

**HLUG-Seminar
Altlasten und Schadensfälle –
23./24.05.2012 Flörsheim**

Ein innovatives, passives Sanierungsverfahren - Die Biobarriere -

Teil 2: Planung und Durchführung

Inhalt

- 1. Ausgangssituation**
- 2. Sanierungsverfahren Biobarriere**
- 3. Geologische und hydrogeologische Situation**
- 4. Machbarkeitsstudie**
- 5. Pilotfeldversuch zur Biobarriere**
- 6. Geplante Biobarriere**

1. Ausgangssituation

- **Sanierung Grundwasserschäden mit leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen (LHKW)**

immer häufiger Einsatz alternativer und innovativer Verfahren



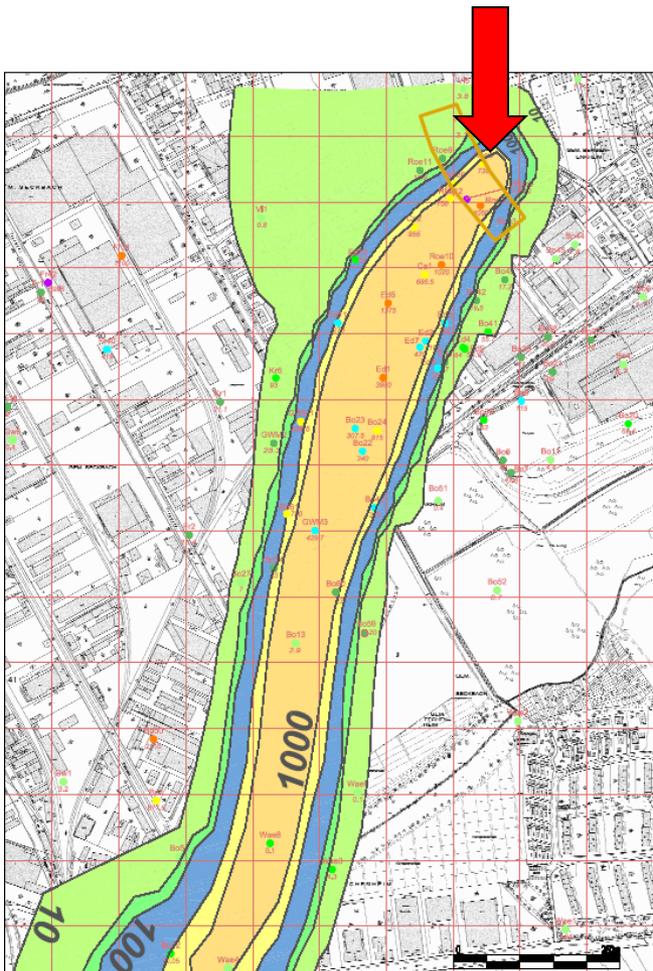
z.B. mikrobiologische „In-Situ-Verfahren“ durch Nutzen oder Verstärken natürlicher Abbauprozesse

- **Fallbeispiel Frankfurt/Main:**

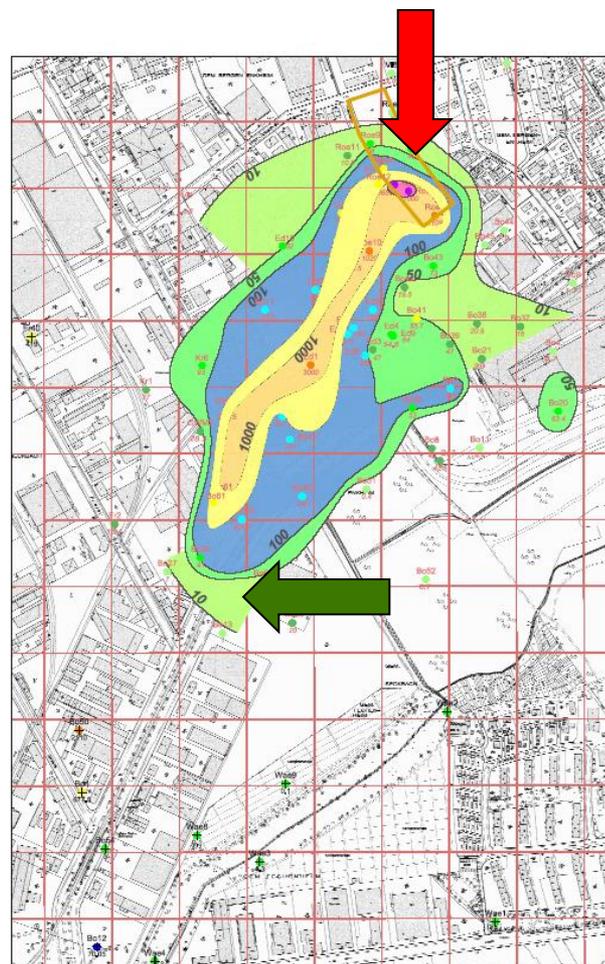
Hauptschadstoff Tetrachlorethen, LHKW-Konzentration in der Fahne einige 1.000 µg/l, Fahnenlänge ca. 700 m

Bei Diskussion Sanierungsverfahren von besonderer Bedeutung: mikrobiologische Abbauprozesse sind bereits aktiv und führen zur Auflösung der Fahne

