

Grundwassersanierung eines PCE-Schadens mit Natriumpermanganat

Standort

In der Fußgängerzone der Altstadt einer Bodenseegemeinde wurde in den Jahren 1963 – 1989 eine Chemische Reinigung betrieben. Im Rahmen der Gefährdungsuntersuchung sind ab 2003 Bodenluft-, sowie Boden- und Grundwasseruntersuchungen am Standort durchgeführt worden, die einen Grundwasserschaden mit LHKW aufdeckten. Der Standort liegt ca. 50 m vom Bodensee entfernt. Die ehemalige Chemische Reinigung wird heute als Boutique genutzt. Das unmittelbare Umfeld wird durch Wohnungsbebauung und Kleingewerbe bestimmt. Der Innenhof, in dem sich der Schaden befindet, wird als gastronomischer Außenbereich genutzt. Bei schönem Wetter passieren am Tag zahlreiche Besucher den Standort.

In Situ Chemische Oxidation ISCO

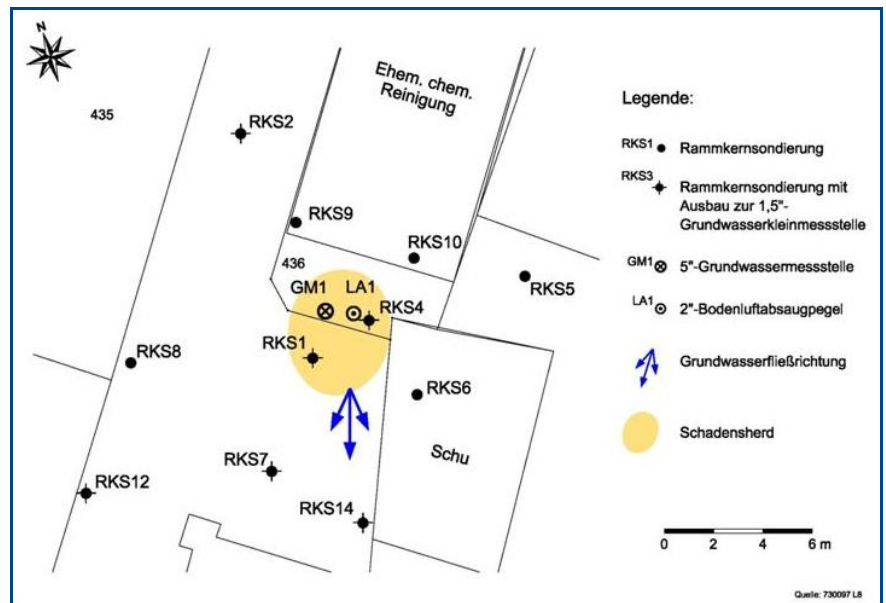


Abbildung 1: Lageplan

Schadensumfang

Der Schaden ist vermutlich über eine undichte Abwasser-Klärgrube unmittelbar oberhalb der gesättigten Zone verursacht worden. Der Schadensherd konnte durch Kleinrammbohrungen eingegrenzt werden (Abb. 1). Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Schadstoffzusammensetzung. Im Schadensherd werden neben dem Hauptschadstoff PCE und seinen Abbauprodukten erhebliche Konzentrationen von R113 detektiert.

Messstelle	Σ LHKW [$\mu\text{g/l}$]	ausgewählte LHKW-Einzelparameter				
		VC [$\mu\text{g/l}$]	DCEC [$\mu\text{g/l}$]	TCE [$\mu\text{g/l}$]	PCE [$\mu\text{g/l}$]	R 113 [$\mu\text{g/l}$]
Stichtagsmessung am 16. April 2008						
RKS 1	718	n.n.	160	160	320	77
LA 1	104.865	13	14.600	6.300	67.300	16.500
GM 1	4.183	1,1	1.900	370	1.900	n.n.

Tabelle 1: Schadstoffgehalt im Schadensherd



R 113 war im Zeitraum ca. 1960 – 1990 neben PCE als Lösungsmittel in chemischen Reinigungen weit verbreitet. Wegen seines niedrigen Siedepunktes von 47,8 °C wurde es besonders für empfindliche Kleidungsstücke eingesetzt. Neben dem niedrigen Siedepunkt ist R113 auch durch sehr geringe Wasserlöslichkeit (170 mg/l bei 20 °C) charakterisiert. Daraus resultiert die Eigenschaft, aus wässrigen Phasen zu verdunsten.

Geologie und Hydrologie

Unter einer Versiegelung mit Knochensteinen befindet sich eine 1,4 – 2,6 m mächtige Auffüllung. Unter der künstlichen Auffüllung folgt ein graugrüner Mittelsand, der die Verwitterungsschicht der tertiären unteren Meeresmolasse bildet, die ab einer Tiefe von ca. 4,5 m den Stauer darstellt. Grundwasser wird ca. 2 m unter Flur angetroffen. Die Permeabilität des Grundwasserleiters wurde mittels eines Pumpversuches mit $5,4 \times 10^{-5}$ m/s bestimmt. Die Abstandsgeschwindigkeit berechnet sich mit 0,2 m/d.

