

Altlastensymposium 2008

15 Jahre Ökologisches Großprojekt Berlin

Ergebnisse der Altlastensanierung im Rahmen des Verwaltungsabkommens
Bund/BvS/Land Berlin

26./27. Juni 2008

Bunsensaal, WISTA Management GmbH

Veranstalter:

Senatsverwaltung für Gesundheit,
Umwelt und Verbraucherschutz
Referat III C
Brückenstraße 6
10179 Berlin

Bundesanstalt für vereinigungs-
bedingte Sonderaufgaben
Karl - Liebknecht - Straße 33
10178 Berlin

Impressum

Herausgeber:

Senatsverwaltung für Gesundheit,
Umwelt und Verbraucherschutz
Brückenstraße 6
10179 Berlin

Für den Inhalt der Einzelbeiträge sind die Autoren verantwortlich.

Inhalt

Seite

Altlasten im Land Berlin <i>Andrea Neuhahn, Referatsleiterin Bodenschutz, SenGesUmV</i>	5
15 Jahre Ökologisches Großprojekt Berlin - Rückschau und Ausblick <i>Dipl.-Ing. Jens Naumann, SenGesUmV</i>	8
Zentrales Datenmanagement als übergreifendes Controllinginstrument der Grundwassersanierung <i>Dipl.-Geol. Katharina Jankowicz, Dipl.-Geol. Axel Lutz, Tauw GmbH</i>	16
Stand und Ziele der Grundwassersanierung im Anstrombereich des Wasserwerks Wuhlheide <i>Dipl.-Ing. Claudia Blach-Radau, SenGesUmV</i>	23
Sanierungs- und Sicherungsstrategien im Anstrombereich des Wasserwerks Johannisthal in Hinblick auf dessen Wiederinbetriebnahme <i>Dipl.-Geogr. Frank Rauch, SenGesUmV</i>	32
Sicherung und Sanierung eines komplexen Lösemittelschadens im Boden und Grundwasser <i>Dipl.-Ing. Gudrun Schneider, SenGesUmV; Dipl.-Geol. Olaf Pfaff, CDM AG</i>	42
Erfolge und Grenzen bei der hydraulischen Sanierung von Grundwasserschäden <i>Dipl.-Geol. Andreas Zimmermann, GESA mbH / BvS</i>	50
Aushubtechniken bei der Sanierung von hot-spot-Bereichen in der gesättigten Bodenzone <i>Dipl.-Geogr. Bernd Grützmann, Dipl.-Ing. Jens Schneider, IUP. Ingenieure GmbH</i>	60
Erfolge und Defizite bei der Nachnutzung von Altlastenflächen <i>Dr. Andreas Faensen-Thiebes, Wolfgang Müller, SenGesUmV</i>	70
Darstellung des ordnungsbehördlichen Rahmens am Beispiel der Sanierung eines Lösemittelschadens <i>Dipl.-Geol. Sabine Hilbert, SenGesUmV</i>	79
ISCO-Sanierung eines Alkylphenolschadens auf der Halbinsel Alt-Stralau <i>Dipl.-Ing. Angela Rümter, SenGesUmV</i>	87
Unterstützung einer hydraulischen Grundwassersanierungsmaßnahme durch Airsparging <i>Dipl.-Chem. Carola Blankenburg, ISAC GmbH</i>	95
Feldversuch zur Sanierung eines LCKW-Schadens durch Stimulierung des mikrobiellen Abbaus <i>Dipl.-Ing. Irina Müller, SenGesUmV; Dipl.-Biochem. Hubert Theißen, IMAGO GbR</i>	102
Erfahrungen bei der LCKW-Sanierung unter Einsatz von Horizontalfilterbrunnen <i>Dipl.-Geol. Elisabeth Oeff, SenGesUmV</i>	112
Trinkwasserversorgung und Altlasten in Berlin - Strategien zur Konfliktlösung - <i>Dipl.-Ing. Elke Wittstock, BWB; Dipl.-Ing. Götz-Dietrich Troschke, SenGesUmV</i>	121
Sicherung und Sanierung landeseigener Altablagerungen von Siedlungsabfällen <i>Dipl.-Geol. Astrid Klöse, BSR; Dipl.-Geol. Thomas Dietrich, SenGesUmV</i>	129
Teilnehmerverzeichnis	137