LCKW-Schadensfall



berechnete Fahne
ohne mikrobiologischen Abbau



reale Fahne
mit mikrobiologischen Abbau

2. Sanierungsverfahren Biobarriere

- Anwendung des Verfahrens der sogenannten **Biobarriere**
- Tetrachlorethen-Abbau mikrobiell nur unter anaeroben Grundwasser-
verhältnissen



- Errichtung der Barriere im medialen Fahnenbereich: hier wirken keine Abbauprozesse, aerobe Grundwasserverhältnisse vorhanden

- Vorplanung der Biobarriere:

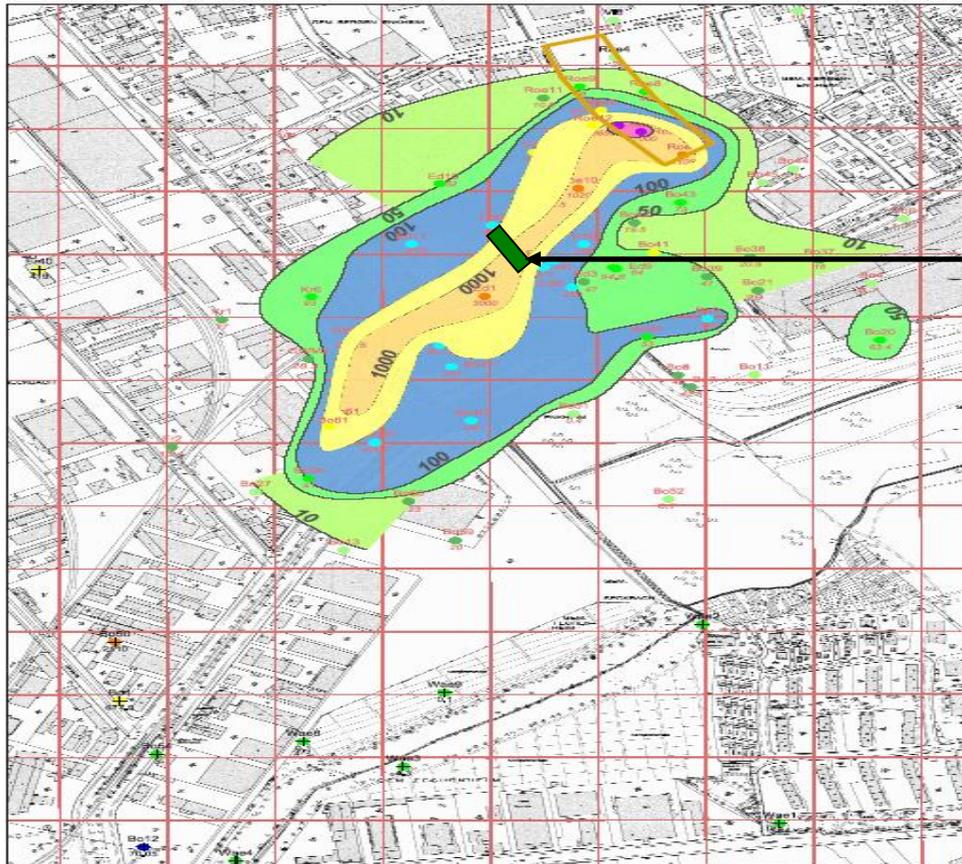


- 1. Schritt: **Machbarkeitsstudie**



- 2. Schritt: **Pilotfeldversuch**

LCKW-Schadensfall Frankfurt



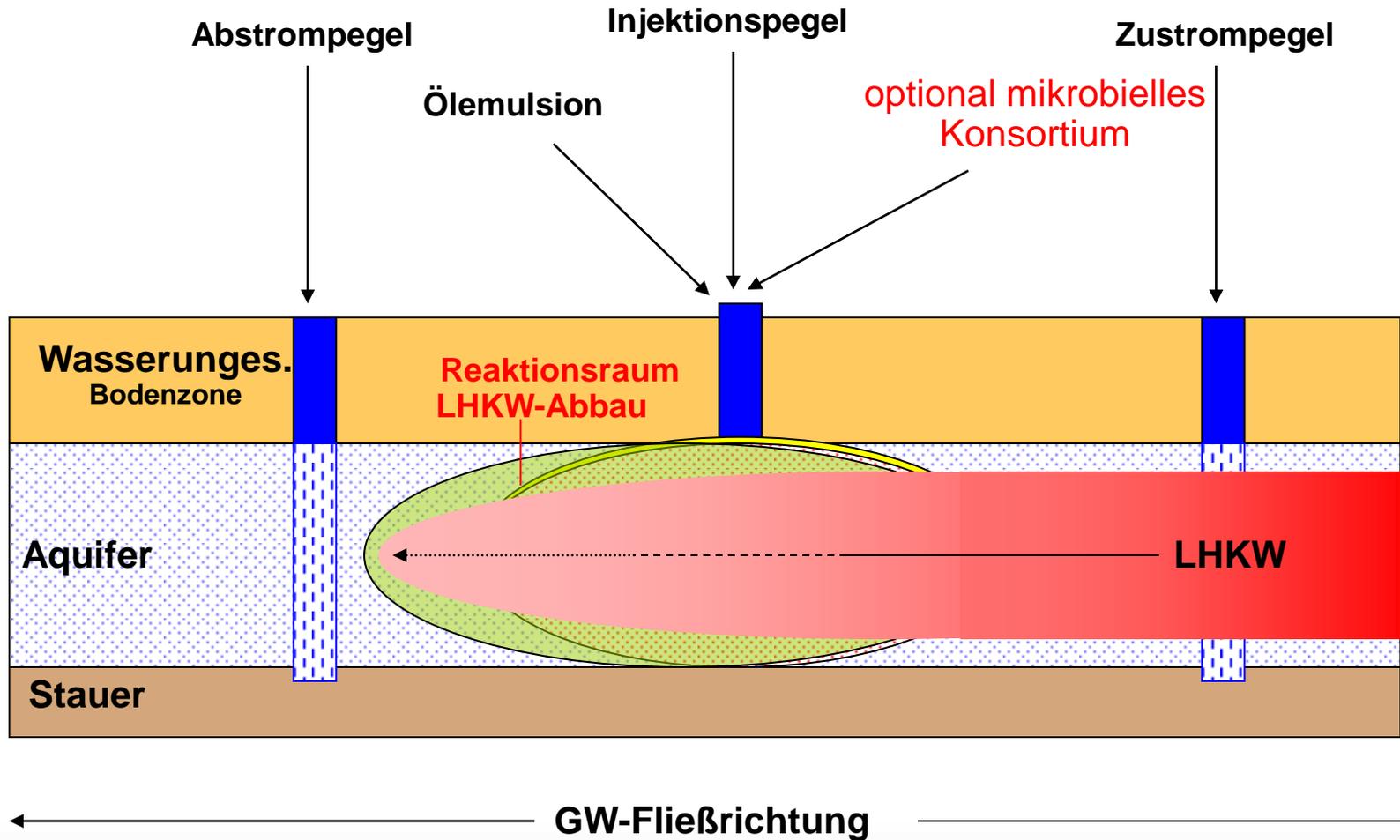
**Biobarriere, mediale
LHKW-Fahne**