Sanierungsuntersuchung

Ein Bodenaushub im gesättigten Bereich erschien aufgrund vorhandener unterirdischer Versorgungsleitungen sowie der Flachgründung der Bauwerke nicht machbar. Pump & Treat in Kombination mit Bodenluftabsaugung schieden aufgrund der zu erwartenden langen Laufzeiten ebenso aus wie Dual Phase Extraction oder eine reaktive Wand.

	MnO ₄ ⁻	H ₂ O ₂	S ₂ O ₈ ²⁻
Gas Produktion	keine	hoch	gering
Hitzeentwicklung	keine	hoch	gering
Emissionen	keine	hoch	gering
Stabilität	Monate	Stunden	Wochen
Handhabung	++	-	++
Stöchiometrie kg/kg PCE	1.1	0.41	2.7
Soil Oxygen Demand (SOD)	hoch	mittel	niedrig
Anforderungen an den Arbeitsschutz	gering	extrem hoch	gering
Einstufung WGK	3	1	1
Schädliche Langzeitwirkung	keine	keine	Eventuell SO ₄ ²⁻
Erfolgsaussichten	++	+	+

Tabelle 2: Anwendungsgesichtspunkte

Unter den Gesichtspunkten minimaler Nutzungseinschränkung und niedrigen Gesamtkosten lässt sich das Sanierungsziel am ehesten mit einer In-Situ chemischen Oxidation (ISCO) erreichen. Als Sanierungsziel wurde mit der Behörde eine Reduktion von residualer Phase und deutliche Absenkung der Konzentration im Schadensherd vereinbart. Zusätzlich muss die Emission aus dem Schadensherd auf unter 20 g/d begrenzt werden.

Alternative Oxidationsmittel

Für den vorliegenden Fall stehen die Oxidationsmittel Persulfat, Permanganat und Wasserstoffperoxid prinzipiell zur Verfügung. Wasserstoffperoxid hat den Vorteil dass es umweltneutral reagiert. Allerdings besitzt es im Untergrund nur eine vergleichsweise geringe Lebensdauer, so dass hydraulisch nur eine geringe Ausbreitung erzielbar ist. Erschwerend sind auch die hohen Anforderungen im Hinblick auf Arbeitsschutz und Anlagensicherheit. Permanganat bildet Braunstein, das ausfällt und ggf. Schadstoff-Einkapselung verursachen kann. Persulfat hinterlässt lange Fahnen mit hohen Sulfatkonzentrationen. Verschiedene Anwendungsgesichtspunkte sind in der Tabelle 2 zusammengefasst.

Vorversuch

Um Informationen über die Stabilität und Ausbreitung des Oxidationsmittels zu erhalten wurde im April 2009 ein Vorversuch im Feld mit Persulfatlösung durchgeführt. Als Ergebnis stellte sich u.a. heraus, dass das Persulfat am Standort nicht ausreichend stabil und reaktiv war und die erzeugte Sulfatfahne sich zu langsam verdünnte. Eine Gefährdung möglicher Betonkonstruktionen im Untergrund konnte nicht ausgeschlossen werden. Damit war der Einsatz von Persulfat nicht empfehlenswert. Für die Full-Scale Anwendung wurde deshalb NaMnO₄ vorgeschlagen.

GWM	16.04.08	05.08.09	02.09.09	22.10.09
LA1	88,3	0,002	0,01	4,6
GM1	4,2	<NG	<NG	0,23
RSK1	0,6	6,9	<NG	<NG

Tabelle 3: CKW [mg/l]

Full-Scale Anwendung

Die Full Scale Anwendung wird sukzessiv mit 3 Infiltrationen durchgeführt. Bei der ersten Infiltration wurden im August 2009 innerhalb weniger Stunden mehrere tausend Liter Permanganatlösung ins Schadenszentrum infiltriert (Abb. 2).

GWM	16.04.08	2.09.09	22.10.09
LA1	16,5	38	23,0
GM1	n.u.	32	23,0
RSK1	0,1	36	23,0

Tabelle 4: R113 Gehalte [mg/l]



Abbildung 2: Infiltration



Abbildung 3: Geringe Nutzungseinschränkung

Die Nutzung des gastronomischen Bereiches war zeitlich und räumlich nur gering eingeschränkt (Abb. 3). Abbildungen 4. und 5. informieren über die vertikale und horizontale Ausbreitung des Oxidationsmittels. Die Stabilität des Permanganats lag erwartungsgemäß zwischen 1 und 3 Monaten. Über die CKW-Abbauergebnisse informiert Tabelle 3. Die Reduktion residueller Phase wurde über die Ionenbilanz nachgewiesen. R 113 wird von Permanganat nicht oxidiert. Da es gelöst in freier PCE Phase angereichert war, wird es nach deren Beseitigung freigesetzt und löst sich entsprechend im Grundwasser. Aufgrund ihrer Henry Konstante wird sich R 113 mit der Zeit verflüchtigen, was die R113- Werte vom 22.10.09 bereits andeuten (Tab. 4). Nach drei Monaten ist das Oxidationsmittel verbraucht. Der erwartete Rebound tritt ein. Für Anfang Dezember 2009 ist die 2. Infiltration geplant. Einschließlich der 2. Infiltration belaufen sich die Sanierungskosten auf ca. 40.000.- EUR.

