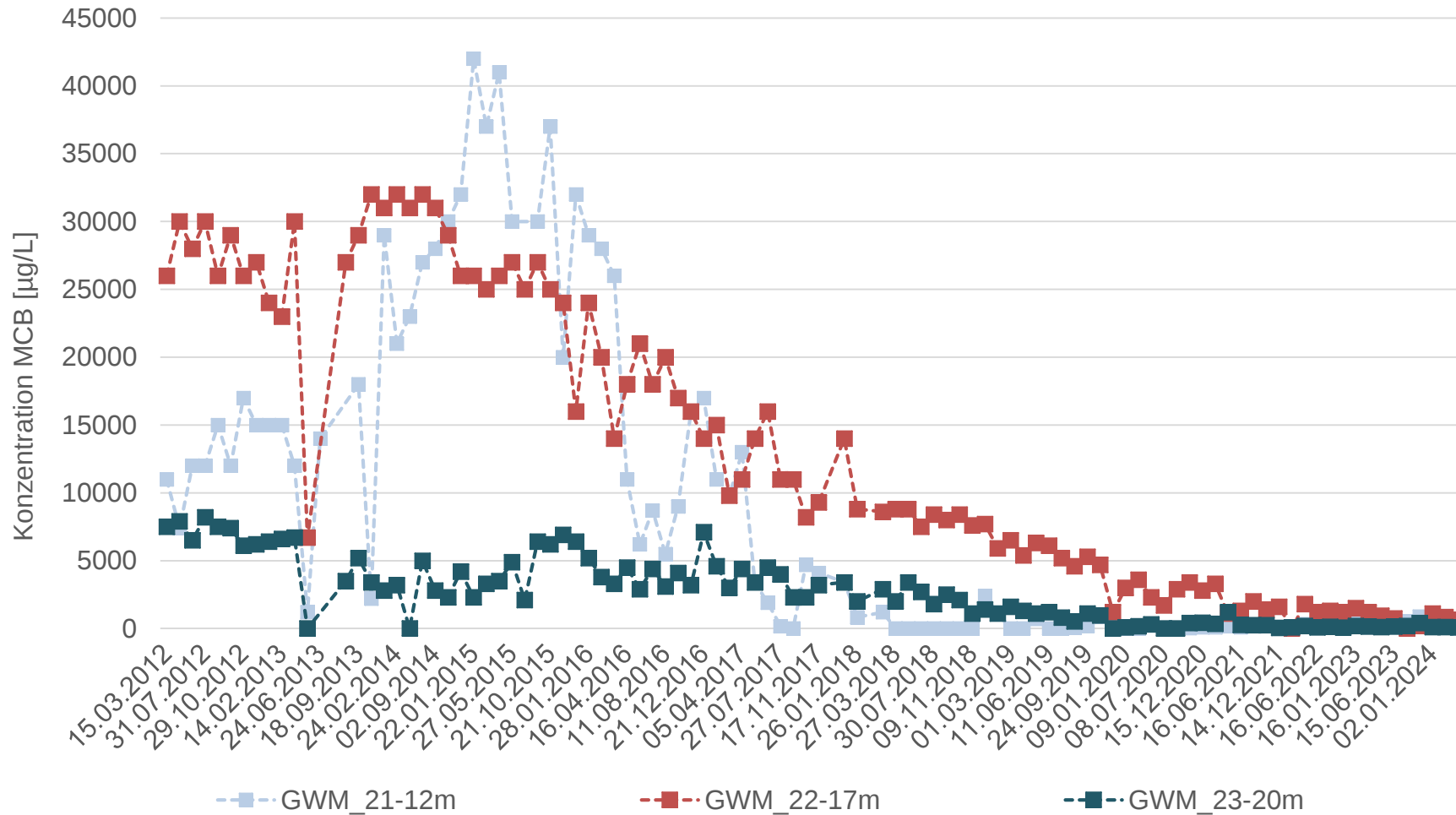
**NACH REALISIERUNG DER MATRIXOXIDATION (v.a. PYRITOXIDATION)
STABILE SAUERSTOFFVERSORGUNG IM DIREKTEN BIOXWANDABSTROM**

