

In-situ-Sanierung mithilfe von Grundwasser-Zirkulationsbrunnen

Weitere Fortschritte bei der Sanierung einer CKW-Kontamination in Berlin-Köpenick



Kieswechsel im oberen Filter eines Grundwasser-Zirkulationsbrunnens mithilfe einer Drucklanze

Die ersten sieben Sanierungsanlagen, einschließlich sieben GZB (Patent der Firma IEG mbH, Reutlingen) und 18 Bodenluft-Absaugbrunnen, wurden auf dem ehemaligen Industriegelände im Südosten von Berlin im Januar 2004 in Betrieb genommen. Nach dem erfolgreichen Pilotversuch wurden im Frühjahr 2005 im südlichen Bereich des Sanierungsgeländes sieben weitere, im Sechseck angeordnete GZB errichtet. Wegen der hohen CKW-Kontamination des Grundwassers wurden hier die Abstände zwischen den einzelnen GZB von den ursprünglich geplanten 50 m auf 25 m reduziert. Im Frühjahr 2006 wurden anschließend zur Abreinigung der Randbereiche des Sanierungsgeländes sukzessive weitere 19 GZB errichtet. Aktuell dienen zur Sanierung des kontaminierten Grundwassers und der Bodenluft 33 Grundwasser-Zirkulationsbrunnen und 18 Bodenluft-Absaugbrunnen. Die im Jahre 2005 bis 2006 errichteten GZB wurden jeweils in Dreiergruppen an eine zentrale Sanierungsanlage angeschlossen.

Während der ersten Sanierungsphase wurde das vorhandene Grundwassermessnetz durch die Errichtung von 29 Multilevelmessstellen erweitert.

Im Hotspot-Bereich, innerhalb eines denkmalgeschützten Gebäudes, konnten wegen des Platzmangels und der damit verbundenen Schwierigkeiten für großkalibrige Bohrmaschinen lediglich Sanierungsbrunnen mit 150 mm Durchmesser errichtet werden. Limitierend bei der Errichtung der Sanierungsbrunnen waren die Höhe des Raumes im Gebäude sowie die Breite des Einfahrtstors.

Das Ausbauprinzip der GZB wird in TerraTech 5/2005 detailliert beschrieben (siehe Kastentext). Eine technische Besonderheit der errichteten GZB, nämlich der Ausbau des oberen Filters als sogenannter Bodentstützfilter, erwies sich besonders in der Anfangsphase als große Hilfe für den Sanierungsbetrieb. Wegen der auftretenden Verockerung der Schüttung konnte so mithilfe einer Absauglanze der Filterkies ausgetauscht und die Filteroberfläche gereinigt werden.

Die im Jahre 2006 errichteten Multilevel-Messstellen (insgesamt 29 Stück), die ei-

Irina Przybylski und Achim Landau

In TerraTech 5/2005 veröffentlichten Irina Przybylski und Bruno Bernhardt die ersten Ergebnisse der In-situ-Sanierung einer flächenhaften CKW-Kontamination mithilfe von Grundwasser-Zirkulationsbrunnen (GZB). Vor allem die persistenten und toxischen Abbauprodukte der chlorierten Kohlenwasserstoffe (cis-DCE und VC) werden mithilfe dieses Verfahrens effektiv und rasch saniert. Der Sanierungserfolg wird durch die Grundwasserzirkulation von sauerstoffangereichertem Grundwasser und durch den Einsatz biologischer Aufbaustoffe im Grundwasserleiter erzielt. Inzwischen sind zahlreiche neue Sanierungsanlagen und GZB auf dem Sanierungsobjekt in Betrieb genommen worden. Das kontaminierte Grundwasser und die Bodenluft auf dem Gelände werden durch die IEG Industrie Engineering GmbH mit der Unterstützung vor Ort durch den Geologen Achim Landau saniert. Die sanierungsbegleitenden Untersuchungen werden durch die CSD Ingenieure und Geologen AG durchgeführt. Mit dem aktuellen Beitrag wird über die seither erzielten Fortschritte auf dem Sanierungsgelände in Berlin-Köpenick berichtet.

gentlich zum Zweck des Grundwassermonitorings mit jeweils drei Filterstrecken ausgebaut sind, konnten im weiteren Sanierungsverlauf optional als „kleine“ GZB zur Sanierung des Grundwassers und der Bodenluft genutzt werden. Alle drei Filterstrecken sind durch ein Packersystem voneinander getrennt, sodass die Möglichkeit einer tiefenorientierten Probennahme bzw. Dekontamination besteht. Die abgesaugte Bodenluft sowie die Prozessluft aus den Strippanlagen werden über Aktivkohle gereinigt.