Auslegung

Die Erfolgsfaktoren heißen:

- ✓ Auswahl des für den Standort richtigen Oxidationsmittels
- ✓ Einbringung und Ausbreitung des Oxidationsmittels
- ✓ Festlegung der Menge des Oxidationsmittels
- ✓ Festlegung der Konzentration des Oxidationsmittels

Diese Faktoren sind standort- und schadstoffspezifisch. Nur wenn diese Faktoren richtig geplant sind, kann die residuale Phase des Schadstoffes beseitigt werden und die Sanierung nachhaltig ein Erfolg sein.

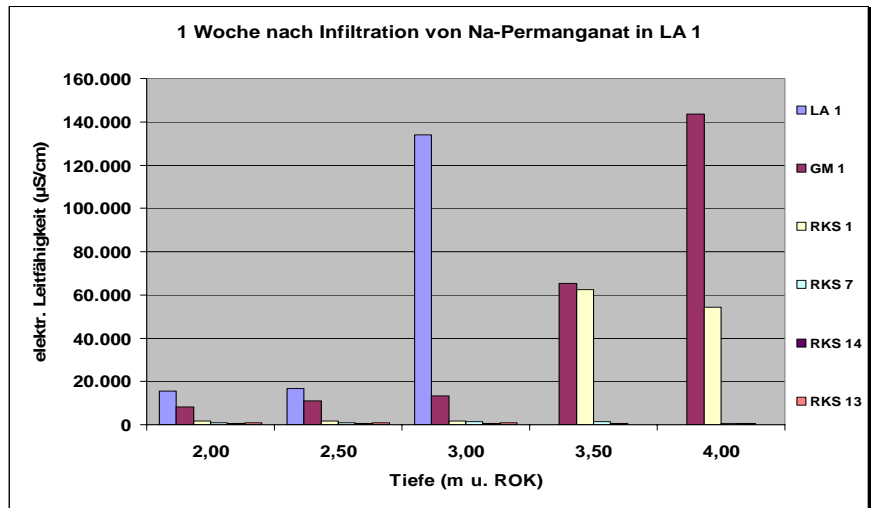


Abbildung 4: Vertikale Ausbreitung

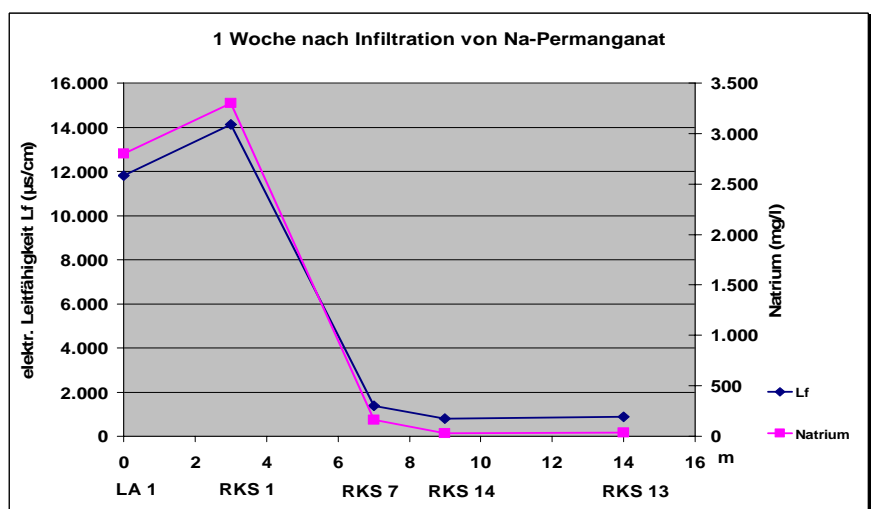


Abbildung 5: Horizontale Ausbreitung



Warum Alenco?

Alenco besitzt die Erfahrung, ohne Vorversuche ein Grobkonzept für ISCO-Anwendungen, einschl. einer Kostenschätzung zu erstellen. Dieses Konzept wird vor der Full-Scale Anwendung durch einen Feldversuch verifiziert. Laborversuche sind in der Regel nicht notwendig.

Kommen Sie mit Ihrem Projekt zu uns und wir sagen Ihnen, wie es geht und was es kostet!

Kontakt



Informationen bekommen Sie bei:

Dr. Peter Rissing

☎ 0711 75 88 40-0

☎ 0711 75 88 40-99

stuttgart@alenco-consult.com

www.alenco-consult.com

