

Nachhaltigkeitsbewertung der Sicherung von Grundwasserschäden

erstellt von:

Sensatec GmbH
Friedrichsorter Straße 32
24159 Kiel

Ansprechpartner:

Dr. Stephan Hüttmann
Tel.: +49 431 389009 0
Mail: info@sensatec.de

Datum:

4. September 2026

1 Ausgangssituation und Zielsetzung

Zielsetzung dieser Datenauswertung und -zusammenstellung war es, die Nachhaltigkeit von Maßnahmen zur Sicherung von Grundwasserkontaminationen zu untersuchen und zu vergleichen. Im Mittelpunkt stand der Vergleich von biologischen In-situ-Abstrombarrieren (Biobarrieren bzw. Bioxwände/Gaswände) mit der ganz überwiegend eingesetzten, klassischen hydraulischen Sicherung durch Pump-and-Treat (PuT).

Eine zentrale Fragestellung war, ob eine biologische Abstrombarriere eine Kontaminationsfahne zuverlässig sichern kann, dabei aber weniger Wasser, Energie und weitere Ressourcen benötigt und geringere Abfallmengen verursacht.

Die Bewertung umfasste Wasserverbrauch, Energieverbrauch und daraus resultierende CO₂-Äquivalente, Abfallaufkommen, Einsatz von Betriebsstoffen sowie ökonomische und soziale Aspekte. Die Betrachtung bezog sich insbesondere auf Situationen, in denen die Schadstoffquelle als nicht sanierungsfähig eingestuft wurde.

2 Projekt 1 – PAK/MKW/BTEX-Biobarriere in NRW

2.1 Ausgangssituation

Beim ersten Projekt handelt es sich um eine mit teerhaltigen Abfällen verfüllte Seefläche von rund 45.000 m². Die Auffüllung ist etwa 5–12 m mächtig; die Quelle wurde als wirtschaftlich nicht sanierbar eingestuft. Die Auffüllungen weisen Belastungen bis 14.000 mg/kg MKW, 160 mg/kg BTEX und 27.000 mg/kg PAK auf. Im Grundwasserabstrom wurden BTEX bis 300 µg/L, PAK bis 1.500 µg/L und MKW bis 1.200 µg/L festgestellt. Zur kostengünstigen Abstromsicherung wurde eine biologische Abstrombarriere eingesetzt.

2.2 Technisches Prinzip und Ressourceneinsatz

Die Bioxwand arbeitet mit gezielter Gaseinbringung in ausgewählte Grundwasserhorizonte. Über Gaslanzen wird der für den biologischen Abbau erforderliche Sauerstoff eingebracht. TDR-Sonden und Sensorketten dienen der Überwachung der Sauerstoffverteilung und der Prozessbedingungen. Die Präsentation hebt hervor, dass Matrixoxidation und Schadstoffabbau stöchiometrisch aufeinander abgestimmt werden müssen. Der Nachhaltigkeitsvorteil besteht darin, dass der Schadstoffabbau direkt im Untergrund erfolgt. Das kontaminierte Grundwasser muss daher nicht kontinuierlich gefördert, zur Oberfläche transportiert und dort technisch behandelt werden.