Prinzip Biobarriere (anaerobe Verhältnisse)

- **Schaffung reduzierender Verhältnisse durch Eingabe und Abbau einer Emulsion aus**

Pflanzenöl + Tensiden + Lactat
- **Gleichmäßige Verteilung der Emulsion im Grundwasserleiter**
- **Vorteil Biobarriere: nach Abbau der Emulgatoren nach wenigen Tagen bleibt das Öl ortsstabil, Fixierung des Öls als Film um die Sedimentkörper im Grundwasserleiter**
- **Option der Zugabe eines mikrobiellen Konsortiums zur Verstärkung des Abbaus**
- **Aufbau einer Barriere durch eine Reihe von Eingabepegeln senkrecht zur Grundwasserfließrichtung**

Schema Biobarriere



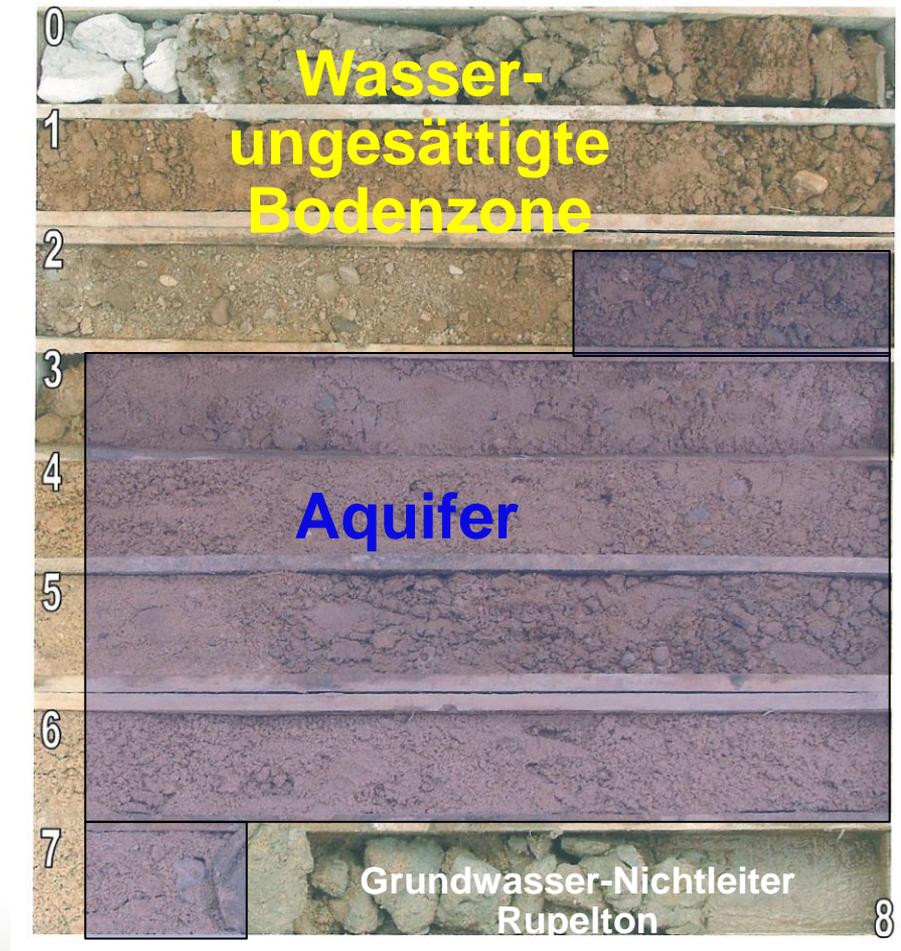
3. Geologische und hydrogeologische Situation am Standort