ABREINIGUNG VINYLCHLORID IN DER BIOBARRIERE



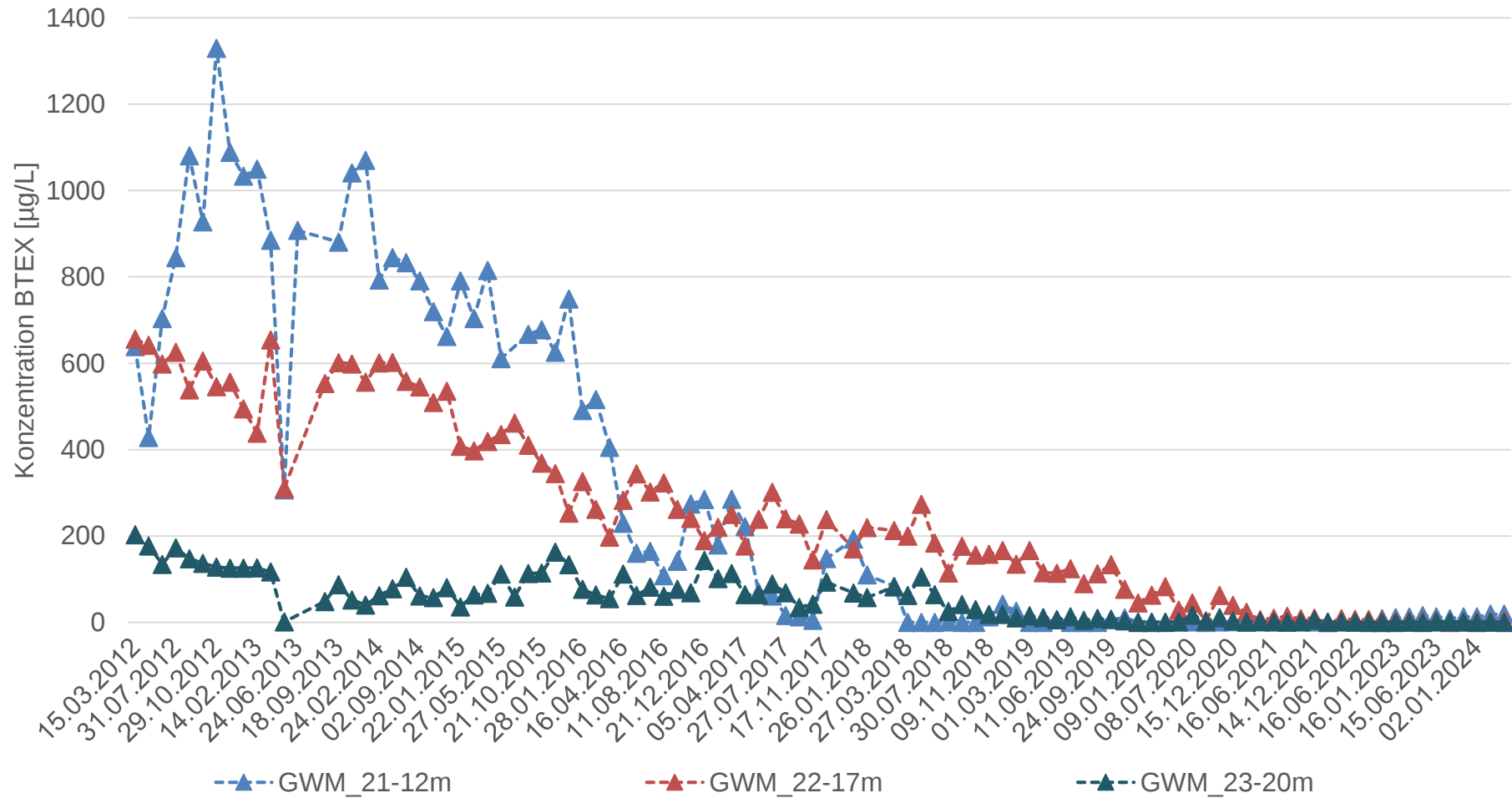
Stabile Abreinigung von VINYLCHLORID seit Inbetriebnahme