Sanierungsbetrieb

Der Sanierungsbetrieb wurde in den letzten Jahren am häufigsten durch die Ausfällung von Eisenoxiden in den Strippanlagen und durch Verockerung bzw. Versinterung im Filterbereich der Sanierungsbrunnen beeinträchtigt.

Seit November 2007 beträgt die Gesamtförderrate aller Sanierungsanlagen ca. 155 m³/h. Dies entspricht bei einer mittleren Eisenkonzentration im Grundwasser von 5 mg/l einem Anfall von etwa 130 kg Eisenoxide pro Woche. Die Eisengehalte variieren jedoch von Brunnen zu Brunnen stark und liegen zurzeit zwischen 1 und 30 mg/l. Die Ausfällung von Eisenschlämmen stellt das Hauptproblem bei der Wartung der Anlagen dar. Der Löwenanteil dieser Schlämme fällt durch Oxidation in den Strippanlagen aus. Diese müssen daher zum Teil wöchentlich demontiert und von Verkrustungen und Schlämmen bis zu 2-3 cm Stärke befreit werden. Dies erfordert zwar einen erheblichen Arbeitsaufwand, ist aber aufgrund der wartungsfreundlichen und leichten Bauweise der Kompaktstrippanlagen technisch unproblematisch.

Technisch anspruchsvoller ist die Entfernung von Verockerungen aus den Filterstrecken der Sanierungsbrunnen. Besonders betroffen durch die Verockerung bzw. die Versinterung des Filterkieses ist die obere Filterstrecke der GZB, da sie zur Reinfiltration von sauerstoffangereichertem Prozesswasser dient (**Bild 1**). Die obere Filterstrecke der GZB besteht aus einem Innenrohr, das im Bodensstützfilter mit einer Lochung von 30 mm eingebaut ist. Der Raum zwischen den beiden Filterrohren ist mit Filterkies verfüllt, um ein Eindringen von Sedimenten in den Brunnen zu verhindern.

Das Absaugen des verbrauchten Kieses geschieht mithilfe einer Absauglanze (Patent der Firma IEG GmbH), die eine starke Sedimentförderung bei geringem Wasserdurchsatz ermöglicht. Sobald der Filterkies vollständig entnommen ist, kann das Innenrohr herausgezogen, von Verkrustungen gereinigt und wieder eingesetzt werden.

Anschließend wird in den Zwischenraum frischer Filterkies eingebracht. Mit dieser Methode der Brunnenregeneration konnte bislang die Versickerungsleistung der GZB

in 17 Fällen wieder vollständig hergestellt werden. Ein Neubohren von Sanierungsbrunnen war bislang trotz stärkster Verockerung bzw. Versinterung nicht notwendig. Ein Austausch des Filterkieses der unteren Filterstrecke war bislang nicht erforderlich.

Sanierung einer Leichtphase

Im südlichen Bereich des Sanierungsgebietes bildete sich lokal eine Leichtphase, die seit April 2007 erfolgreich mit zwei Phasenabsauganlagen behandelt wird. Die Absaugung erfolgt mithilfe von Unterdruck über einen schwimmergelagerten Saugfuß in ein 300-l-Fass. Es zeigte sich, dass ein alternierendes Absaugen ein bis zweimal pro Woche für ca. vier Stunden ausreicht, um die angereicherte Leichtphase aus den Sanierungsbrunnen zu entfernen. Um den Zuström an Leichtphase zu den GZB und damit zur Phasenabsaugung zu erhöhen, wurden die zwei betroffenen GZB aus dem Kreislaufbetrieb herausgenommen und mit minimaler Förderleistung im reinen Pumpbetrieb gefahren. Seit Aufstellung der Anlagen vor eineinhalb Jahren konnten so ca. 7 m³ Leichtphase aus dem Untergrund abgesaugt und kostengünstig unter minimalem Aktivkohleeinsatz entsorgt werden.