2.3 Auswertung der Wirksamkeitsgrafiken

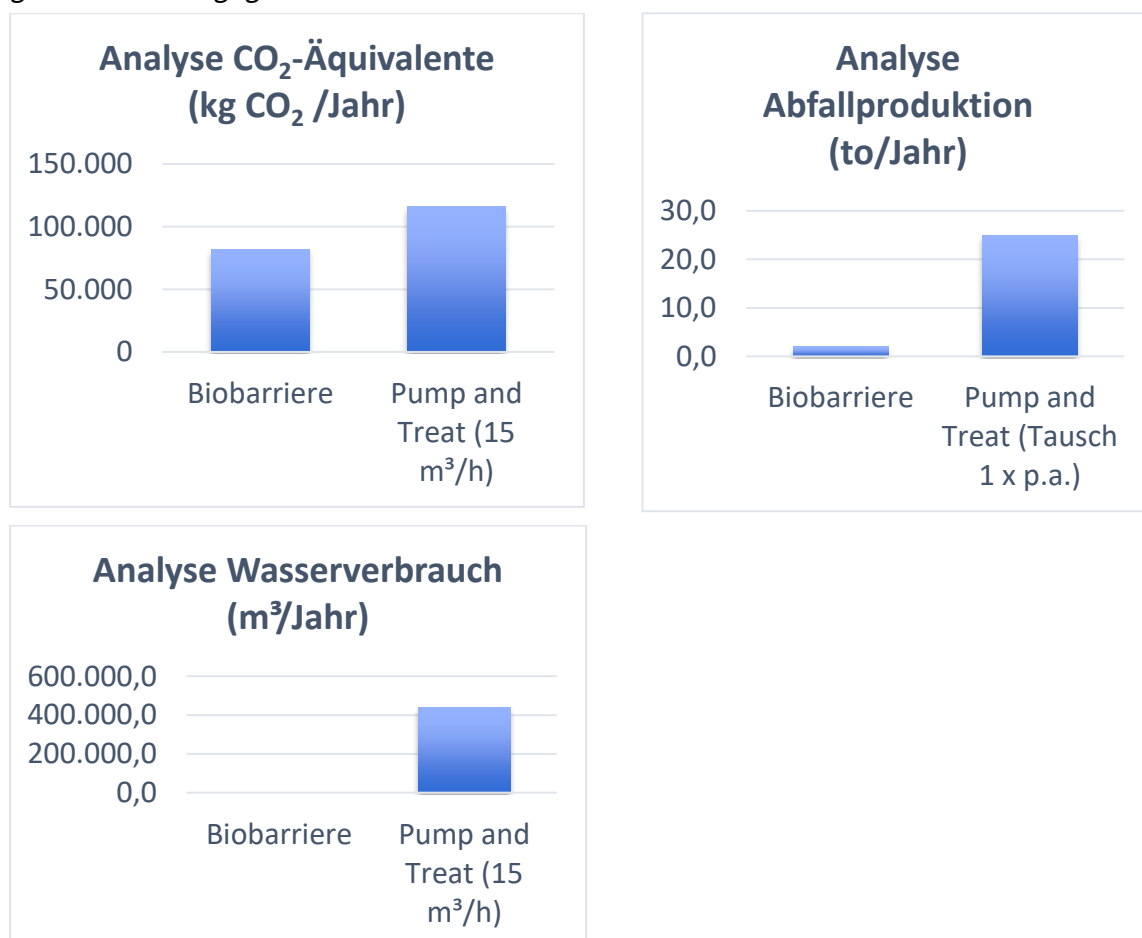
Die dargestellte Frachtbetrachtung weist eine Abreinigung von 99–100 % für BTEX und 96–99 % für PAK nach EPA aus. Nach etwa 12 Monaten Betrieb waren die Konzentrationen

stabil niedrig. Die Langzeitmessungen im Abstrom zeigen, dass die Konzentrationen für PAK, BTEX und MKW nach einer Einfahrphase von etwa 9 bis 24 Monaten dauerhaft im Bereich der Zielkonzentrationen lagen.

Die Grafiken dokumentieren damit eine langfristige und stabile Sicherungs- bzw. Abbauleistung. Die Ressourceneinsparung geht nach den dargestellten Ergebnissen nicht zulasten der Wirksamkeit.

2.4 Wasserverbrauch, Abfall und Klimawirkung

Die Präsentation stellt für die Ressourcenaspekte der Biobarriere einen unmittelbaren Vergleich mit Pump-and-Treat her. Die wesentlichen Kennzahlen werden nachfolgend grafisch wiedergegeben:



Für die Biobarriere werden 0 m³ Wasserverbrauch gegenüber 438.000 m³ bei Pump-and-Treat (15 m³/h) angegeben. Beim Abfallaufkommen stehen 2 t bei der Biobarriere 25 t bei Pump-and-Treat mit jährlichem Aktivkohletausch gegenüber. Die ausgewiesenen CO₂-Äquivalente betragen rund 81.866 kg gegenüber rund 115.956 kg bei Pump-and-Treat. Damit zeigt Projekt 1 deutliche Vorteile hinsichtlich Wasserressourcenschutz, Abfallvermeidung und Treibhausgasemissionen.

3 Projekt 2 – Biologische Abstrombarriere für Chlorbenzol und Vinylchlorid

3.1 Ausgangssituation und technisches Konzept

Das zweite Projekt betrifft eine biologische Abstrombarriere zur Sicherung einer Kontaminationsfahne mit insbesondere Chlorbenzol und Vinylchlorid sowie teilweise BTEX. Die Umsetzung umfasst eine 4fach-Gaslanze, 4fach-Eh-Sensoren in Monitoringlanzen, Gassättigungs-Monitoring und die Ermittlung der relevanten Horizonte mittels Hydraulic Profiling Tool.

Die Präsentation dokumentiert, dass das Verfahren seit etwa zehn Jahren zuverlässig einen Abstrom von Chlorbenzol, Vinylchlorid und teilweise BTEX verhindert. Die Schadstofffahne im Abstrom ist zusammengebrochen; zudem wurde ein Schadensdepot in einer massiven Mergelstruktur identifiziert.

3.2 Langfristige Wirksamkeit

Die Langzeitmessungen zeigen eine deutliche und nachhaltige Abreinigung. Bei Vinylchlorid ist über den Beobachtungszeitraum ein ausgeprägter Rückgang der Konzentrationen erkennbar. Auch Chlorbenzol und BTEX weisen in den dargestellten Messstellen eine langfristige Abnahme auf.