- **Grundwasserleiter: kiesige Sande**
- **Aquifer-Mächtigkeit: ca. 4 m**
- **Grundwasserstauer (Rupelton): nur ca. 7,0 m unter Gelände**
- **Aquifer stark durchlässig, K_f -Wert: ca. 1×10^{-3} m/s**
- **Mittlere Abstandgeschwindigkeit: ca. 0,3 m/d**
- **Grundwasserfließrichtung: seit Jahren sehr konstant**



Günstige Voraussetzungen für die Biobarriere

Typisches Bodenprofil Bereich geplante Biobarriere



4. Machbarkeitsstudie

- **Untersuchung hydrochemische Verhältnisse:**

➔ **Elektronenakzeptoren (z.B. Nitrat, Sulfat)**

➔ **Biotransformationsprodukte (z.B. Eisen II, Mangan II, Methan)**

- **Laborversuche**



an Standortwasser und standort-eigenem Biomaterial:

- **Durchführung Mikrokosmentests: Quantifizierung der bereits am Standort vorhandenen natürlichen mikrobiologischen Aktivität**

- Labortests zur Dynamisierung des LHKW-Abbaus:

Standort-Grundwasser und standort-eigenes Biomaterial

+

**Versetzen mit verschiedenen Kohlenstoffträgern
(z.B. Glucose, Rapsöl)**

+

**Zugabe mikrobielles Konsortium,
im wesentlichen aus Kulturen des vollständig LHKW abbauenden
Bakteriums *Dehalococcoides ethenogenes***