ABREINIGUNG CHLORBENZOL IN DER BIOXWAND

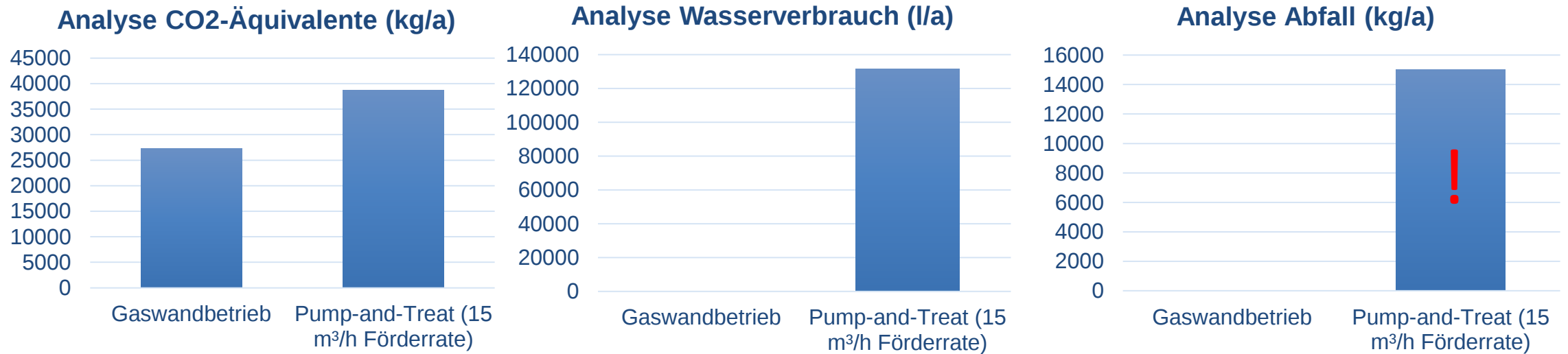


Stabile Abreinigung seit Inbetriebnahme

ABREINIGUNG BTEX IN DER BIOBARRIERE



Stabile Abreinigung von BTEX seit Inbetriebnahme



**BIOLOGISCHER REAKTIONSRIEGEL VERHINDERT SEIT > 10 JAHREN
EINEN SCHADSTOFFABSTROM BEI DEUTLICH GERINGEREM
RESSOURCENEINSATZ IM VERGLEICH ZU HYDRAULISCHER SICHERUNG!**

SuRF-UK Indicator Set Sustainability Evaluation (2011)

Environmental Dimension	Economic Dimension	Social Dimension
ENV1: Emissions to Air	ECON1: Direct Economic Costs & Benefits	SOC1: Human Health & Safety
ENV2: Soil & Ground Conditions	ECON2: Indirect Economic Costs & Benefits	SOC2: Ethics & Equality
ENV3: Groundwater & Surface Water	ECON3: Employment & Employment Capital	SOC3: Neighbourhood & Locality
ENV4: Ecology	ECON4: Induced Economic Costs & Benefits	SOC4: Communities & Community Involvement
ENV5: Natural Resources & Waste	ECON5: Project Lifespan & Flexibility	SOC5: Uncertainty & Evidence

SURE

by Ramboll [Decision analysis and communication tool](#)



[Case studies and analysis of sustainable remediation techniques and technologies \(2023\)](#)

ANALYSE SOZIALER ASPEKTE ZWISCHEN PUMP-AND-TREAT UND EINER BIOBARRIERE

Bewertungsparameter
S1 – Auswirkungen auf die eigene Belegschaft, Gefährdung
S2 – Arbeitnehmer/ Arbeitnehmerinnen in der Wertschöpfungskette
S3 – betroffene <u>communities</u>
S4 – Verbraucher / Verbraucherinnen – spätere Nutzer des Standortes
Gesamtbewertung soziale Auswirkungen