Entwicklung der Schadstoffkonzentration im Grundwasser

Der rasche Abbau von CKW-Metaboliten im Grundwasserleiter ist auf die intensive vertikale Durchspülung der kontaminierten Bereiche durch die Grundwasserzirkulation zurückzuführen. Durch die Grundwasserzirkulation bildet sich im Grundwasserleiter

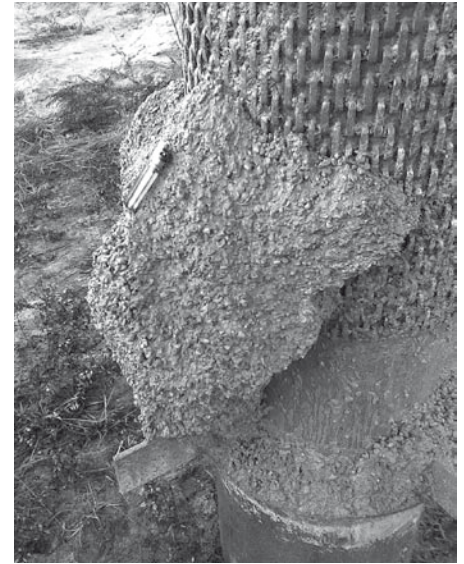


Bild 1: Versinterungen auf der Filteroberfläche

ter radialsymmetrisch um den GZB eine Reaktionszone, die im Laufe der *In-situ*-Sanierung mehrfach von kontaminiertem Grundwasser durchströmt wird. Neben der Infiltration von sauerstoffangereichertem Prozesswasser werden mithilfe von GZB lösungsvermittelnde Stoffe und biologische Aufbaustoffe in den Grundwasserleiter eingespült. Zum einen bewirken diese Stoffe eine steigende Auflösung der Schadstoffe aus der Bodenmatrix und zum anderen unterstützen sie die mikrobiologischen Abbauprozesse im Untergrund. Die Gesamtkonzentration an CKW im Grundwasser nimmt dadurch rasch ab.

Die Auflösung der CKW-Phase in den Hotspot-Bereichen ist bereits abgeschlossen (Stand Oktober 2008). Die CKW-Konzentrationen sanken in diesem Bereich von ursprünglich 1 g/l bis auf 50 mg/l (**Bild 2**). Ei-