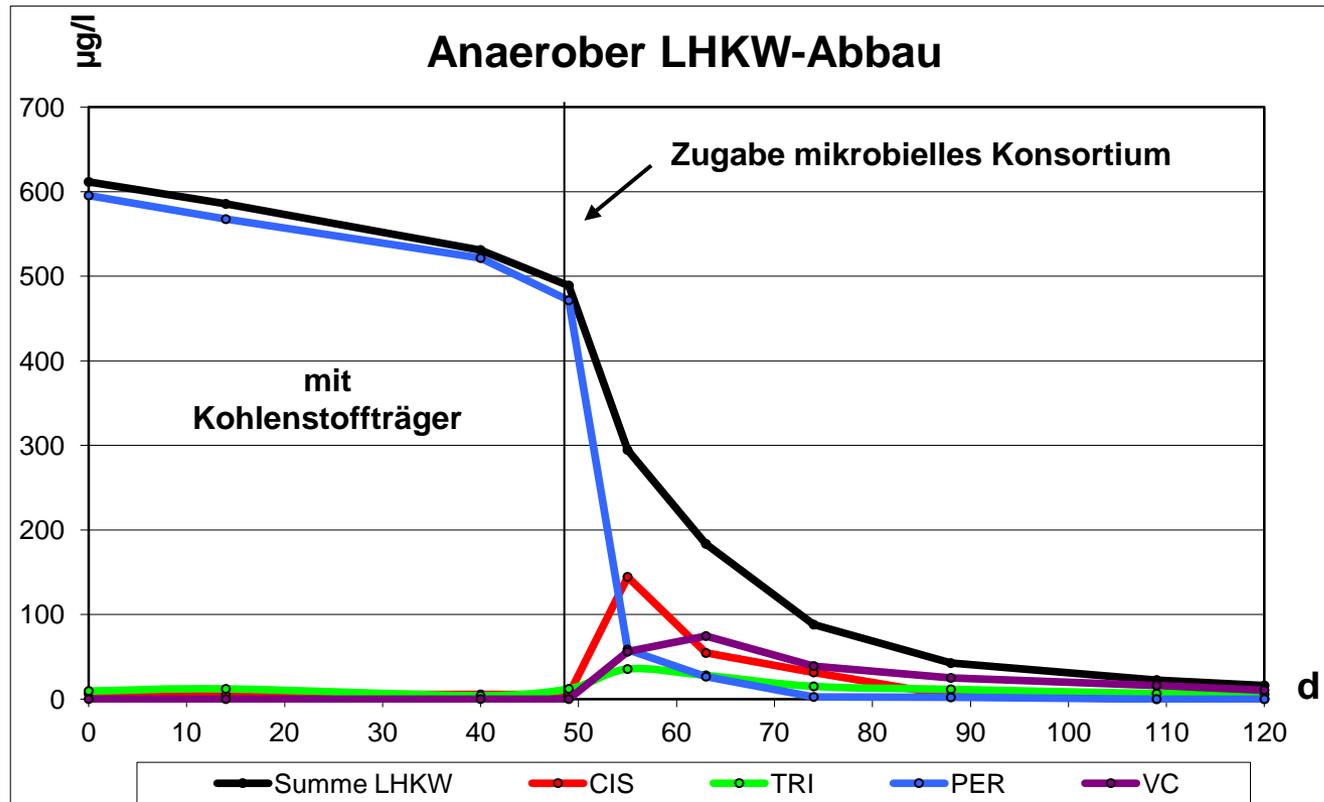


Bestimmung LHKW-Abbaurrate

Ergebnisse Machbarkeitsstudie

- Im medialen Teil der LHKW-Fahne ein **deutlich eingeschränkter natürlicher Abbau** vorhanden
- Bei Zugabe eines Kohlenstoffträgers (z.B. Glucose) und Einstellung anaerober Verhältnisse findet nur ein **geringer Abbau** statt
- Nach der Eingabe eines Konsortiums, **vollständiger Abbau** des Tetrachlorethens inkl. aller Metaboliten

Anaerober LHKW-Abbau bei Dynamisierung von Standortwasser (Kohlenstoffträger und Mikroben)



5. Pilotfeldversuch zur Biobarriere

- Testfeld:**

Länge: ca. 10 m

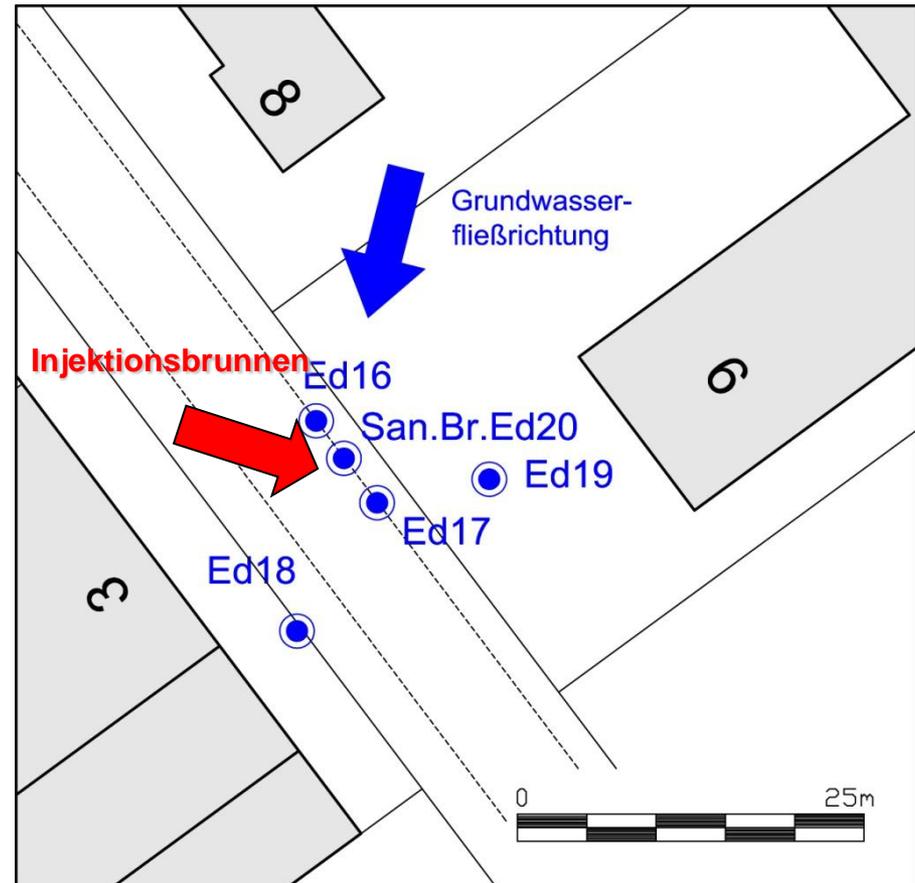
Breite: ca. 5 m

- Grundwasseraufschlüsse:**

Injektionsbrunnen: San.Br.Ed20

Kontrollpegel: Ed16, Ed17

Zustrom-/Abstrompegel: Ed19, Ed18



- **Februar 2010:**

1. Eingabe Ölemulsion (ca. 350 l) + Frischwasser zur besseren Verteilung des Öls im Untergrund



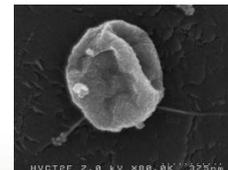
Nachweis anaerober Verhältnisse

- **Juni 2010:**

2. Eingabe Ölemulsion (ca. 200 l) + Frischwasser, anschließend Zugabe mikrobiologische Konsortium (enthält *Dehalococcoides*-Spezies) unter Sauerstoffabschluss

