

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 134 (2008)
Heft: 23: In Grund und Boden

Artikel: Pfähle gegen Gift im Grundwasser
Autor: Carle, Claudia
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-108935>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

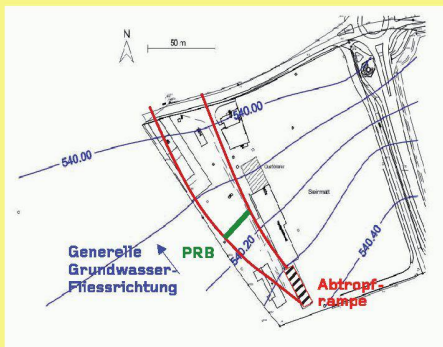
Download PDF: 23.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

PFÄHLE GEGEN GIFT IM GRUNDWASSER



01



02

01 In diesen Tanks werden in Willisau die Holzstangen imprägniert, auf der mittlerweile asphaltierten Rampe davor lässt man sie abtropfen (Bild: Franz Schenker)

02 Situationsplan der Sanierungsmassnahme: rot die Abtropframpe als Hauptemissionsherd der Chromatverschmutzung mit der sich in Grundwasserflussrichtung ausbreitenden Schadstofffahne; grün die eingebaute permeable reaktive Barriere; blau die Grundwasser-Isohypsen (Bild: Schenker Korner+Partner GmbH)

03 Schematisches Profil der permeablen reaktiven Barriere (doppelte Pfahlreihe) und der Überwachungsmessstellen im Zu- und Abstrom (MPSS) (Bild: Schenker Korner+Partner GmbH)

04 Anordnung der permeablen reaktiven Barriere und der Überwachungsmessstellen im Grundriss (Bild: Sven Köhler¹)

Auf dem Gelände eines Holzimprägnierwerkes sickerten jahrelang Holzschutzmittel in Boden und Grundwasser, die giftiges Chromat enthalten. Für die Sanierung dieser Altlast wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes eine neue und kostengünstige Methode entwickelt, bei der mit Eisenspänen gefüllte Bohrpfähle im Boden das Chromat unschädlich machen.

Telefon- und Elektrizitätsmasten aus Holz sollen jahrzehntelang dem Wetter trotzen, ohne zu verrotten – das funktioniert nur, wenn sie zuvor mit Holzschutzmittel behandelt wurden. Im Imprägnierwerk Willisau werden die Holzstangen daher in Tanks mit dem Konservierungsmittel getränkt, bevor man sie auf einer Rampe im Freien abtropfen lässt. In Willisau war dieser Platz jahrzehntelang nur mit Kies gedeckt, sodass die Holzschutzmittel, die unter anderem das giftige und krebserregende Chromat (siehe Kasten Seite 30) enthalten, ungehindert in den Untergrund sickern konnten. Erst Mitte der 1980er-Jahre wurde ein Teil des verunreinigten Bodens ausgehoben und entsorgt sowie die Oberfläche asphaltiert. Damit war das Problem aber nur teilweise gelöst. Das Holzschutzmittel war über die Jahre bereits bis zu 20 m tief in den Untergrund gesickert. Steigt bei der Schneeschmelze oder nach starken Regenfällen der Grundwasserspiegel, gelangt das Wasser in den Bereich dieses Schadstoffherdes und wäscht Chromat aus. Daher hätte man trotz Oberflächenversiegelung noch jahrzehntelang mit periodisch verunreinigtem Grundwasser im Abstrom des Imprägnierwerkes leben müssen. Als das Werk Ende der 1990er-Jahre eine Baubewilligung für eine Umbaumassnahme beantragte, ordnete die zuständige Behörde daher auf Basis der 1998 in Kraft getretenen Altlastenverordnung eine Untersuchung des Firmengeländes an. Der Bereich der Abtropframpe wurde dabei als sanierungsbedürftig eingestuft.

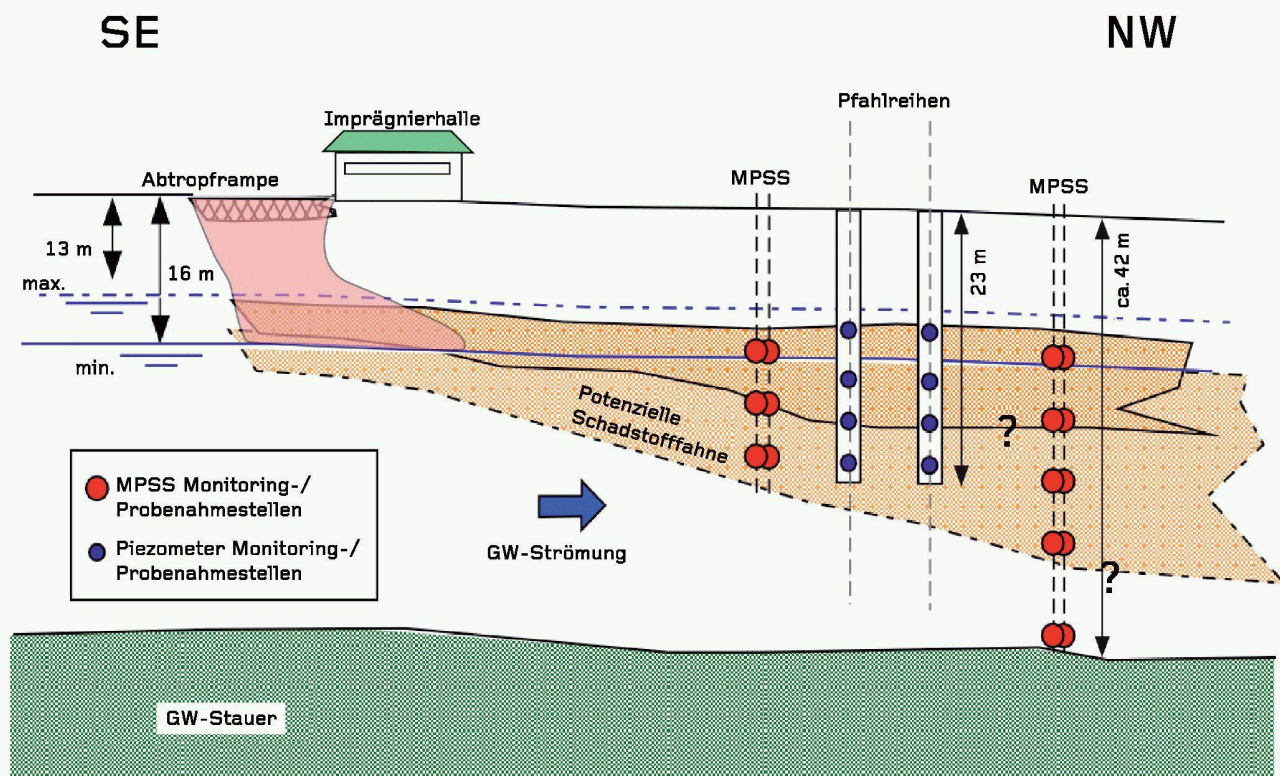
EVALUIERUNG VERSCHIEDENER SANIERUNGSMETHODEN

Franz Schenker vom Beratungsbüro Schenker, Korner und Partner aus Luzern wurde mit der Evaluation verschiedener Sanierungsmethoden beauftragt. «Das ganze kontaminierte Erdreich auszubaggern wäre wegen der Tiefe der Kontamination technisch nicht möglich gewesen», erläutert Schenker. Eine andere Möglichkeit wäre gewesen, das verschmutzte Grundwasser an die Oberfläche zu pumpen, das Chromat in einem Filter auszufällen und das gereinigte Wasser wieder zu versickern. «Diese so genannte »Pump and treat«-Methode ist jedoch aufwendig und teuer», so Schenker.

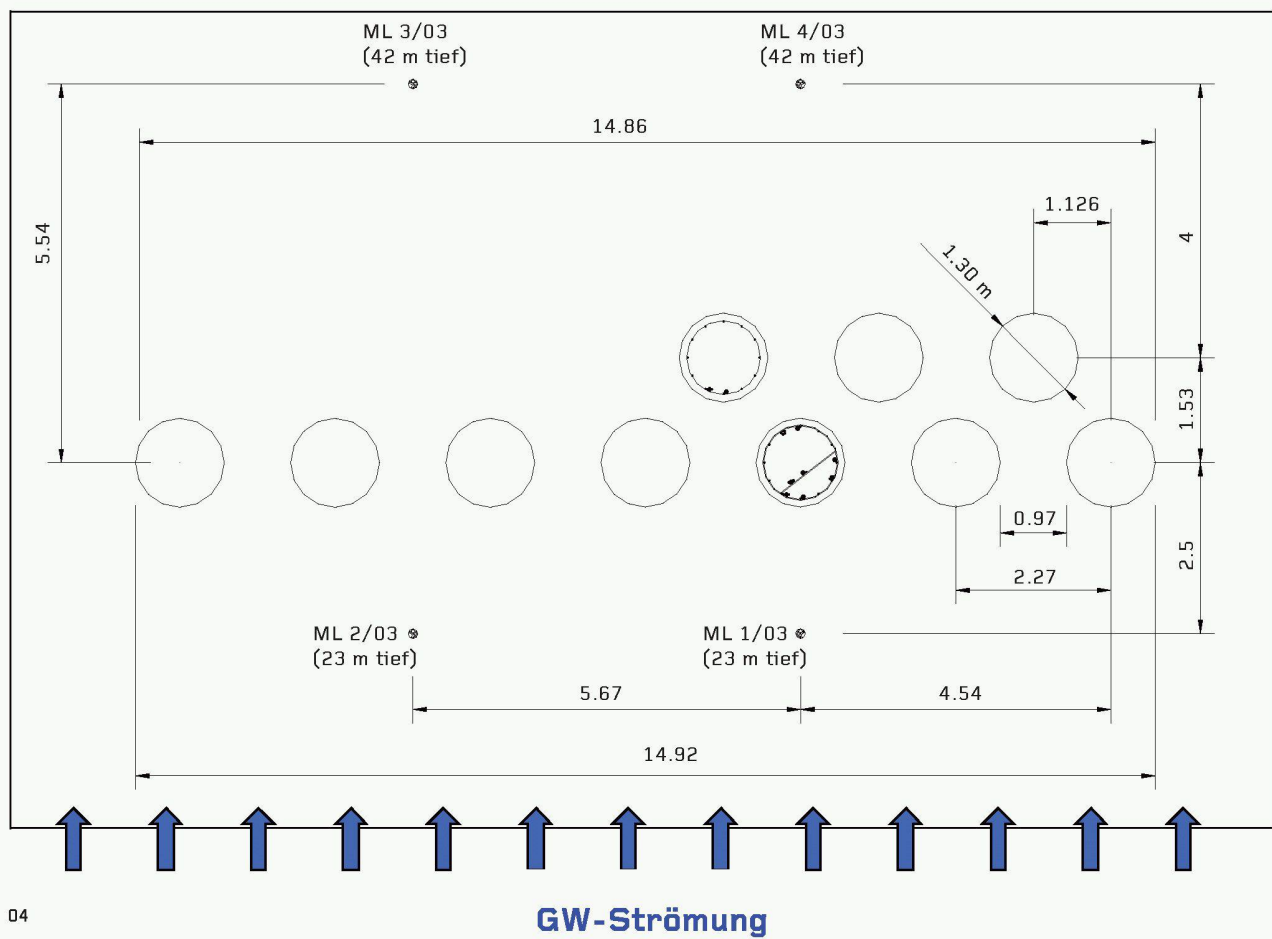
Stattdessen wurde im Rahmen eines vom Buwal (heute Bafu) geförderten Forschungsprojektes eine neue Methode entwickelt und getestet. Diese so genannte permeable reaktive Barriere (Bohrpfahlreihe) wurde im November 2003 in unmittelbarer Nähe des Schadstoffherdes im Untergrund eingebaut. Sie besteht aus einer Reihe von mit reaktivem Material gefüllten Bohrpfählen. Beim Durchströmen dieser Säulen reagiert das Chromat im Grundwasser mit dem reaktiven Material und wird dadurch unschädlich gemacht.

LABORVERSUCHE MIT VERSCHIEDENEN REAKTIVEN MATERIALIEN

Welches reaktive Material sich am besten eignet, wurde zuvor in Laborversuchen im Rahmen einer Dissertation an der ETH Zürich¹ untersucht. Die besten Resultate wurden mit Grauguss erzielt, einem Eisen, das bis 4 % Kohlenstoff enthält. Das Eisen reagiert mit Chromat und reduziert es zu dreiwertigem Chrom, das als unlösliches und ungiftiges Salz ausfällt und im Boden verbleibt (siehe Kasten Seite 30). Diese Reaktion findet zum einen in



03



04

den Säulen selbst statt, zum anderen geht aber auch Eisen aus den Säulen in Lösung und bildet im Abstrom der Säulen eine Wolke mit hohen Eisenkonzentrationen, sodass auch an den Säulen vorbeiströmendes Wasser von Chromat gereinigt wird.

Verwendet man in den Säulen jedoch nur Graugussspäne, nimmt die Wasserdurchlässigkeit der Säulen nach einigen Monaten stark ab, da Rost die Poren verstopft. Daher wurden die Graugussspäne mit 80 % Split gemischt. Auf diese Weise erreicht man eine Wasserdurchlässigkeit, die höher ist als die des umgebenden Bodens, sodass das Grundwasser bevorzugt durch die Säulen fliesst.

EINBAU DER REAKTIVEN BARRIERE

Nach den Laborversuchen konnte die reaktive Barriere vor Ort eingebaut werden. Dafür wurden zunächst Metallrohre von 1.3m Durchmesser 23m tief in den Boden gedreht, dann wurde im Innern der Rohre die Erde ausgebaggert und die Eisen-Split-Mischung eingefüllt. Anschliessend wurden die Metallrohre wieder entfernt. Die gesamte Barriere nimmt eine Breite von 15m ein, wovon die eine Hälfte als einfache Reihe ausgebildet ist, die andere Hälfte als doppelte Reihe. Mit dieser unterschiedlichen Anlage der Barriere sollte untersucht werden, ob die Wolke mit gelöstem Eisen hinter den Säulen ausreicht, um eine durchgehende Barriere für Chromat zu bilden.

Um die Wirksamkeit der reaktiven Barriere überprüfen zu können, wurden im Zu- und im Abstrom Messsysteme installiert, mit denen das durchströmende Grundwasser in verschiedenen Tiefen analysiert werden kann. Zusätzlich wurden zwei der Bohrpfähle mit Probenentnahme-Systemen ausgerüstet, über die sowohl Grundwasserproben als auch Proben des reaktiven Materials entnommen werden können.

CHROM

Das chemische Element Chrom kommt in verschiedenen Oxidationsstufen vor. Bei der Sanierung des Holzimprägnierwerkes wird sechswertiges Chrom (Chromat) zu dreiwertigem Chrom reduziert. Chromat ist ein überwiegend anthropogener Schadstoff und kommt in der Natur nur selten vor. Es ist giftig und krebserregend. Eingesetzt wird es neben der Holzimprägnierung auch für Verchromungen und als Oxidationsmittel in der organischen Chemie. Chromat bildet sich auch bei der Zementherstellung und war früher Verursacher des so genannten Maurerkehlzems (Maurerkrätze), einer Chromatallergie. Deshalb wird heute chromatarmer Zement verwendet. Dreiwertiges Chrom dagegen kommt natürlich vor und ist nicht toxisch.

EINFACHE PFAHLREIHE REICHT NICHT AUS

Nach dreijähriger Laufzeit wurden die Messergebnisse ausgewertet und geprüft, ob das Sanierungsziel, eine Chromatkonzentration von maximal 0.01 mg/l, erreicht wurde. Die Messungen zeigen klar, dass die einfache Pfahlreihe nicht ausreicht, um das Chromat aus dem Grundwasser zu entfernen. Steigt das Grundwasser und damit die Chromatauswaschung aus dem Schadstoffherd, sind auch nach der reaktiven Barriere noch Chromatkonzentrationen messbar, die um mehr als das 100fache über dem Grenzwert liegen. Offensichtlich reicht die Wolke gelösten Eisens hinter den Säulen nicht aus, um das zwischen den Säulen durchströmende Grundwasser zu reinigen.

Anders sieht es bei der doppelten Pfahlreihe aus. Sie genügt in der Regel, um die Chromatkonzentrationen unter den Grenzwert zu senken. Steigt allerdings nach starken Niederschlägen das Grundwasser sehr stark und sehr schnell an und wäscht dadurch grosse Chromatmengen aus dem Schadstoffherd aus, treten auch hier nach der Barriere zu hohe Chromatwerte auf. Offensichtlich kann in diesen Fällen nicht genug Eisen freigesetzt werden, um sämtliches Chromat abzufangen. Trotzdem werden über die Zeit gesehen ca. 96 % der Schadstofffracht aus dem Grundwasser entfernt. Damit wird zwar das behördlich festgesetzte Sanierungsziel, zu jeder Zeit im Abstrom der Barriere Chromatkonzentrationen unterhalb des Grenzwertes zu erreichen, verfehlt. Schenker ist allerdings der Meinung, dass diese Reinigungsleistung ausreicht und eine 100 %ige Wirksamkeit kaum erreichbar sei. Auf Grund dieser Ergebnisse soll nun in einem nächsten Schritt die einfache Pfahlreihe noch zu einer doppelten ergänzt werden.

PERMEABLE BARRIEREN

Permeable reaktive Barrieren (durchströmte Reinigungswände) wurden Anfang der 1990er-Jahre in Nordamerika als neues und kostengünstiges Konzept zur Grundwassersanierung entwickelt. Sie werden vor allem zur Sanierung von mit LCKW (leichtflüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffen, die z. B. aus Lösungsmitteln stammen können) verunreinigtem Grundwasser eingesetzt. Die bisher eingesetzten Barrieren sind durchgehende Wände, die entweder vollflächig mit reaktivem Material gefüllt sind oder das Grundwasser zu einzelnen, mit reaktivem Material gefüllten «Toren» lenken. In Willisau wurden anstelle der Wände Säulen eingesetzt. Säulen haben gegenüber Wänden den Vorteil, dass sie bis in grössere Tiefen eingebaut werden können und die Grundwasserströme nicht verändern.

OFFENE FRAGEN BEI DER LANGZEITWIRKUNG DER BARRIERE

Noch nicht restlos geklärt ist, ob die Säulen über Jahre hinweg genug wasserdurchlässig bleiben. Eine Dissertation an der Uni Bern² ist dieser Frage nachgegangen und hat dafür Proben reaktiven Materials aus dem Innern der Säulen untersucht. Die Untersuchung kommt zum Schluss, dass auf Grund dieser Proben ein Verstopfen des Porenraumes nicht zu erwarten ist. In einem zweiten Schritt soll nun aber noch reaktives Material vom Rand der Bohrpfähle untersucht werden, wo das Grundwasser anströmt. Möglicherweise sieht es dort anders aus.



05



06

05 Schüttung des reaktiven Materials in Metallrohre, die anschliessend wieder entfernt werden (Bild: Sven Köhler)

06 Das reaktive Material in den Säulen besteht aus Eisenspänen mit 80 % Split (Bild: Franz Schenker)

Die Erfahrungen mit der Pilotanlage in Willisau fliessen bereits in eine weitere Sanierung ein: Auf dem Werkgelände eines metallverarbeitenden Betriebes in Thun wurde kürzlich eine reaktive Barriere eingebaut, die nun von vornherein als doppelte Bohrpfahreihe ausgeführt wird. Installiert wurden dort 122 Bohrpfähle. Insgesamt schätzt Schenker die Anzahl der sanierungsbedürftigen Chromatalllasten in der Schweiz auf ca. 20 Standorte.

Dass es bei dieser Zahl bleibt, lassen die Weiterentwicklungen der Holzimprägnierung in Willisau hoffen. 2006 wurde eine Imprägnieranlage mit chromfreien Holzschutzmitteln für Gartenholz und Fassadenschalungen installiert. Parallel dazu laufen Versuche in Zusammenarbeit mit der Empa St. Gallen und verschiedenen Verbänden, um auch Holzmasten zukünftig chromfrei zu imprägnieren.

Claudia Carle, carle@tec21.ch

Anmerkungen

1 Sven Köhler: Auswahl und Einsatz von eisenhaltigen Füllmaterialien für Permeable Reaktive Barrieren (PRB) zur in situ Grundwassersanierung am Beispiel eines Chromatschadenfalles. Diss. ETH Zürich, Institut für Geotechnik, 2004

2 Bettina Flury: Remediation of chromate contaminated groundwater by a permeable reactive barrier: Field investigations, laboratory experiments and geochemical modeling. Diss. Uni Bern, Institut für Geologie, 2008