

## Referenzprojekt Département Eure

Gezielte anaerobe CKW-Sanierung einer bereits abstromig ausgetretenen Fahne bis in angrenzende Wohnbereiche

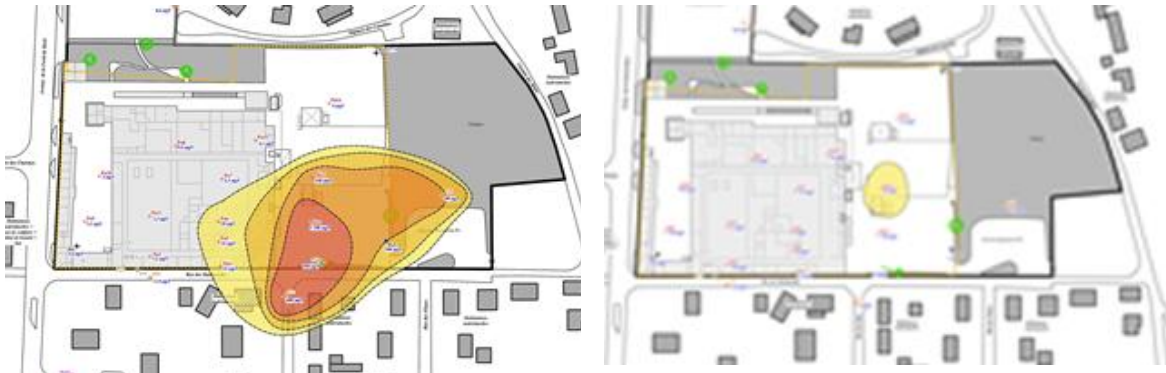
Standort	Département Eure, Frankreich
Schadstoffbild	Reiner CKW-Schaden mit tiefliegender TCE-Fahne; die Kontamination hatte den Standort bereits verlassen und driftete in ein umliegendes Wohngebiet ab.
Sanierungsziel	Rückführung der CKW-Fahne und vollständige mikrobiell unterstützte <i>in-situ</i> Dechlorierung ohne kritische Beeinträchtigung des abstromigen Wohngebiets.
Injektionssystem	redoxPrep™ zur Redoxeinstellung, ONE™ als Elektronendonator sowie anschließende Bioaugmentation mit einem <i>DHC</i> -Konsortium.

### Projektansatz

Vor Beginn der Sanierungsmaßnahme wurde gemeinsam mit dem begleitenden Sachverständigenbüro ein hydrogeologisches Standortmodell erarbeitet. Tiefenprofilmessungen im Rahmen der Nullmessung zeigten zunächst ein oxidierendes Milieu mit positiven ORP-Werten. Ergänzende qPCR-Analysen ergaben, dass CKW-abbauende *Dehalococcoides* im Ausgangszustand nicht nachweisbar waren.

Da die CKW-Kontamination bereits über die Standortgrenze hinaus in Richtung Wohngebiet abgedriftet war, wurden die Injektionsmaßnahmen nicht nur auf dem Betriebsgelände, sondern auch in abstromigen Injektionspegeln umgesetzt.

Zunächst erfolgte die gezielte Redoxeinstellung mit redoxPrep™ und ONE™, anschließend wurde das anaerobe Milieu durch erneute Tiefenprofilmessungen bestätigt. Erst auf dieser abgesicherten Basis wurde das mikrobielle *DHC*-Konsortium injiziert.



**Abb. 1:** TCE-Isokonzentrationskarte der Ausgangssituation vor Sanierungsbeginn (links) und nach 12 Monaten Monitoring (rechts). Die Fahne war in der Ausgangssituation bereits in Richtung Wohngebiet ausgetreten. Nach 12 Monaten zeigt sich ein deutlicher Rückgang der Belastung sowie eine unkritische Situation im abstromigen Wohnbereich.

## Injektionskonzept

Für die standortspezifische Auslegung der Maßnahme wurden vorab Tracer- und Pumpversuche durchgeführt. Anhand dieser Versuche wurden die erforderliche ONE™-Menge, der Verdünnungsgrad sowie die Injektionsraten für die auf dem Standort und abstromig angeordneten Injektionspegel festgelegt.

Parameter	Wert
redoxPrep™	standortspezifisch dosiert zur Redoxeinstellung auf dem Standort und in abstromigen Injektionspegeln
ONE™	21.000 L
Verdünnung	auf 5 % mit Hydrantenwasser
Zusätzliches Wasser	399.000 L Hydrantenwasser
Gesamtes Injektionsvolumen	420.000 L; zusätzlich 8 L DHC-Konsortium zur Bioaugmentation

Durch die Injektionsmaßnahme wurde ein zusammenhängender *in-situ* Bioreaktor geschaffen, der die reduktive Dechlorierung über den gesamten belasteten Bereich ermöglichte.

## Monitoring und Wirkung

- Erneute Tiefenprofilmessungen nach der Injektion bestätigten die Ausbildung eines stabil reduzierenden Milieus als Voraussetzung für die anaerobe Dechlorierung.
- Die Injektion von redoxPrep™, ONE™ und einem *DHC*-Konsortium wurde sowohl auf dem Standort als auch in den abstromigen Pegeln wirksam etabliert, sodass die zuvor ausgetretene Fahne gezielt behandelt werden konnte.
- Ergänzende qPCR-Analysen bestätigten die Etablierung von *Dehalococcoides* sowie das Vorhandensein der funktionellen Dechlorierungsgene *tceA* und *vcrA* und belegen damit die biologische Grundlage für die vollständige reduktive Dechlorierung im behandelten Bereich.
- Die Isokonzentrationskarten zeigen nach 12 Monaten einen deutlichen Rückgang der TCE-Fahne. Sowohl auf dem Standort als auch im angrenzenden Wohngebiet stellte sich eine unkritische Situation ein.
- Der Kunde konnte das Areal nach 15 Monaten erfolgreich und gewinnbringend veräußern.

## Fazit

Das Projekt im Département Eure zeigt, dass sich auch eine bereits über die Standortgrenze hinaus abgedriftete CKW-Fahne durch eine standortspezifisch geplante anaerobe *in-situ* Sanierung wirksam kontrollieren und zurückführen lässt.

Durch die gezielte Einbindung abstromiger Injektionspegel konnte der belastete Grundwasserstrom direkt im Abstrombereich erfasst und behandelt werden. Gleichzeitig bestätigten die Kontrollmessstellen über den gesamten Projektverlauf, dass keine unerwünschte Verlagerung der Schadstoffe oder Injektionsmittel in nicht betroffene Bereiche erfolgte.

Die Kombination aus hydrogeologischer Standortcharakterisierung, gezielter Redoxeinstellung mit redoxPrep™ und ONE™ sowie anschließender Bioaugmentation mit dem mikrobiellen *DHC*-Konsortium erwies sich dabei als robuster und übertragbarer Ansatz für die Behandlung komplexer CKW-Schäden – insbesondere bei bereits ausgetretenen Fahnen in sensiblen Nutzungsbereichen.