- **Kontrolluntersuchungen (LHKW, hydrochemische Parameter)**

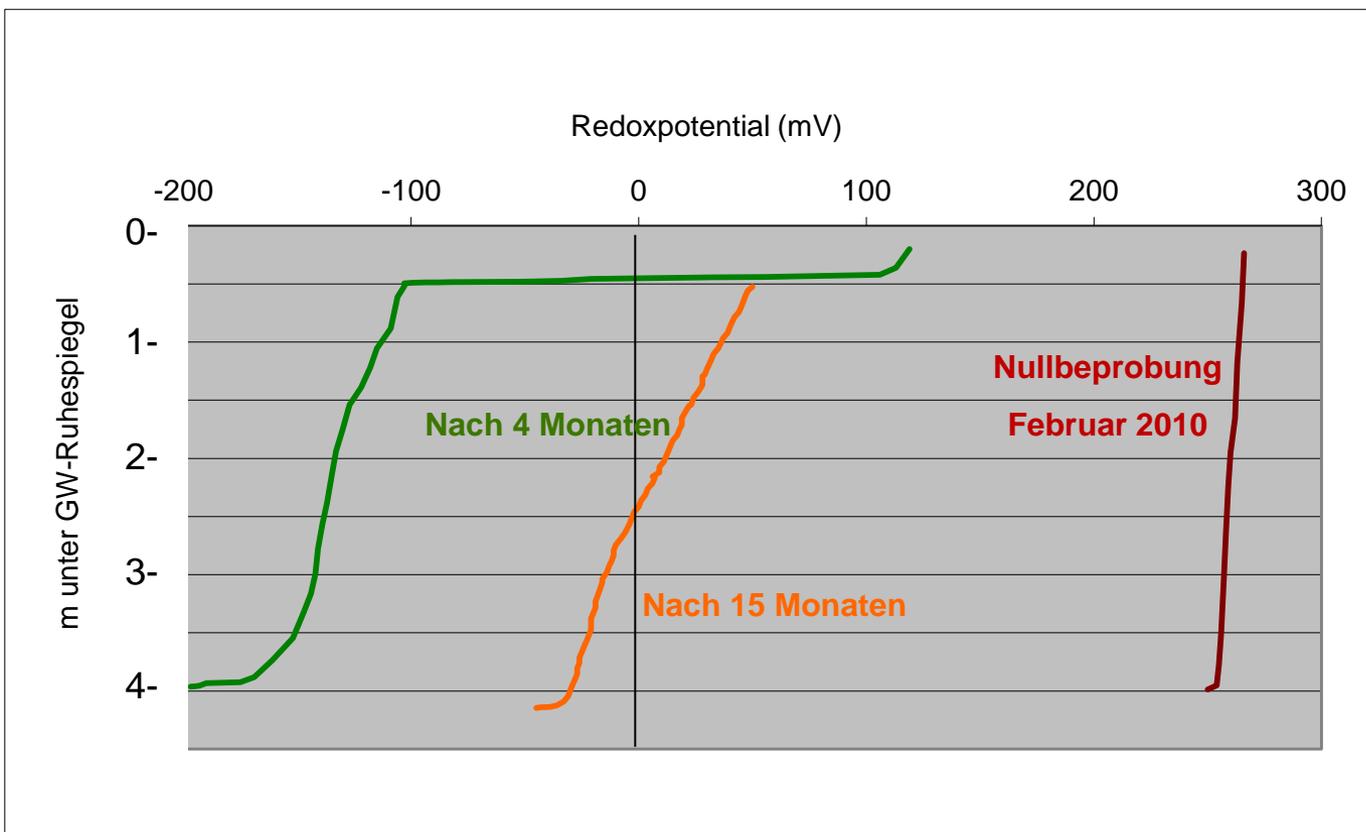
- **Durchführung von Gen-Tests zum Nachweis der Aktivität der eingebrachten LHKW-abbauenden Mikroben**