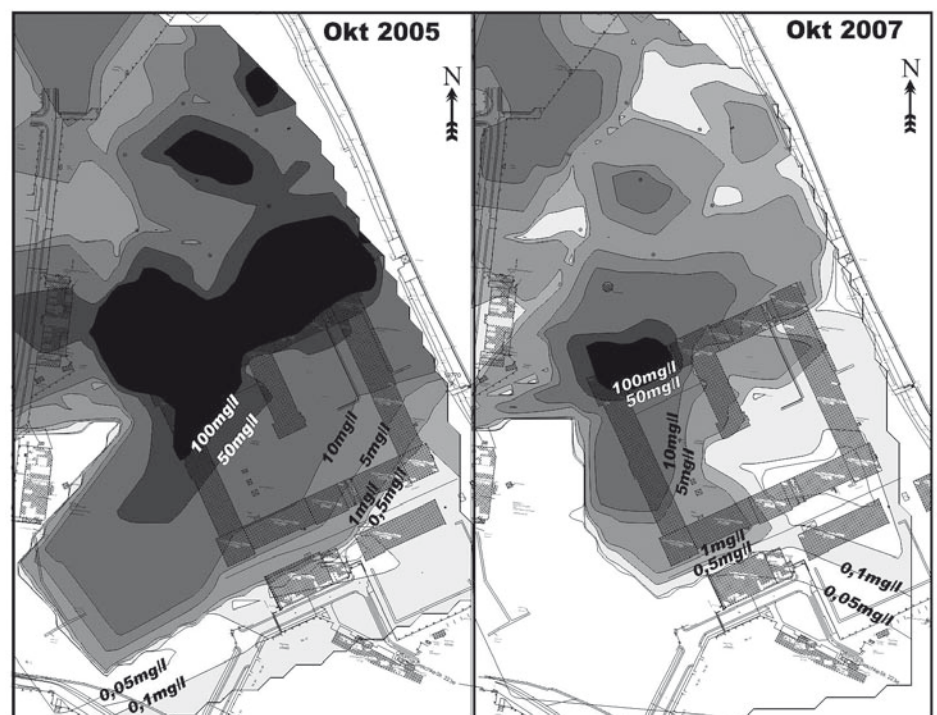


Bild 2: Die CKW-Konzentrationen sanken in den Hotspot-Bereichen auf 50 mg/l

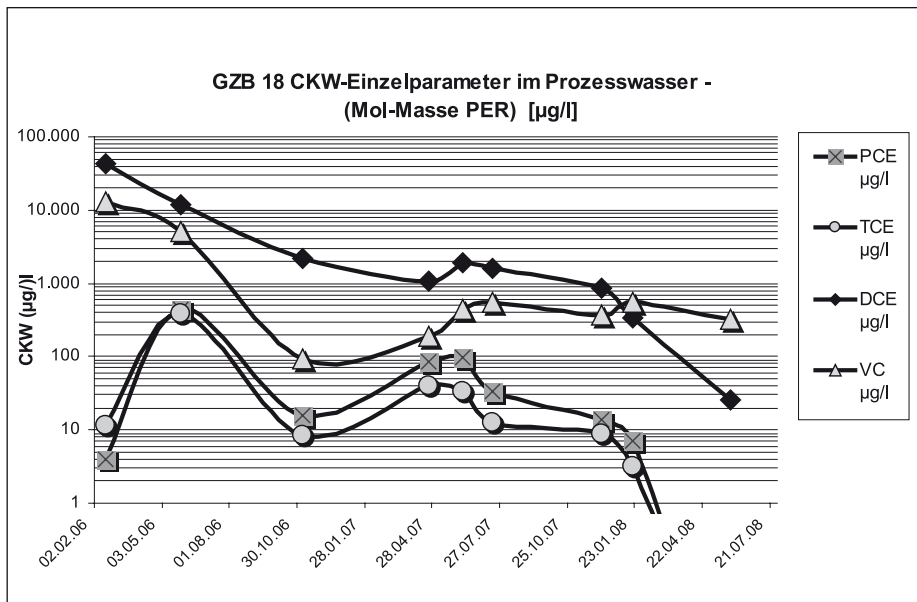


Bild 3: CKW-Entwicklung in einem ausgewählten Grundwasser-Zirkulations-Brunnen – GZB 18

ne besonders spektakuläre Veränderung der Gesamtkonzentration ist im nördlichen und östlichen Bereich des Geländes zu beobachten. Im Juli 2004 wurden hier CKW-Konzentrationen von 100 bis 250 mg/l beobachtet. Aktuell liegen sie nur noch bei lediglich 200–500 µg/l (Bild 3).

Im gesamten Grundwasserleiter ist eine Veränderung der Zusammensetzung der CKW festzustellen. Die Anteile von *cis*-Dichlorethen (*cis*-DCE) und Vinylchlorid (VC) und neurdings von Ethen an der Gesamtkonzentration steigen kontinuierlich an und die Anteile der Muttersubstanzen – Tetrachlorethen (PCE) und Trichlorethen (TCE) – sinken ab. In den meisten Sanierungsbrunnen sind PCE und TCE bereits vollständig abgebaut. Die VC-Konzentrationen wuchsen von ursprünglich 20 % auf etwa 80 %. Eine ähnliche Entwicklung ist auch in den Kontrollmessstellen zu beobachten. Hier stiegen die VC-Anteile von 40 % auf 95 %. Die Muttersubstanzen wur-

den hier komplett abgebaut. In den Messstellen an der Spree erreichte die Konzentration vom Endprodukt der CKW-Umwandlung – Ethen – ca. 20 % von der Gesamtmenge an CKW. Das ist ein sicheres Zeichen für einen mikrobiologischen und katalytischen Abbau über den Weg PCE-TCE-*cis*-DCE-VC-Ethen (Bild 4).

Durch die Reinfiltration des gereinigten sauerstoffreichen Wassers und den Einsatz des IBA-Systems (Injektion biologischer Aufbaustoffe im GZB-System) wird ein wirkungsvoller Absanierungseffekt erzielt, indem die aeroben Abbauprozesse von niederchlorierten Kohlenwasserstoffen – (*cis*-DCE und VC) unterstützt werden.

Schlussfolgerungen

Bei der Sanierung einer Grundwasserkontamination durch CKW und BTEX mithilfe von Grundwasser-Zirkulations-Brunnen der Firma IEG wurden wesentliche Erkennt-

nisse bezüglich der Abbaumöglichkeiten vor allem von *cis*-DCE und Vinylchlorid gewonnen. Die Ergebnisse zeigen, dass beim Einsatz von Grundwasserzirkulation und biologischen Aufbaustoffen eine rasche und vollständige Abreinigung der Schadstoffe im gesamten Grundwasserleiter stattfindet. Die aeroben Verhältnisse im Grundwasserleiter, die durch die Reinfiltration von sauerstoffangereichertem Prozesswasser im Grundwasserleiter gewährleistet sind, stimulieren den mikrobiologischen Abbau vor allem von *cis*-DCE und Vinylchlorid und führen zur Bildung des gewünschten Endproduktes des mikrobiologischen Abbaus, nämlich Ethen. Ein paralleler Betrieb von Bodenluftabsaugung trägt zu optimalen Bedingungen bei.

Von April 2004 bis Oktober 2008 wurden rund 85 t CKW und BTEX aus dem Grundwasser und der Bodenluft des Sanierungsgeländes entfernt. Der Schadstoffaustrag durch die Bodenluftabsaugung beträgt insgesamt 12 t. Zurzeit werden aus der Bodenluft und aus dem Grundwasser wöchentlich ungefähr 500 kg Schadstoffe entfernt. Die spezifischen Kosten belaufen sich auf 50 €/kg Schadstoff. Die voraussichtliche Sanierungsdauer beträgt sieben bis acht Jahre. ■

Literaturhinweise:

- [1] Heinrich, K.E. (2/2006): „Hydraulische Steuerung einer Wasser-Alkohol-Zirkulation mittels Grundwasser-Zirkulations-Brunnen“, *Dissertationsreihe am Institut für Hydromechanik der Universität Karlsruhe (TH)*
- [2] Mohrlök, U., Weber, O., Jirka, G.H.; Scholz, M., B. (1/2003): „Grundwasser-Zirkulations-Brunnen (GZB) zur In-situ-Sanierung“, *Grundwasser-Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie*, 13–21
- [3] Przybylski, I., Bernhardt, B. (2005): „In-situ-Sanierung einer CKW-Kontamination“, *TerraTech* 5/2005, TT20-TT24

Info

Den in TerraTech 5/2005 veröffentlichte Artikel „In-situ-Sanierung einer CKW-Kontamination“ finden Sie auf unserer Internetseite unter www.industrieservice.de/#3909910.

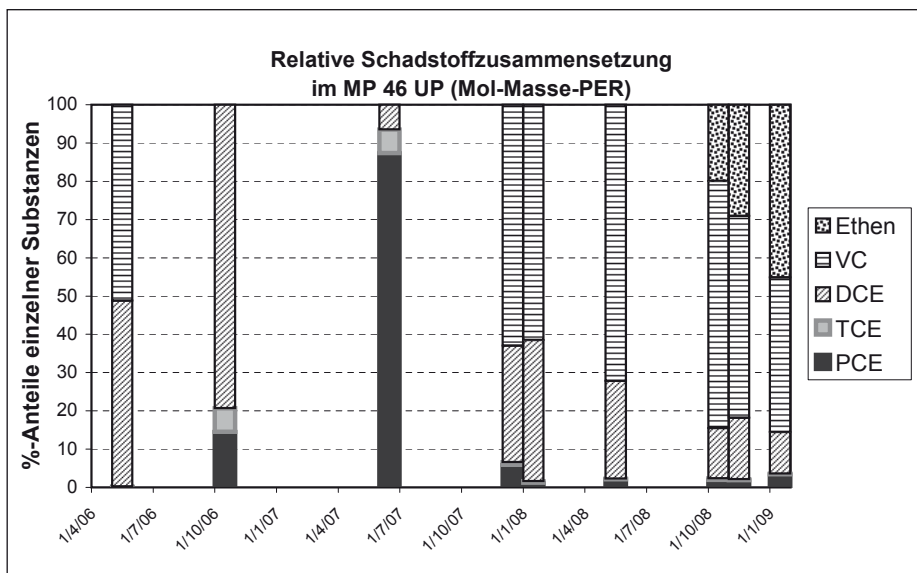


Bild 4: Relative Schadstoffzusammensetzung