ÖKONOMIE – KOSTEN BIO vs. PuT IM VERGLEICH

Praxisbeispiel	In-situ-Biobarriere (Betriebskosten/Jahr)	Pump-and-Treat mit Aktivkohle Prognose (Betriebskosten/Jahr)
Abstromsicherung LCKW Hamburg-Barmbek	EHC-Injektionsbarriere, 60 m breit: 65 T€ p.a.	GW-Entnahme 12 m ³ /h: 84 T€ p.a.
Abstromsicherung Alkylphenole Sachsen	Bioxwand, ca. 150m breit: 92 T€	GW-Entnahme 24 m ³ /h: 144 T€ p.a.
Abstromsicherung BTEX/PAK in NRW	Bioxwand, ca. 150m breit: 51 T€	GW-Entnahme 50 m ³ /h: 240 T€ p.a.
Abstromsicherung Chlorbenzole Hamburg-Jenfeld	Gaswand, ca. 100 m breit: 25 T€ p.a.	GW-Entnahme 15 m ³ /h: 94 T€ p.a.
Abstromsicherung Vinylchlorid Rheinland- Pfalz	Gaswand, ca. 80 m breit: 47 T€ p.a.	GW-Entnahme 30 m ³ /h: 175 T€ p.a.

ÖKONOMISCHE BEWERTUNG BIO vs. PuT

Bewertungsaspekt

Direkte ökonomische
Kosten und Benefits

Indirekte ökonomische
Kosten und Benefits

Arbeitskräfte und
Beschäftigungswirkung

Sekundäre ökonomische
Wirkung und Benefits

Projekt Life Cycle und
Flexibilität

FAZIT ZUR TECHNOLOGIE

- ▶ Die Gaswandtechnologie ist eine hocheffiziente Gaseinspeicherungstechnologie zur wirksamen Verhinderung eines Schadstoffabstroms. Typischerweise wird die Gaswandtechnologie im schadensherdnahen Abstrom alternativ zu einer Pump-and-Treat-Technik eingesetzt, es sind aber auch Quellensanierungen in-situ denkbar.
- ▶ Prinzipiell können in Gaswänden alle aerob abbaubaren organischen und anorganischen Schadstoffe abgebaut werden. Gute Erfahrungen liegen vor für PAK, MKW, BTEX, Vinylchlorid, Chlorbenzole, Ammonium.
- ▶ Es hilft nicht, „ein bisschen Sauerstoff“ zuzuführen, sondern der Prozess unterliegt klaren stöchiometrischen Gesetzmäßigkeiten (Matrixoxidation + Schadstoffabbau)!
- ▶ Aufgrund des sehr geringen Energieverbrauchs (24Volt-System!) und der Vermeidung von Wasserentnahme und sehr geringer Abfallaufkommen ist die Technologie sehr ressourcenschonend.

FAZIT ZUR NACHHALTIGKEIT

- Vermeintlich „einfache“ Sanierungslösungen, in den diskutierten Fallbeispielen jeweils der „pump-and-treat“-Ansatz, stellt ohne eine genauere Bewertung nicht immer die nachhaltigste (und schon gar nicht die günstigste) Lösung zur Sicherung einer Grundwasserkontamination dar.
- Knappe Grundwasser-Ressourcen können insbesondere mit Biobarrieren wirksam geschützt werden, weil dabei generell kein Grundwasser entnommen wird.
- Klimafreundliche, ressourcenschonende in-situ-Technologien sollten auch im Bereich von notwendigen **Sicherungsmaßnahmen** im Rahmen der jeweiligen Variantenstudien unvoreingenommen geprüft werden!
- Eine fachtechnische Begleitung von langlaufenden Sicherungsmaßnahmen mit regelmäßiger Nachhaltigkeits-Evaluierung kann helfen, derartige Maßnahmen aus sozialer, ökologischer und ökonomischer Sicht zu optimieren.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit! Gibt es Fragen?

**SIE WÜNSCHEN MEHR
INFORMATIONEN?**

Sensatec GmbH
Sanierungs- und Sensoriktechnologien

Firmenzentrale

Friedrichsorter Str. 32,
D- 24159 Kiel

Tel. (0431) 389009-0
Fax (0431) 389009-19

info@sensatec.de

www.sensatec.de