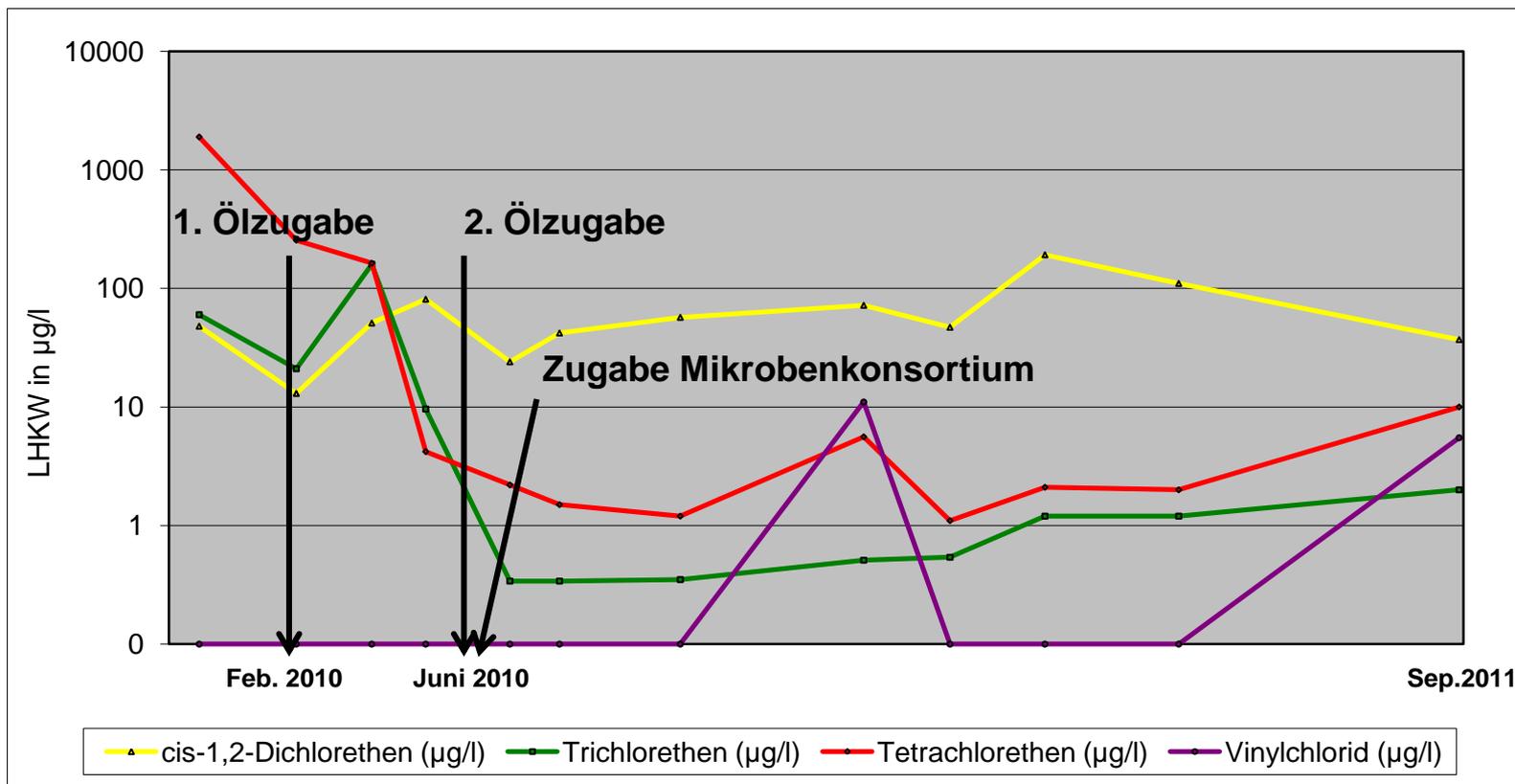
Ergebnisse LHKW-Abbau

- Optimale Lage des Feldversuchs Fahnenmitte (LHKW über 2.000 µg/l)
- Aufrechterhaltung der reduzierenden Verhältnisse über einen Zeitraum von **> 1 Jahr**
- Signifikante Reduzierung der LHKW nach Zugabe der Ölemulsion nach **wenigen Wochen**
- Fast vollständiger, anaerober Abbau (< 10 µg/l) von Tetrachlorethen, auch bereits vor Eingabe des mikrobiellen Konsortiums
- Anreicherung von Abbauprodukten des Tetrachlorethens gering; Nachweis Vinylchlorid nur 2-malig in geringen Konzentrationen
- Nachweis des mikrobiellen Konsortiums auch 1 Jahr nach Eingabe

Entwicklung Redoxpotential Injektionsbrunnen



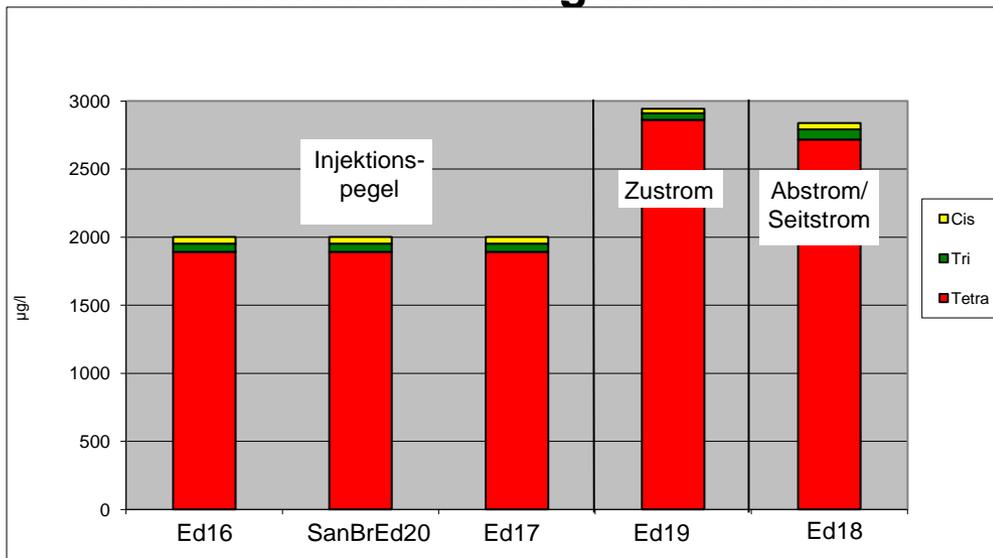
LHKW-Schadstoffentwicklung Injektionsbrunnen



