

Referenzprojekt Nürnberg

Gezielte anaerobe CKW-Sanierung bei paralleler Schonung einer aerob zu behandelnden BTEX-Zone

Standort	Nürnberg
Schadstoffbild	CKW-Zone (hauptsächlich TCE) sowie separater BTEX-Bereich
Sanierungsziel	Vollständige anaerobe Dechlorierung der CKW ohne Beeinflussung der aerob zu behandelnden BTEX-Zone
Injektionssystem	ONE™ als Elektronendonator, redoxPrep™ zur Redoxeinstellung, anschließende Bioaugmentation mit einem <i>DHC</i> -Konsortium.

Projektansatz

Gemeinsam mit dem begleitenden Sachverständigenbüro wurde zunächst ein hydrogeologisches Profil des Grundwasserleiters ermittelt, um die räumliche Trennung zwischen der CKW-Belastung und der BTEX-Zone belastbar zu erfassen. Auf dieser Grundlage erfolgte eine Nullmessung an allen relevanten Messstellen mittels Tiefenprofilmessung. Diese Ausgangsuntersuchung zeigte ein aerobes Milieu im betroffenen Grundwasserleiter.

Zusätzliche genetische Analysen ergaben, dass *Dehalococcoides* sowie die für die vollständige reduktive Dechlorierung relevanten Marker *tceA* und *vcrA* nicht nachweisbar waren. Daher wurde beschlossen, den CKW-belasteten Bereich zunächst gezielt mit redoxPrep™ und dem Elektronendonator ONE™ in ein ausreichend anaerobes Milieu zu überführen und anschließend eine Bioaugmentation mit einem *DHC*-Konsortium durchzuführen.

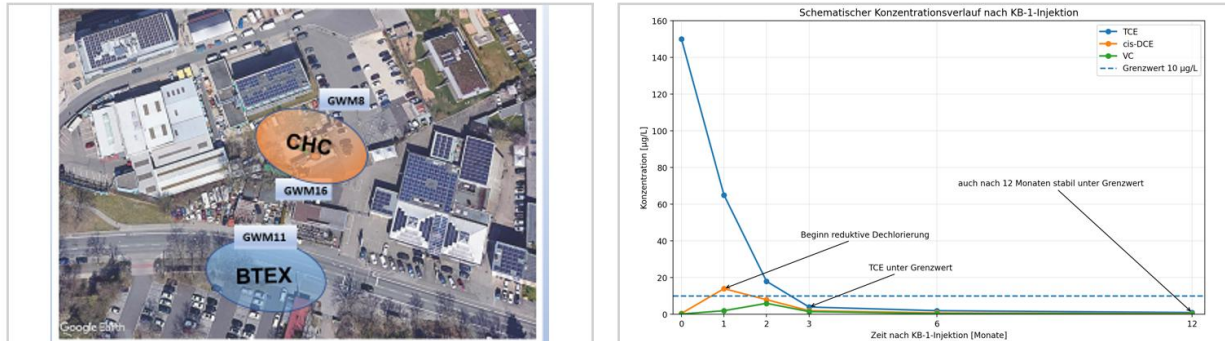


Abb. 1: Standortdarstellung mit räumlicher Trennung von CKW- und BTEX-Bereich sowie schematischer Konzentrationsverlauf von TCE, cis-DCE und VC nach der KB-1[®]-Injektion. Der anfängliche Zwischenanstieg von cis-DCE und VC illustriert die reduktive Dechlorierung. Die TCE-Konzentration fällt innerhalb von 3 Monaten auf Werte unterhalb des Grenzwerts von 10 µg/L und bleibt auch nach 12 Monaten stabil darunter.

Tracer- und Injektionskonzept

Die Verdünnung von ONE[™] auf 25 % wurde im Rahmen der standortspezifischen Injektionsplanung vorab festgelegt. Grundlage hierfür waren die hydrogeologischen, geologischen und hydrogeochemischen Standortbedingungen, insbesondere Porosität, hydraulische Aquifereigenschaften, Grundwasserströmung sowie die Geometrie des zu behandelnden CKW-Bereichs. Ziel war eine ausreichende Verteilung im Zielbereich bei zugleich kontrollierbarer Reichweite.

Die operative Überwachung der Ausbreitung von ONE[™] und redoxPrep[™] erfolgte während der Injektion mittels SDRIII-Tracer. Sobald ein Nachweis in angrenzenden Pegeln vorlag, wurde die Injektion gestoppt, um einen Eintrag in den benachbarten BTEX-Bereich zu vermeiden.

Parameter	Wert
ONE [™]	8.000 L
Verdünnung	auf 25 % mit Hydrantenwasser
Zusätzliches Wasser	24.000 L Hydrantenwasser
Gesamtes Injektionsvolumen	32.000 L

Unmittelbar anschließend wurden 3 L des mikrobiellen DHC-Konsortiums injiziert. Nach Abschluss der Maßnahme bestätigten erneute Tiefenprofilmessungen die Ausbildung des reduzierenden Milieus. Das anschließende Monitoring zeigte zudem, dass keine relevante Ausbreitung von ONE[™] in den BTEX-Bereich erfolgt war.

Monitoring und Wirkung

- Kontinuierliche Tiefenprofilmessungen bestätigten nach der Injektion ein deutlich anaerobes Milieu mit ORP-Werten unter -150 mV.
- Die reduzierenden Bedingungen waren nicht nur kurzfristig nachweisbar, sondern auch nach 6 und 12 Monaten Monitoring weiterhin vorhanden.
- Ergänzende qPCR-Analysen nach 6 und 12 Monaten zeigten zudem hohe Gehalte an *Dehalococcoides* sowie ein deutliches Vorhandensein der funktionellen Dechlorierungsgene *tceA* und *vcrA*. Dies bestätigt die Etablierung und anhaltende Wirksamkeit des injizierten *DHC*-Konsortiums im Grundwasserleiter.
- Die CKW-Konzentrationen – insbesondere TCE als Hauptschadstoff – gingen nach der Injektion des *DHC*-Konsortiums deutlich zurück, wobei der zwischenzeitliche Anstieg von *cis*-DCE und VC den Ablauf der reduktiven Dechlorierung belegt; nach 6 Monaten lagen die TCE-Werte unterhalb von 10 $\mu\text{g/L}$ und blieben auch nach 12 Monaten stabil darunter.
- Der gewählte Ansatz ermöglichte damit eine gezielte Behandlung der CKW-Zone, ohne die separat aerob zu behandelnde BTEX-Zone unerwünscht zu beeinflussen.

Fazit

Das Projekt in Nürnberg zeigt, dass sich auch bei einer kombinierten CKW-/BTEX-Belastung eine gezielte anaerobe Sanierung der CKW-Zone standortspezifisch umsetzen lässt, ohne benachbarte, aerob zu behandelnde Bereiche negativ zu beeinflussen. Die Kombination aus Tracer-Test, kontrollierter Redoxeinstellung und anschließender Bioaugmentation erwies sich dabei als geeigneter Ansatz für eine räumlich und funktionell differenzierte Behandlung komplexer Schadensbilder.

Hinweis: Die TCE-Kurve in Abb. 1 ist als schematische Referenzgrafik auf Basis des beschriebenen Monitoringergebnisses dargestellt und ersetzt keine tabellarische Rohdatenpräsentation.