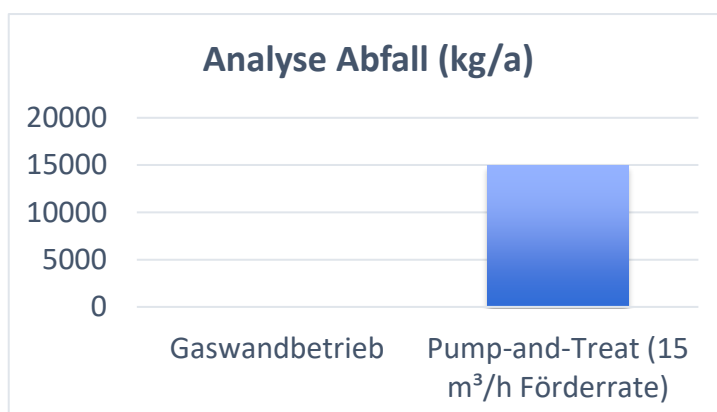
Für die Nachhaltigkeitsbewertung ist insbesondere die dokumentierte Betriebsdauer von mehr als zehn Jahren relevant. Die Sicherungswirkung wird damit als langfristig stabil belegt.

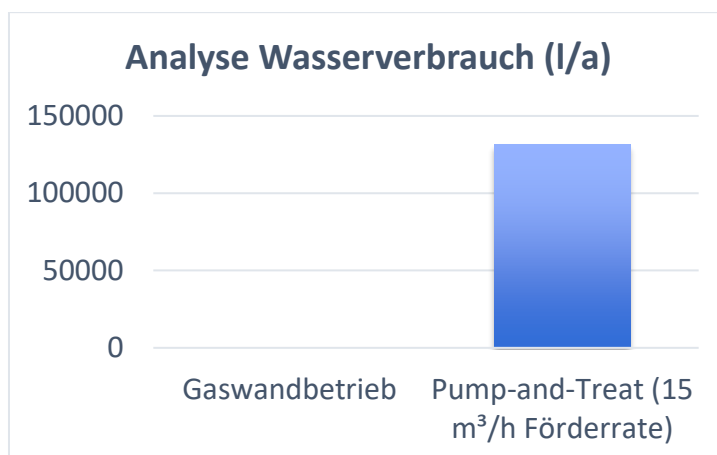
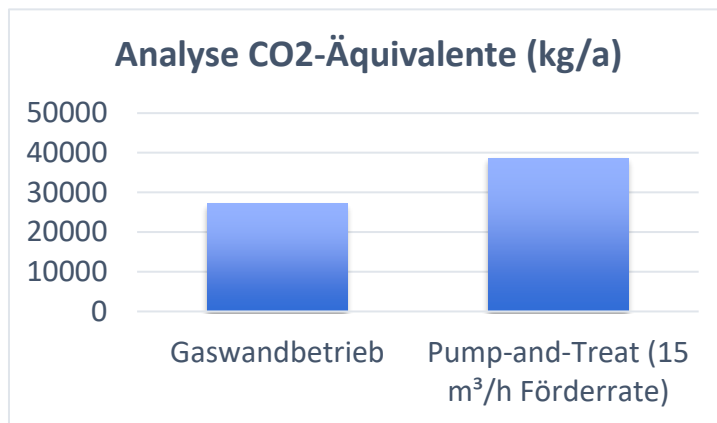
3.3 Sauerstoffversorgung und biologischer Abbau

Nach Realisierung der Matrixoxidation, insbesondere der Pyritoxidation, wurde eine stabile Sauerstoffversorgung im direkten Abstrom der Bioxwand erreicht. Die Messreihen verdeutlichen die Entwicklung der Sauerstoffkonzentrationen in den verschiedenen Grundwasserhorizonten und damit die Grundlage für die biologische Schadstoffabreinigung.

3.4 Ressourcenverbrauch

Auch für Projekt 2 werden Wasserverbrauch, Abfallaufkommen und CO₂-Äquivalente direkt mit einer hydraulischen Sicherung verglichen. Die entsprechende Ressourcengrafik wird nachfolgend dargestellt:





Für den Gaswandbetrieb werden 0 l Wasser pro Jahr gegenüber 131.400 l/a bei Pump-and-Treat (15 m³/h) angegeben. Beim Abfallaufkommen stehen 0 kg/a gegenüber 15.000 kg/a. Die CO₂-Äquivalente betragen rund 27.289 kg/a beim Gaswandbetrieb gegenüber 38.652 kg/a bei Pump-and-Treat. Die Unterschiede sind insbesondere bei einer langfristigen Betriebsdauer von mehr als zehn Jahren von Bedeutung.

4 Übergreifende Nachhaltigkeitsbewertung

4.1 Ökologische Nachhaltigkeit

Beide Projekte zeigen, dass biologische In-situ-Abstrombarrieren erhebliche ökologische Vorteile gegenüber einer klassischen Pump-and-Treat-Sicherung besitzen können. Bei Pump-and-Treat wird Grundwasser gefördert, transportiert und technisch aufbereitet; bei der Biobarriere werden die Schadstoffe innerhalb des Grundwasserleiters durch gezielt unterstützte biologische Prozesse abgebaut.

Dadurch werden insbesondere die kontinuierliche Entnahme großer Grundwassermengen, der damit verbundene Energieaufwand, umfangreiche Wasseraufbereitung sowie erhebliche Sekundärabfälle vermieden bzw. reduziert.

4.2 Schutz der Ressource Grundwasser

Der Schutz der Grundwasserressource ist ein zentraler Nachhaltigkeitsaspekt. Die Biobarrieren kommen nach den Angaben der Präsentation ohne eine zur Sicherung erforderliche Grundwasserentnahme aus. Damit wird der Eingriff in das natürliche Grundwassersystem gegenüber einer hydraulischen Sicherung reduziert.

4.3 Energie- und Klimaschutz

Der geringere technische und energetische Aufwand der In-situ-Verfahren führt in den beiden Fallbeispielen zu niedrigeren CO₂-Äquivalenten. Die Präsentation verweist insbesondere auf den sehr geringen Energieverbrauch des 24-Volt-Systems und die Vermeidung der kontinuierlichen Wasserförderung.

4.4 Abfallvermeidung und Ressourcenschonung

Bei Pump-and-Treat entstehen durch die technische Wasseraufbereitung, insbesondere durch den Einsatz und Austausch von Aktivkohle, zusätzliche Abfallströme. Bei der Biobarriere erfolgt der Schadstoffabbau überwiegend direkt im Untergrund. Die dargestellten Projekte weisen deshalb deutlich geringere bzw. keine laufenden Abfallmengen aus.

5 Ökonomische und soziale Nachhaltigkeit

Die Präsentation stellt neben den ökologischen auch ökonomische und soziale Aspekte gegenüber. In mehreren Praxisbeispielen werden Betriebskosteneinsparungen der Biobarrieren gegenüber Pump-and-Treat zwischen 23 % und 79 % ausgewiesen. Für die Abstomsicherung BTEX/PAK in NRW wird eine Einsparung von 79 % angegeben; für die Chlorbenzol-Gaswand in Hamburg-Jenfeld und die Vinylchlorid-Gaswand in Rheinland-Pfalz jeweils 74 %.

Indirekte wirtschaftliche Aspekte werden für beide Verfahren überwiegend neutral bewertet, da eine volle wirtschaftliche Nutzung des Standortes möglich bleibt. Der Wartungsaufwand wird bei beiden Ansätzen mit etwa monatlichen Intervallen angegeben. Hinsichtlich des Lebenszyklus wird die Biobarriere mit einer Lebensdauer von mehr als 20 Jahren und weitgehender Wiederverwertung von Anlagenkomponenten gegenüber etwa 15–20 Jahren Haltbarkeit der Pump-and-Treat-Anlagentechnik als vorteilhaft bewertet.

6 Gesamtbewertung und Schlussfolgerung

Die beiden Projekte zeigen übereinstimmend, dass biologische In-situ-Abstrombarrieren eine ressourcenschonende Alternative zu hydraulischen Sicherungsverfahren darstellen können. Besonders hervorzuheben sind die Vermeidung der Grundwasserentnahme, der

geringere Energiebedarf, die reduzierten CO₂-Emissionen und das geringere Abfallaufkommen.

Die langfristigen Messreihen belegen zugleich eine stabile Sicherungs- und Abbauleistung: Projekt 1 dokumentiert einen biologischen Reaktionsriegel über fünf Jahre; Projekt 2 eine zuverlässige Verhinderung des Schadstoffabstroms über mehr als zehn Jahre.

Aus Nachhaltigkeitssicht sollten biologische In-situ-Verfahren daher insbesondere bei langfristig erforderlichen Abstromsicherungen und nicht sanierungsfähigen Schadstoffquellen ergebnisoffen in Variantenstudien geprüft werden. Die Präsentation empfiehlt zudem eine fachtechnische Begleitung langlaufender Sicherungsmaßnahmen mit regelmäßiger Nachhaltigkeits-Evaluierung, um ökologische, ökonomische und soziale Aspekte über den Lebenszyklus hinweg zu optimieren.

Kiel, den 4. September 2026

Dr. Stephan Hüttmann, Sensatec GmbH