Schadstoffentwicklung im Testfeld

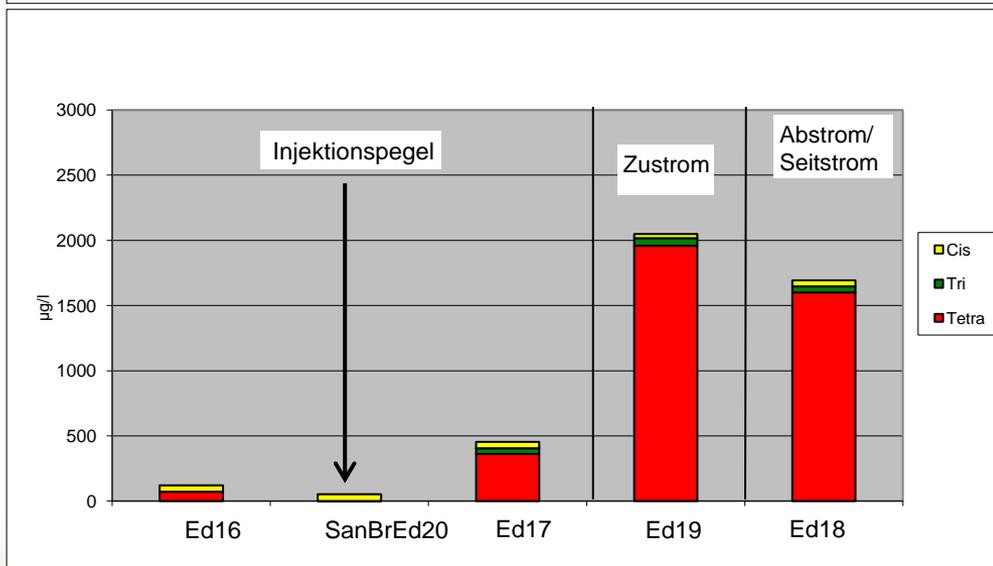
LHKW im Testfeldbereich

"Null"-Beprobung
Februar 2010



LHKW im Testfeldbereich

nach ca. 15 Monaten
Mai 2011



6. Geplante Biobarriere

- **Barriere:**

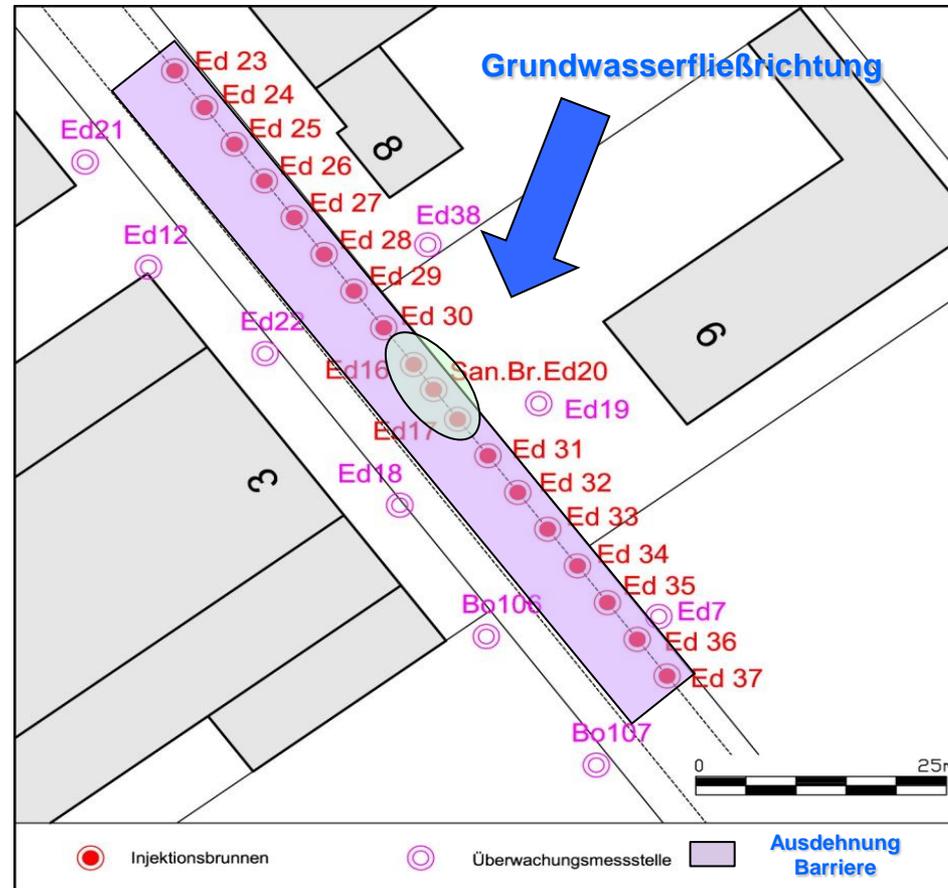
Länge: ca. 80 m

Breite: ca. 10 m

- **Grundwasseraufschlüsse:**

18 Injektionsbrunnen

9 Zustrom-/Abstrompegel



Phasen Biobarriere

PHASE 1:

- Errichtung Injektionsbrunnen und Kontrollpegel
- Eingabe der Ölemulsion

PHASE 2:

- Beobachtung Einstellung anaerober Verhältnisse + LHKW-Abbau
- Optionaler Einsatz mikrobielles Konsortium zur Abbau-Verbesserung

PHASE 3:

- Grundwassermonitoring,
- Aufrechterhaltung Barrieren-Wirkung
- Zugabe Ölemulsion bzw. des Konsortiums nach Bedarf

Vorteile der Biobarriere

- ➔ **Schonung von Ressourcen (Energie)**
- ➔ **Nur lokaler Eingriff in den Grundwasserleiter**
- ➔ **Geringe Veränderung Grundwasserfließverhältnisse**
- ➔ **Ökonomischer Vorteil**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit