

# Grundwassersanierung im natürlichen Fluss

*Funnel-and-Gate-Systeme erlauben die Sanierung komplexer Altlasten und großräumiger Grundwasserschäden ohne jeglichen Einsatz von Pumpen und Hilfsenergie. Die Stadtwerke München bauen derzeit die weltweit größte Grundwasserreinigungsanlage nach diesem Verfahren und setzen damit auf eine innovative und hoch effiziente Technologie zur Sanierung des ehemaligen Gaswerksgeländes München Moosach.*

Die Bewältigung von derzeit bundesweit rund 400.000 Altlastenverdachtsflächen erfordert in den nächsten Jahrzehnten von Unternehmen, Kommunen und sonstigen Sanierungspflichtigen enorme finanzielle Aufwendungen. Neben einer möglichen Gefährdung von Mensch, Tier und Pflanze geht von den meisten Altlasten eine Gefährdung oder Verunreinigung des Grundwassers aus.

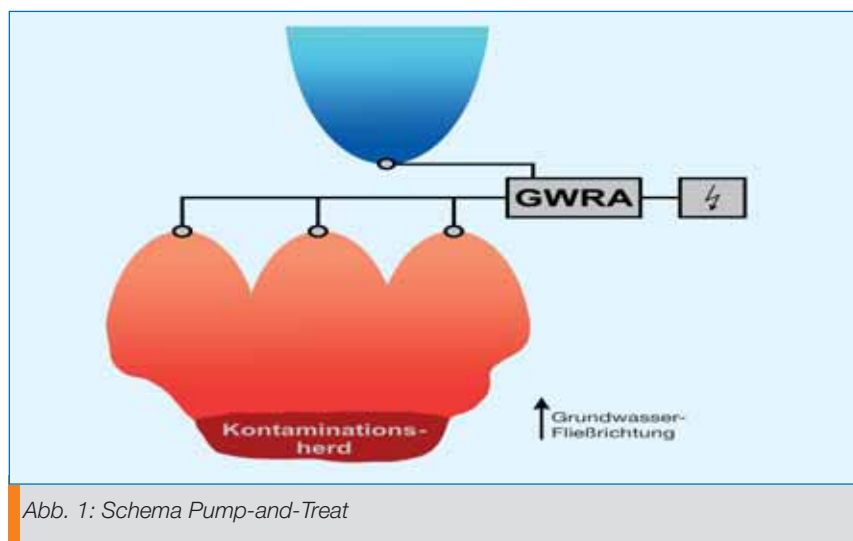
Eine Beseitigung des gesamten Schadstoffinventars der bekannten Altlasten ist technisch nicht darstellbar, volkswirtschaftlich nicht zu bewältigen und ergibt auch aus ökologischer Sicht keinen Sinn. Dieser Tatsache Rechnung tragend wurde mit Einführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes im Jahr 1999 die Sicherung von Altlasten als ein der Dekontamination belasteter Standorte gleichwertiges Sanierungsverfahren normativ im Gesetz verankert. Prinzip der Sicherung ist dabei, dass das Schadstoffinventar grundsätzlich vorhanden bleibt oder sich nur im Laufe vieler Jahre reduziert, allerdings durch technische Maßnahmen so gesichert ist, dass die Schadstoffe nicht schädlich auf Schutzgüter wie das Grundwasser oder den Menschen einwirken können [1]. Mit der Entwicklung von Funnel-and-Gate-Systemen steht eine Technologie zur Verfügung, die die nachhaltige Sicherung und damit Sanierung auch komplexer Grundwasserschäden sicherstellt.

## Herkömmliche Verfahren der Grundwassersanierung

Das „Standardverfahren“ der Altlastensanierung stellt die Entsorgung oder Reinigung des belasteten Materials dar. Nach dem Entfernen der Schadstoffe – in der Regel durch Austausch der belasteten

Böden – ist der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt, der Schaden saniert. Einleuchtend ist, dass diese Methodik bei größeren Schadensfällen sehr schnell ihre Grenzen erreicht. Große Altstandorte der Industrie und Schwerindustrie, wie sie insbesondere auch aus den neuen Bundesländern bekannt sind, oder kilometerlange Schadstofffahnen im Grundwasser – oft mit einer Breite von mehreren hundert Me-

Zum Schutz des abströmenden Grundwassers wurden beim Vorliegen schädlicher Bodenveränderungen, soweit eine Entfernung des belasteten Materials nicht darstellbar war, so genannte „Pump-and-Treat-Systeme“ zum Einsatz gebracht: Wie in **Abbildung 1** dargestellt, wird dabei über eine Sperrbrunnenkette verunreinigtes Grundwasser entnommen, in einer Grundwasserreinigungsanlage aufbereitet



tern – können nicht durch Bodenaustausch saniert werden: Zu groß ist dabei das geschädigte Bodenvolumen, die Finanzierbarkeit ist nicht mehr gegeben und auch ökologisch ist ein Bodenaustausch von mehreren Millionen Kubikmetern nicht vertretbar. Auch im Fall des Gaswerks München Moosach, einem Standort mit einer Fläche von etwa 32 ha und äußerst heterogen verteilten Schadstoffen bis in eine Tiefe von etwa acht Metern, stellte die vollständige Entfernung dieser lediglich eine theoretische Option dar.

und anschließend gereinigt wieder versickert. Eine derartige Anlage wird auf dem Gelände des ehemaligen Gaswerks München Moosach seit 1992 mit einer Leistung von 35 l/s betrieben; dabei wird das Grundwasser vor der Wiederversickerung bis auf Trinkwasserqualität gereinigt. Der größte Nachteil einer derart aufwändigen Anlage – es handelt sich leistungsmäßig um den Wasserbedarf einer Kleinstadt mit 10.000 Einwohnern – liegt auf der Hand: Täglich müssen etwa 3.000 t Wasser mit Pumpen gefördert und be-

wegt werden, was einen jährlichen Stromverbrauch von mehr als 600 MWh verursacht. Betrieb und Unterhalt der Anlage mit einer umfangreichen Brunnengalerie von insgesamt mehr als dreißig Pumpen mit Computersteuerung und Fernwirk-

strömt und das Grundwasser dabei abgereinigt. Durch die Kombination von Dichtwänden und Durchlaufbauwerken kann die kostenträchtige Filtertechnik gegenüber vollflächig durchströmten Wänden drastisch reduziert werden.

chen bebaut ist, soll im Hinblick auf die geplante Nutzung des Nordgeländes nunmehr auch dieser Teil des ehemaligen Gaswerksgeländes saniert werden. Zugleich soll die Pump-and-Treat-Anlage, die seit 1992 auf dem Gelände zur Sicherung des Grundwassers in Betrieb ist, durch ein langfristig kostengünstigeres Funnel-and-Gate-System ersetzt werden.

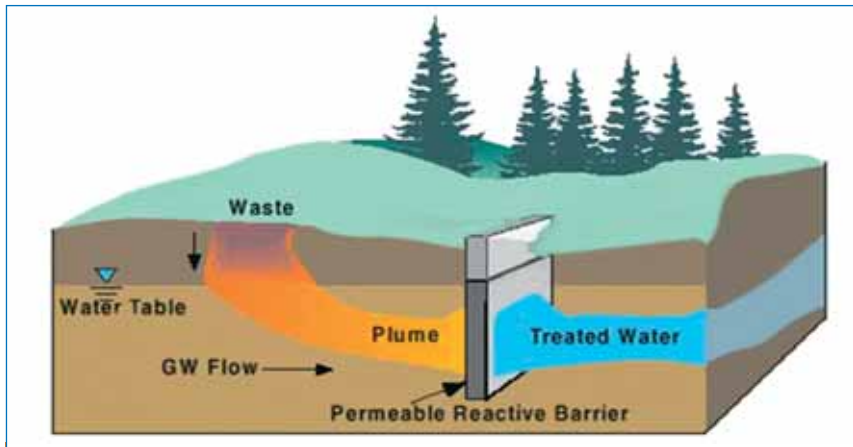


Abb. 2: Schemadarstellung Permeable Reinigungswand

Quelle: U.S. Environmental Protection Agency

### Hydraulische Modellierung

Grundlage für die Planung des Sanierungssystems sind umfangreiche Kenntnisse über die Grundwassersituation im Bereich der zu sichernden Altlast. Mit herkömmlichen geowissenschaftlichen Methoden kann jedoch nur die Ist-Situation beschrieben werden, eine Vorhersage der Änderungen des Grundwasserregimes durch den Bau des Funnel-and-Gate-Systems ist damit nicht möglich. Zu diesem Zweck wurde auf Basis eines Finite-Elemente-Verfahrens ein numerisches Grundwassermodell erstellt.

technik sowie komplexester Filtertechnik gestalteten sich entsprechend aufwändig. Und um auch bei außergewöhnlich hohen Grundwasserständen den gesamten Grundwasserstrom erfassen zu können, müsste die Leistung der Anlage noch verdreifacht werden.

### Funnel-and-Gate als Alternative

Diesen Problemen Rechnung tragend wurde seit den frühen 90er-Jahren die Technologie der passiven Reinigungswände entwickelt. Grundidee ist dabei, wie in **Abbildung 2** dargestellt, verunreinigte Grundwasserströme nicht mehr mittels Pumpen über Reinigungsanlagen zu fördern, sondern die Reinigungseinheiten in den Grundwasserleiter einzubauen und diese im natürlichen Gefälle ohne den Einsatz von Pumpen zu durchströmen. Nachteilig bei der in **Abbildung 2** dargestellten Ausführung ist, dass bei großräumigen Grundwasserleitern enorm viel teures Reinigungsmaterial eingebaut werden muss und damit eine wirtschaftliche Ausführung nicht mehr möglich ist. Eine Weiterentwicklung stellen die so genannten „Funnel-and-Gate-Systeme“ dar (**Abb. 3**).

Hier wird das verunreinigte Grundwasser durch einen so genannten „Funnel“ (engl. „Trichter“), der aus den Grundwasserleiter absperrenden Leitwänden besteht (als Dicht- oder Spundwände etc. ausgeführt), einer unterirdisch installierten Reinigungseinheit, dem so genannten „Gate“ (engl. „Tor“), zugeführt. Das Gate wird im natürlich vorhandenen Potenzialgefälle durch-

### Das Projekt Gaswerk München

Das weltweit größte Funnel-and-Gate-System wird derzeit zur Sanierung des ehemaligen Gaswerks München des ehemaligen Gaswerks Moosach gebaut. Auf dem Gelände des ehemaligen Gaswerks München Moosach wurde von 1907 bis 1967 aus Steinkohle Stadtgas gewonnen. Zusätzlich wurden von 1957 bis 1975 Erdgasspaltanlagen betrieben. Insgesamt wurden während der gesamten Betriebszeit des Gaswerks etwa 15 Mio. t Steinkohle verarbeitet. Als Nebenprodukt entstanden dabei etwa 500.000 t Teer und Teeröl. Nicht unerhebliche Teile davon versickerten, auch verursacht durch Kriegseinwirkungen, im Untergrund und bewirkten damit erhebliche Boden- und

Neben der prinzipiellen Untersuchung der Machbarkeit eines Funnel-and-Gate-Systems am Standort wurden damit zunächst die Wechselwirkungen zwischen den beiden obersten Grundwasserleitern untersucht. Anschließend wurden Lage und Dimensionierung der Gates optimiert und die Auswirkungen auf die Strömungsverhältnisse während der Bauphase sowie Alternativen für den Umgang mit Störfällen untersucht.

Das Grundwassermodell steht zudem für weitere Untersuchungen zur Verfügung. So wurden beispielsweise im Rahmen der Planungen für die Folgenutzung des Nordteils des Geländes die Wechselwir-

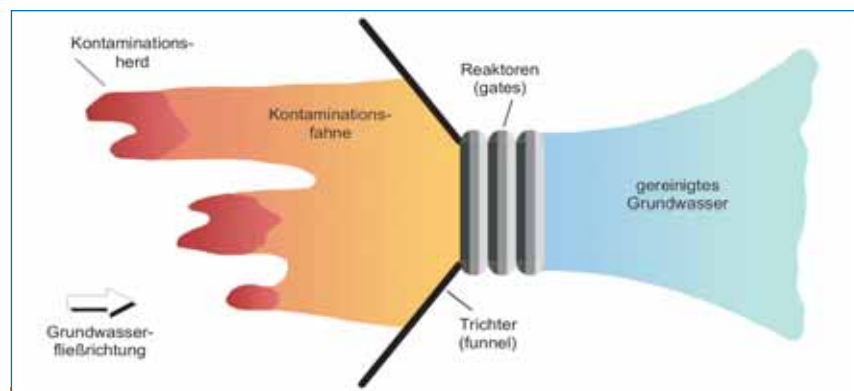


Abb. 3: Schema Funnel-and-Gate-System

Quelle: bfm gmbh

Grundwasserverunreinigungen. Während der südliche Teil in den 90er-Jahren baureif gemacht wurde und mittlerweile mit der neuen Zentrale der Stadtwerke Mün-

kungen zwischen Sanierungssystem und den geplanten Baukörpern simuliert und daraus entsprechende Vorgaben für die Planer erarbeitet.



Abb. 4: Blick von Norden auf das ehemalige Gaswerksgelände mit Lage von Funnel (blau) und Gates (rot) sowie Grundwasser-Fließrichtung (Pfeil)

Quelle: bfm gmbh

Planung und Konzeption

Aufbauend auf die hydraulische Modellierung erfolgte die bau- und anlagentechnische Planung des Funnel-and-Gate-Systems. Mittels einer trichterförmigen Dichtwand, die sich bis in den Stauer des zweiten Grundwasserleiters in etwa 24 Meter Tiefe erstreckt und eine Gesamtlänge von etwa 1,2 Kilometer aufweist, wird der schadstoffbelastete Grundwasserstrom gefasst und vier unterirdischen Durchlaufbauwerken zugeführt. Eine Gesamtübersicht des Funnel-and-Gate-Systems ist in **Abbildung 4** gegeben.

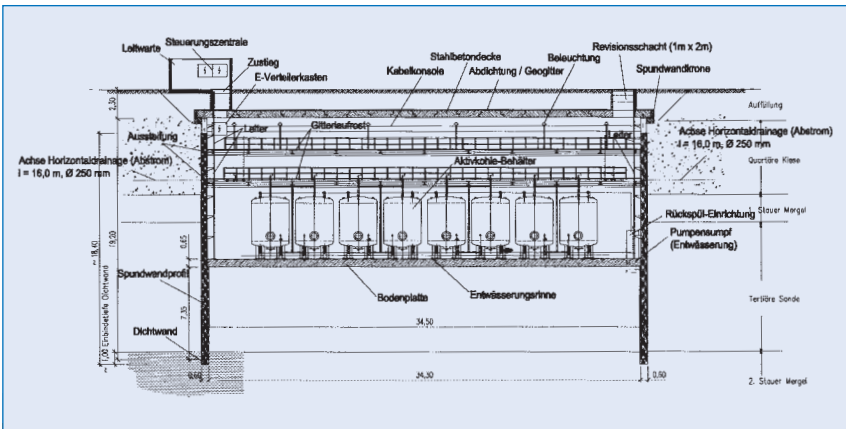


Abb. 5: Längsschnitt durch ein Gatebauwerk

Quelle: bfm gmbh

Ein Längsschnitt durch ein derartiges Gate ist in **Abbildung 5** dargestellt. Es handelt sich um Schachtbauwerke mit einer Länge von bis zu 35 Meter, einer Breite von etwa 7 Meter und einer Tiefe von etwa 14 Meter. Die tragende Struktur der Gates bilden ausgesteifte Stahlspundwände, die Bodenplatte besteht aus Stahlbeton. Die Decke wird aus abnehmbaren Betonelementen gebildet. Im Endzustand wird die gesamte Anlage mit etwa 2 Meter Erde reich überschüttet und kommt unter einer öffentlichen Grünanlage zu liegen. Der Zugang zu den Gates ist über Schächte jederzeit möglich.

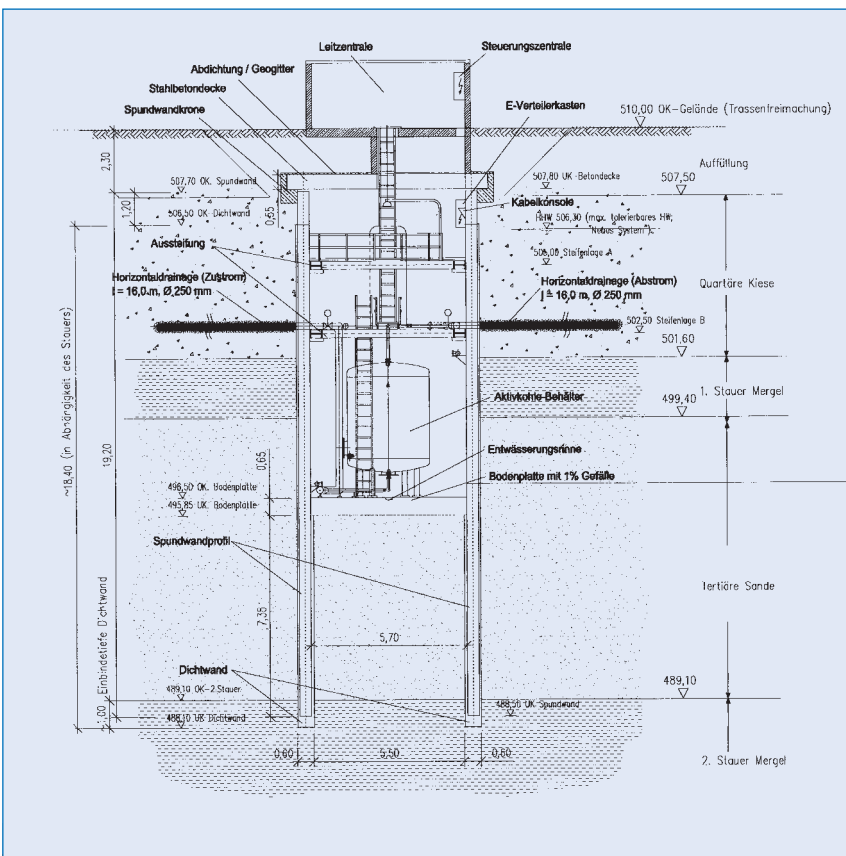


Abb. 6: Querschnitt durch ein Gatebauwerk

Quelle: bfm gmbh

Wie im Querschnitt durch ein Gate aus **Abbildung 6** ersichtlich, wird das Grundwasser mittels 16 Meter langer Horizontalfilterbrunnen, die aus den Gates gebohrt wurden, gefasst, durch Aktivkohlebehälter geleitet und gereinigt wieder über Horizontalfilterbrunnen an den Aquifer abgegeben. Insgesamt sieht das Konzept 14 Horizontalfilterbrunnen, 26 Filterbehälter aus GfK und ca. 350 m<sup>3</sup> Aktivkohle vor. Das mehrere Kilometer lange Leitungssystem besteht aus PE-HD, sämtliche Armaturen aus Edelstahl. Komplettiert wird das System durch umfangreiche Messtechnik, die zentral in einer Leitwarte aufläuft und fernüberwacht werden kann. Die Auslegungslbensdauer der einzelnen Bauteile liegt zwischen 50 und 80 Jahren. Auf Grund des innovativen Charakters des Systems waren zur Absicherung der Planungsergebnisse umfangreiche Vorversuche zu den Eigenschaften der Dichtwand und der Adsorber erforderlich.

Bauausführung

Der Bau des Funnel-and-Gate-Systems gliedert sich in mehrere Arbeitsschritte. Um die Baumaßnahme nicht durch die auf dem Gelände vorhandenen Altlasten zu sehr zu erschweren, wurden zunächst aus dem Bereich der geplanten Dichtwandtrasse die oberflächennah vorhandenen

Altlasten entfernt und der gesamte Bereich auf ein einheitliches Ausgangsniveau gebracht.

Beim Bau der Dichtwand (**Abb. 7**) war zu beachten, dass das Gelände abstromig nicht abgedichtet werden durfte, bevor die Durchlassbauwerke zumindest im Bypassbetrieb einsatzbereit waren. Zu diesem Zweck wurden die einzelnen Bauarbeiten in entsprechende Phasen eingeteilt und aufeinander abgestimmt. Parallel zum Spezialtiefbau, der neben den Dichtwandarbeiten die Erstellung der bis zu 14 Meter unter das Gelände reichenden Gatebauwerke beinhaltet, wurden die Horizontalfilterbrunnen, die für das Sammeln und Wiederversickern des Grundwassers benötigt werden, sowie zahlreiche Monitoringmessstellen zur späteren Überwachung des Systems gebohrt.



Abb. 7: Bau der Dichtwand

Quelle: bfm gmbh

Den letzten Schritt stellt der technische Ausbau der Gates mit Filterbehältern, Verrohrung, Adsorber sowie Mess-, Steuer- und Regeltechnik dar, an den sich der Testbetrieb anschließt. Die Arbeiten des Spezialtiefbaus wurden im Sommer 2004 abgeschlossen. Seit August 2004 erfolgt die Installation des Anlagenbaus. Die Inbetriebnahme wird schrittweise ab November 2004 erfolgen. Die Fertigstellung der Anlage ist für März 2005 vorgesehen.

### Chancen und Grenzen

Der Einsatzbereich von Funnel-and-Gate-Systemen ist sicherlich begrenzt auf komplexe Altlasten, bei denen eine Sanierung durch vollständige Entfernung der Schadstoffe technisch oder wirtschaftlich nicht darstellbar ist und deren Schadstoffinventar langfristige Schadstoffabgaben erwarten lässt. Geeignete geologische Strukturen vorausgesetzt und bei entsprechender technischer Auslegung erlauben Funnel-and-Gate-Systeme über Jahrzehnte eine

hoch effiziente Sicherung und Reinigung schadstoffbelasteter Grundwasserleiter. Energieeinsatz und Unterhalt können gegenüber konventionellen Grundwasserreinigungsanlagen nahezu vernachlässigt werden.

### Fazit

Mittels Funnel-and-Gate-Systemen können Grundwasserschadensfälle, die bisher kaum zu bewältigen waren, nachhaltig saniert werden. Die bisherigen Erfahrungen haben allerdings gezeigt, dass eine aufwändige Modellierung der hydrogeologischen Gegebenheiten für das Funktionieren Grundvoraussetzung ist. Auch die Filtertechnik ist grundlegend anders als bei konventionellen Wasseraufbereitungsanlagen auszulegen. Unter Beachtung dieser Randbedingungen können jedoch, wie das Praxisbeispiel zeigt, auch komplexe Schadensfälle wie das ehemalige Gaswerk München Moosach effizient saniert werden.

### Literatur:

- [1] Bihler, Koch, Mücke, Weindl (2001): Kursbuch Altlasten – Recht, Toxikologie, Technik.
- [2] U.S. Environmental Protection Agency (1998): Permeable Reactive Barrier Technologies for Contaminant Remediation, EPA/600/R-98/125.

### Autoren:

Dipl.-Ing. Jörg Weindl  
 Dr. rer. nat. Michael Koch  
 bfm Umwelt-Beratung-Forschung-Management GmbH  
 Am Mittleren Moos 48, 86167 Augsburg  
 Tel.: 0821 7493-123, Fax: 0821 7493-146  
 E-Mail: info@bfm-umwelt.de  
 Internet: www.bfm-umwelt.de

Ltd. Baudirektor Friedrich Niefnecker  
 Stadtwerke München GmbH  
 Emmy-Noether-Straße 2  
 80992 München  
 Tel.: 089 2361-5365, Fax: 089 2361-5171  
 E-Mail: niefnecker.friedrich@swm.de  
 Internet: www.swm.de



## Unser Original: Der EWE-Wasserzählerschacht

Über zehn Jahre im Einsatz bei zufriedenen Kunden, dabei im Detail verbessert, stabil durch runde Formgebung, belastbar und druckfest.



## EWE ARMATUREN GmbH & CO. KG

Postfach 18 18  
 D-38008 Braunschweig

Tel.: +49 (0) 531 37 00 50  
 Fax: +49 (0) 531 37 00 555

email: info@ewe-armaturen.de  
 Internet: www.ewe-armaturen.de