Vorwort

Sehr geehrte Fachkolleginnen und -kollegen,

im Jahre 1993 wurde zwischen dem Land Berlin und dem Bund das Ökologische Großprojekt Berlin (ÖGP) mit ca. 100 Standorten und über 60 unterschiedlichen Unternehmen im Südosten Berlins konzipiert. Seitdem sind in diesem Gebiet Altlastensanierungsmaßnahmen mit einem Volumen von nunmehr ca. 150 Mio. Euro umgesetzt worden. Während auf zahlreichen Grundstücken mit hohem Handlungsbedarf die Boden- und Grundwassersanierungen erfolgreich abgeschlossen werden konnten, befinden sich sowohl Grundstücke mit einem umfangreichen Schadstoffinventar und komplizierten Sanierungsbedingungen als auch Objekte mit einer nachrangigen Handlungspriorität noch im Bearbeitungsstadium.

Das zweitägige Seminar soll nach der erfolgreichen Veranstaltung im Jahr 2003 anlässlich der 10-jährigen Bearbeitung des ÖGP eine weitere Bilanz über die gemeinsamen Anstrengungen des Landes Berlin und des Bundes bei der Umsetzung des Verwaltungsabkommens im Ostteil von Berlin ziehen sowie einen abschließenden Ausblick über die noch verbleibenden Aufgaben geben.

Die Gemengelage eines städtisch bebauten Wohngebietes mit jahrzehntelang genutzten Industriestandorten sowie zwei Wasserwerken, die aus dem unbedeckten oberen Grundwasserstockwerk des Berliner Urstromtales fördern, bildet die Besonderheit des ÖGP. Nach einem 15-jährigen Bearbeitungszeitraum stehen derzeit die effiziente Sanierung und Sicherung einzelner hochkomplexer Schadensfälle und die Abwägung der verhältnismäßigen Mittel bei der laufenden Grundwassersanierung und -sicherung der kontaminierten Anstrombereiche zu den beiden Wasserwerken im Mittelpunkt.

Sowohl das breite Spektrum des Schadstoffinventars als auch die spezifischen Schutzgüter der Region führten im Zusammenhang mit zahlreichen Neuinvestitionen und einer regen Bautätigkeit auf Einzelgrundstücken zu einer Reihe von Maßnahmen und innovativen Sanierungsstrategien, deren Inhalte und Erfahrungen mit diesem Symposium dem Fachpublikum vorgestellt werden. Im Mittelpunkt stehen dabei Erkenntnisse und Ergebnisse aus langfristig angelegten Sanierungsvorhaben, deren zeitintensive Maßnahmen einer kritischen Betrachtung unterzogen werden.

15 Jahre ÖGP bedeutet auch, dass wesentliche Impulse für die Altlastenbearbeitung in der gesamten Stadt gesetzt wurden. So sind viele im ÖGP entwickelte Arbeitsinstrumente, z. B. die analytische Qualitätskontrolle, die Verfahrensweisen bei der Vergabe von Aufträgen und das Datenmanagement heute fester Bestandteil bei der Altlastenbearbeitung im übrigen Stadtgebiet. Aus diesem Grund ist der dritte Teil des Symposiums diesmal der Bearbeitung fachtechnisch anspruchsvoller Berliner Altlastenobjekte und komplexer Zusammenhänge von innerstädtischen Schadstoffquellen und Schutzgütern außerhalb des ÖGP vorbehalten.

Abgerundet wird das Symposium mit Ausführungen zum Konfliktpotential zwischen der Trinkwasserversorgung und den Altlasten sowie mit einer Darstellung der Sanierung landeseigener Altablagerungen von Siedlungsabfällen im Stadtgebiet.

Projektgruppe Berlin
Berlin, den 26.06.2008

Bodenschutz und Altlasten in Berlin

Andrea Neuhahn, Referatsleiterin Bodenschutz, Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz

Einleitung

Ein Schwerpunktthema in den nächsten beiden Tagen wird das Ökologische Großprojekt Berlin mit seiner spezifischen Altlastensituation und seiner besonderen Gemengelage eines städtisch bebauten Wohngebietes mit mehr als 150-jähriger industrieller Nutzungsgeschichte sein. Das „Industriegebiet Spree“ wurde vor nunmehr gut 15 Jahren im gemeinsamen Wirken zwischen dem Land Berlin und dem Bund als Großprojekt Berlin festgelegt.

Dieses Jubiläum fällt zusammen mit 20 Jahren eigenständigem Altlastenreferat. Nicht zuletzt auch aus diesem Grund wird sich das Symposium auch mit altlastenrelevanten Themen außerhalb des eigentlichen Großprojektes befassen. Das jetzige Berliner Bodenschutz-/Altlastenreferat in der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz ist im Jahr 1988 aus der Wasserbehörde als Referat herausgelöst worden. Anlass war das in der Öffentlichkeit verstärkt entwickelte Umweltbewusstsein auch im Altlastenbereich, die Notwendigkeit des Abbaus der "Vollzugsdefizite" sowie die Berücksichtigung der Empfehlungen der Boden-Enquete-Kommission des Abgeordnetenhauses von Berlin.

Berlin ist in der erfreulichen Lage, seinen gesamten Trinkwasserbedarf aus einem eigenen Wasserreservoir zu beziehen. Daher kommt dem Schutz des zu Trinkwasserzwecken benutzten Grundwassers eine besondere Bedeutung zu. Hier liegt deshalb auch der Arbeitsschwerpunkt, die vorrangige Handlungspriorität des Arbeitsbereiches Altlasten meines Referates.

Vor diesem Hintergrund ist auch die Arbeit im Großprojekt zu sehen. Im Bereich des Großprojektes befindet sich ein breites Spektrum an Schadstoffen im Boden und Grundwasser, durch die eine Gefährdung der Wasserwerke Wuhlheide und Johannisthal hervorgerufen wird. Die beiden Wasserwerke (nach Wiederinbetriebnahme des Wasserwerks Johannisthal) sind in der Lage, rund 10 % des in Berlin benötigten Trinkwasserbedarfs zu decken. Die Altlastensanierung stellt daher besondere Anforderungen an Maßnahmen und Sanierungsstrategien in diesem Einzugsgebiet.

Wir werden uns während dieses Symposiums somit – anders als bei der Veranstaltung vor fünf Jahren – auch über die Bereiche außerhalb des Großprojektgebietes austauschen.

Zuständigkeiten und Aufgabenschwerpunkte

Neben der Erarbeitung der gesetzlichen und rechtlichen Grundlagen im Bereich des Bodenschutzes war das Referat bis zum 31.12.2000 u.a. zuständig für die Erfassung von altlastenverdächtigen Flächen, Bewertung des Altlastenverdachts und einer etwaigen Sanierungs- oder Sicherungsnotwendigkeit, Anordnung und Überwachung erforderlicher Maßnahmen im gesamten Berliner Stadtgebiet. Im Zuge des Abschlusses des Abstimmungsprozesses ist die Zuständigkeit bezüglich des o. g. Aufgabenfeldes auf den Bereich von nicht-örtlicher Bedeutung "reduziert" worden. In einem längeren Abstimmungsprozess mit den Bezirksämtern ist die nicht-örtliche Bedeutung dahingehend gefasst worden, dass im Wesentlichen die Flächen bei der Senatsverwaltung verblieben sind, von denen eine Gefahr für die Wasserwerke ausgeht, die mit Freistellungen verbundenen Sanierungen sowie landeseigene Altablagerungen mit überwiegendem Hausmüllanteil.

Aufgrund des bestehenden Vollzugsdefizits im Bereich der Altlastenbeurteilung und -beseitigung waren in den vorangegangenen Jahren die originären Aufgaben einer Bodenschutzbehörde von untergeordneter Bedeutung; insbesondere Tätigkeiten beim planenden und vorsorgenden Bodenschutz mussten aus Kapazitätsgründen unterbleiben. Durch das In-Kraft-Treten des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) sind hier jedoch weitere Aufgabenfelder entstanden, die einen dringenden Handlungsbedarf erfordern, dem wir lange Zeit gar nicht nachkommen konnten.

Seit dem Sommer 2004 wird die Aufgabe „Vorsorgender Bodenschutz“ mit einem direkt dafür zuständigen Mitarbeiter wahrgenommen. Dieser Bereich umfasst ministerielle Aufgaben (z. B. Begleitung der EU-Bodenrahmenrichtlinie, konzeptionelle Arbeiten zum vorsorgenden Bodenschutz in Berlin, Vertretung in Gremien der LABO) als auch Vollzug vor allem durch Stellungnahmen zur Bauleitplanung oder zur Umweltbildung im Bereich Boden.

Vorsorgender Bodenschutz

Der „Vorsorgende Bodenschutz“, als Bodenschutz seit langem auch im Titel des Referats, entwickelte sich nunmehr neben den dominierenden Aktivitäten zur Boden- und Grundwassersanierung zu einem mittlerweile bedeutsamen Aufgabenbereich. In einer langen Anfangsphase wurde eine wesentliche Grundlage gelegt, indem in der als Gutachten erarbeiteten Bodenschutzkonzeption die Bodenfunktionen des BBodSchG für die Berliner Situation spezifiziert wurden. Mit Hilfe vor allem der Boden- und Nutzungsdaten des „Informationssystem Stadt und Umwelt“ (jetzt bei der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung) wurden die Bodenfunktionen für die Stadt berechnet und in flächendeckenden Karten dargestellt. So bietet sich die Möglichkeit, diese Unterlagen zum Schutz des Bodens in Planungsprozesse und bei Bauprojekten einzubringen. Seit 2004 konnten diese Unterlagen präzisiert und für die Umweltprüfung in Planungsprozessen so aufbereitet werden, dass Berlin hier bundesweit eine Spitzenposition einnimmt. Natürlich bleibt auch hier noch einiges zu tun; so ist u. a. eine Präzisierung der bodenkundlichen Grundlagendaten für die Gebiete geplant, die wertvolle Böden aufweisen, die durch mögliche Nutzungsintensivierung bedroht sind.

Neben diesem flächenhaften Bodenschutz hat der Vorsorgende Bodenschutz auch im stofflichen Bodenschutz (z. B. Einbringen von Material in und auf den Boden) und in der Umweltbildung eine wichtige Aufgabe: Ersteres ist meist durch Bundesgesetze geregelt, so dass sich die Aktivität hauptsächlich auf die Beteiligung an der Gesetzgebung des Bundes beschränkt; Letzteres wird durch Ausstellungen, einschlägige Internetseiten und Veranstaltungen für Schulen wenigstens in Ansätzen wahrgenommen.

Perspektivisch ist Bodenschutz eine wichtige Aufgabe: Flächenverbrauch – und damit die Bodenzerstörung – ist eine der großen, im Prinzip nicht gelösten Aufgaben des Umweltschutzes. Dies ist darin begründet, dass der Boden aufgrund seiner geringen öffentlichen Wahrnehmung und seiner üblichen Zuordnung in Privatbesitz nur vergleichsweise schwer zu schützen ist. Vor diesem Hintergrund sind perspektivisch verstärkt effektivere Mittel zu entwickeln.

Nachsorgender Bodenschutz / Altlasten

Durch die Industrialisierung seit Mitte des 19. Jahrhunderts existieren in Berlin eine Vielzahl von ehemaligen oder derzeit noch genutzten Gewerbe- und Industriestandorten sowie Altablagerungen, auf denen im Laufe der Zeit durch den unsachgemäßen Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, Havarien und/oder Kriegseinwirkungen zum Teil erhebliche Boden- und Grundwasserverunreinigungen stattgefunden haben.

Derzeit sind rund 8245 Flächen (Stand Mai 2008) erfasst, bei denen Boden- und Grundwasserverunreinigungen vermutet werden bzw. nachgewiesen wurden. Davon konnten bislang 1660 Fälle abgeschlossen werden.

Oberste Priorität hat die Untersuchung, Sicherung und Sanierung der schädlichen Bodenveränderungen und Grundwasserbelastungen, von denen akute Gefährdungen ausgehen. Aus diesem Grund liegt der Schwerpunkt der Altlastensanierung der letzten Jahrzehnte eindeutig bei den Maßnahmen, die zum Schutz der Trinkwasserversorgung zwingend erforderlich sind. Diese Gefahrenabwehrmaßnahmen wurden zum einen zur unmittelbaren Sicherung der Fördergalerien der Berliner Wasserwerke und zum anderen auf Grundstücken, die nachweislich einen Schadstofftransfer in Richtung der Förderbereiche zeigen, durchgeführt.

Oft stellen schädliche Bodenveränderungen bzw. Altlasten ein Investitionshemmnis dar. Im ökologischen Großprojekt und im übrigen Freistellungsverfahren konnten und können die Ziele „Gefahrenabwehr“ und die „Beseitigung von Investitionshemmnissen“ auf ideale Weise miteinander verbunden werden.

Mittelfristiges Ziel ist die Ermittlung des Gefährdungspotentials aller relevanten schädlichen Bodenveränderungen und Grundwasserbelastungen sowie die Sicherung und Sanierung aller bedeutenden Punktquellen entsprechend der EU-Wasserrahmenrichtlinie.

Die Kosten für eine Altlastenerkundung und -sanierung sind zum Teil erheblich. Insgesamt belaufen sich die Ausgaben der öffentlichen Hand für die Altlastensanierung seit 1990 auf über 240 Mio. EUR. Hierin sind ca. 115 Mio. EUR enthalten, die der Bund im Rahmen des Verwaltungsabkommens aufgebracht hat. Diese Zahlen berücksichtigen nicht die Eigenanteile der Investoren im Falle einer Freistellung sowie die Aufwendungen der übrigen Sanierungspflichtigen, deren Kosten nicht abgeschätzt werden können

Ausblick

Neben den überwiegend ministeriellen Aufgaben im Bereich des vorsorgenden Bodenschutzes werden sich die Maßnahmen im nachsorgenden Bodenschutz zum Teil noch weit über das Jahr 2010 hinaus erstrecken.

Diese Veranstaltung soll Ihnen einen Überblick über die bisher durchgeführten Maßnahmen präsentieren. Sie soll zugleich einen Aus- und Einblick in die noch anstehenden Probleme und Maßnahmen in diesem Bereich geben.

Natürlich auch – und ganz besonders – soll diese Veranstaltung dem Austausch von Wissen und Erfahrungen unter Fachleuten und Interessierten dienen und in diesem Sinne mit dazu beitragen, unsere tägliche Arbeit einem qualifizierten Fachpublikum vorzustellen, Diskussionsprozesse anzuregen und fortzuführen und dadurch die Arbeit weiter zu qualifizieren.

Für die Veranstaltung wünsche ich Ihnen interessante Einblicke und Freude auch beim kollegial-fachlichen Austausch.

15 Jahre Ökologisches Großprojekt Berlin - Rückschau und Ausblick

Dipl.-Ing. Jens Naumann, Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz

1. Einführung

1.1 Ausgangssituation

Die Region "Industriegebiet Spree" - das heutige Großprojekt - befindet sich im Südosten von Berlin und umfasst mit einer Fläche von mehr als 19 km² die größte zusammenhängende Industrieregion der Hauptstadt. Erste Hinweise auf die Ansiedlung von Gewerbe- und Industrieunternehmen reichen zurück bis 1846. In den folgenden Jahrzehnten siedelten sich u.a. Firmen zur Herstellung von chemischen Grundstoffen, Elektrokabeln, Batterien und Transformatoren sowie zur Verarbeitung von Nichteisen-Metallen und Produktion von Kraftfahrzeugen an.

Aufgrund des steigenden Wasserverbrauchs durch die industrielle Entwicklung wurden die Wasserwerke Johannisthal (1901-1908) und Wuhlheide (1914-1916) errichtet und in Betrieb genommen. Der das Großprojekt im Süden begrenzende Teltowkanal wurde zusammen mit dem Britzer Zweigkanal in den Jahren 1901-1906 gebaut.

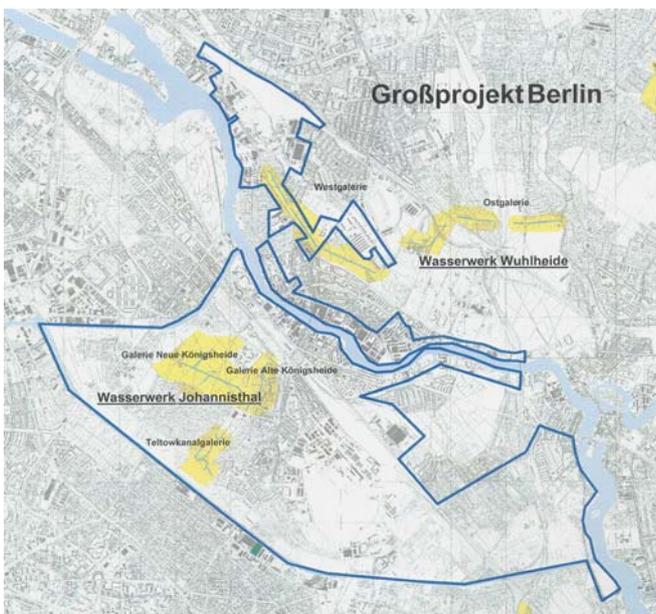


Abbildung 1: Abgrenzung des Projektgebietes

Nach der Zusammenlegung der Ost- und Westberliner Verwaltungsstrukturen in den Jahren 1990/1991 begann die damalige Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz die Altlastensituation in diesem Gebiet systematisch zu erkunden. Der Bereich des Industriegebietes Spree wurde dafür zunächst in fünf Teilprojekte untergliedert. Für jedes Teilgebiet wurde ein als Projektträger tätiges Ingenieurbüro mit der Koordination der erforderlichen Maßnahmen beauftragt. Bis Ende 1994 konnte für alle 223 erfassten Grundstücke eine erste Gefährdungsabschätzung durchgeführt werden.

Parallel hierzu hatte die Sicherung der öffentlichen Trinkwasserversorgung oberste Priorität. Festgestellte Schadstoffbelastungen im Rohwasser der beiden Wasserwerke führten dazu, dass Förderbrunnen im Bereich der Westgalerie des Wasserwerkes Wuhlheide abgeschaltet und die

gesamte Fördergalerie „Alte Königsheide“ im Wasserwerk Johannisthal im Jahr 1991 herausgenommen werden musste. Bereits Ende 1992 wurden erste Grundwasserreinigungsanlagen zur akuten Gefahrenabwehr unmittelbar im Vorfeld der beiden Wasserwerke Johannisthal und Wuhlheide in Betrieb genommen.

Insgesamt wurden bis Ende 1994 für Erkundungsmaßnahmen und Leistungen der Projektsteuerung/-planung Mittel in Höhe von 17,0 Mio. EUR ausgegeben.

Die Erkundungsmaßnahmen zeigten im Ergebnis insbesondere gefahrenrelevante Schadstoffbelastungen im **Boden** durch Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), Cyanide, Arsen, Pestizide und lokal auch Schwermetalle, die im Wesentlichen an z. T. mehrere Meter mächtige, flächig verbreitete alte Aufschüttungsmaterialien gebunden waren. Diese Aufschüttungshorizonte bestanden aus vielfach über Jahrzehnte hinweg abgelagerten Industrieabfällen. Daneben wurden erhebliche Bodenkontaminationen infolge von Havarien bzw. unsachgemäß

Dem Umgang mit schadstoffhaltigen Produktionsstoffen - insbesondere MKW und aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX) - festgestellt.

Das **Grundwasser** ist dagegen nahezu flächig mit leichtflüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffen (LCKW) und untergeordnet BTEX, MKW, Cyanide, Pestizide, Schwermetallen und z. T. Arsen belastet. Aufgrund der Mobilität der LCKW wurden durch die Untersuchungen ausgeprägte Schadstofffahnen nachgewiesen. Andere Schadstoffe zeigten bis auf zwei Ausnahmen (Cyanid/Arsen und Pestizide/BTEX) im Wesentlichen nur eine örtliche Relevanz.

1.2 Grundlagen des ökologischen Großprojektes Berlin

Das Verwaltungsabkommen in seiner ersten Fassung vom 01.12.1992 über die Finanzierungsregelung der ökologischen Altlasten im Bereich der Unternehmen der ehemaligen Treuhandanstalt beinhaltete in § 2 die Festlegung von ökologischen Großprojekten. Auf dieser Grundlage wurde mit Beschluss vom 11.05.1993 die „Region Industriegebiet Spree“ in Berlin als ökologisches Großprojekt bestätigt.

Um dem dringendsten Handlungsbedarf für Maßnahmen der Gefahrenabwehr nachzukommen, wurden am 15.12.1994 sogenannte **vorgezogene Maßnahmen** beschlossen, deren detaillierte Inhalte und Umfänge in einem dafür benannten Arbeitskreis, in dem die Bundesanstalt für vereinigungsbedingte Sonderaufgaben (BvS), die zuständige Ordnungsbehörde des Landes Berlin und das Umweltbundesamt (UBA) vertreten waren, zur Abstimmung standen. Im Zeitraum von 1994 bis 1997 wurden insgesamt 35 Maßnahmen beschlossen und bis Ende 2001 umgesetzt. Die Gesamtaufwendungen aller vorgezogenen Maßnahmen beliefen sich auf ca. 41,2 Mio. EUR.

Parallel zur Abarbeitung der vorgezogenen Maßnahmen verständigten sich das Land Berlin und die BvS darauf, die Erarbeitung eines neuen **Sanierungsrahmenkonzeptes** zu beauftragen. Dieses wurde im Herbst 1995 vorgelegt und mit Ausnahme des hierin ausgewiesenen geschätzten Finanzrahmens von beiden Parteien einvernehmlich am 25.01.1996 verabschiedet.

Da die flächenmäßige Ausdehnung des Großprojektes für eine detaillierte und grundstücksbezogene Gesamtbearbeitung zu groß bemessen war, wurde im Ergebnis des Sanierungsrahmenkonzeptes das Großprojektgebiet mit Beschluss vom 24.04.1996 in insgesamt **9 Teilsanierungsgebiete** untergliedert.

Mit Beschluss vom 09.07.1997 wurde für das Großprojekt Berlin die **Projektgruppe Berlin** eingerichtet, insbesondere zur fachtechnischen Begleitung und Konzipierung der Weiterführung vorgezogener Maßnahmen bzw. der Erstellung von Maßnahme- und Kostenplänen in den Teilsanierungsgebieten.

Zwischen Anfang Februar 1998 und Dezember 1999 wurden mit Beschluss der Gemeinsamen Arbeitsgruppe alle **Teilsanierungskonzepte** mit den darin enthaltenen Zeit- und Maßnahmenplänen sowie die übergeordneten Maßnahmen **Grundwassermonitoring, Sicherung des Wasserwerks Johannisthal und das Projektmanagement** verabschiedet. Der insgesamt bestätigte Finanzrahmen beträgt (ohne die vorgezogenen Maßnahmen) 107.628.000 EUR. Davon wurden zunächst 55.400.000 EUR als Teilfinanzrahmen und 10.226.000 EUR für eine Einzelmaßnahme (Teltowkanalentschlammung) freigegeben.

Außerhalb der Zuständigkeit der Gemeinsamen Arbeitsgruppe wurden im Rahmen der Bearbeitung des Großprojektes im Ergebnis von unterschiedlichen Sichtweisen bei der Freistellung von Unternehmen zwischen dem Land Berlin und der BvS am 23.08.1996 und 20.06.1999 zwei Eckpunktepapiere beschlossen. Das erste Eckpunktepapier regelt Maßnahmen ohne öffentlich-rechtliche Freistellung für vier Grundstücke im Großprojekt. Die Refinanzierung und Kostenerstattung erfolgt für diese Grundstücke auf der Grundlage der Altlastenklauseln der Privatisierungsverträge bzw. den Festlegungen des betreffenden Eckpunktepapiers. Dies hat z.B. zur Folge, dass ein komplettes Teilsanierungsgebiet (TSG 4) ohne öffentlich-rechtliche Freistellung von der BvS und dem Land Berlin bearbeitet wird. Im zweiten Eckpunktepapier werden Maßnahmen für Grundstücke der Treu-

handliedenschaft (TLG) im Land Berlin ebenfalls außerhalb des eigentlichen Freistellungsverfahrens geregelt, die aber auch mit einer 25%igen Kostenbeteiligung des Landes Berlin durchgeführt werden.

1.3 Aufgaben und Bedeutung der Projektgruppe Berlin

Durch Beschluss der Gemeinsamen Arbeitsgruppe Bund / Länder vom 11.01.1996 wurde die Möglichkeit geschaffen, Projektgruppen zu installieren, um den Prozess der Zusammenarbeit auch strukturell zu intensivieren und in einen gesicherten Rahmen zu stellen. Im ÖGP Berlin wird diese Möglichkeit konsequent genutzt und mit Inhalten gefüllt.

Die vorläufige Projektgruppenarbeit begann im III. Quartal 1996 und wurde durch Beschluss der GA Bund / BvS / Land Berlin vom 09.07.1997 formal bestätigt. Ursprünglich bestand die Projektgruppe Berlin aus Vertretern des Bundes, des Landes Berlin sowie des Umweltbundesamtes. Das UBA war bis Ende 1999 maßgeblich an der Arbeit der Projektgruppe beteiligt.

Heute wird die Projektgruppe Berlin nach Bedarf durch drei Ingenieurbüros unterstützt, die als Projektcontroller für den Nordteil, den Südteil und die Grundstücke des Eckpunktepapiers 1 tätig sind. Im Rahmen der konkreten Projektarbeit für einzelne Grundstücke bzw. Maßnahmen erweitert sich die Projektgruppe um Vertreter des Sanierungspflichtigen / Freigestellten und Vertreter seines Projektmanagers.

Schwerpunkte der heutigen Projektgruppenarbeit sind:

- Überwachung des Erfolges der laufenden Maßnahmen (Teilnahme an Baubesprechungen, Vor-Ort-Kontrollen, Auswertung von Sanierungsberichten);
- Modifizierung von laufenden Maßnahmen entsprechend neueren Erkenntnissen oder Erfordernissen;
- Festlegung des zusätzlichen Untersuchungsbedarfs, um
 - a) neue Maßnahmen mit hinreichender Sicherheit definieren zu können,
 - b) laufende Maßnahmen noch effizienter zu gestalten,
 - c) im Rahmen von Bau- und Entwicklungstätigkeit auf den Grundstücken kurzfristig erforderliche Gefahrenabwehr-Maßnahmen zu konzipieren,
 - d) neue Maßnahmen mit bereits laufenden Maßnahmen effizient abzustimmen;
- Abstimmung bereits laufender Maßnahmen bzw. Konzipierung neuer Maßnahmen im Zusammenhang mit der Bau- und Entwicklungstätigkeit auf den Grundstücken des Großprojektes;
- Abstimmung, Vorbereitung und Entscheidungen zur Auftragsvergabe;
- Budgetkontrolle, Kosten- und Ausgabenplanung;
- Koordinierung sämtlicher ordnungsbehördlicher Vorgaben am Standort (Emissionsschutz, Abfallrecht, Arbeitsschutz).

Hauptaufgabe der Projektgruppe Berlin ist es, für einen reibungslosen und zeitlich koordinierten Ablauf der Maßnahmen auf den Grundstücken und den grundstücksübergreifenden Maßnahmen zu sorgen. So bergen auch gut durchgeplante Maßnahmen manche Überraschung, indem sich erst nach Baubeginn zeigt, dass z.B. Schadstoffverteilungen nicht den in der Planung ermittelten Konturen entsprechen, Grundwasserabsenkungen sich nicht wie berechnet einstellen oder gefahrenträchtige Altanlagen aufgefunden werden. In diesen Fällen gilt es, schnell und pragmatisch die ordnungsbehördlich erforderlichen Entscheidungen zu treffen. Die dazu erforderlichen Abstimmungen werden von den Projektgruppenmitgliedern kurzfristig vor Ort oder im Rahmen der Projekt- oder Baubesprechungen vorgenommen.

Weiterhin ist die Projektgruppe Berlin Bindeglied zwischen den Institutionen Land Berlin und BvS auf der einen und der Gemeinsamen Arbeitsgruppe auf der anderen Seite. Dies bedeutet die Erarbeitung und Vorlage regelmäßiger Sachstandsberichte sowie die Vorbereitung entsprechender Beschlussvorschläge, denen in den letzten Jahren ausschließlich im Umlaufverfahren zugestimmt wurde.

2. Durchgeführte Maßnahmen 1994 - 2007

2.1 Grundwasser

Seit Beginn der Bearbeitung wurden im Bereich des Großprojektes auf Veranlassung der zuständigen Ordnungsbehörde 30 Grundwasserreinigungsanlagen errichtet und betrieben, von denen aktuell 18 Anlagen noch laufen. Die Beauftragung erfolgte auf Grundlage einer Sanierungsanordnung durch den Freigestellten / Sanierungspflichtigen oder - sofern der Schaden Keinem zugeordnet werden konnte - im Rahmen einer Ersatzvorname durch die Behörde. Die derzeitige Fördermenge aller Anlagen beläuft sich auf über 1.000 m³/h. Ungefähr die Hälfte dieser Menge ist zur unmittelbaren Sicherung der Förderbrunnen an den beiden Wasserwerken erforderlich. Legt man den durchschnittlichen Verbrauch privater Haushalte zu Grunde, könnte damit eine Stadt mit ca. 220.000 Einwohnern mit Trinkwasser versorgt werden.

In der Summe der Fördermaßnahmen wurden in den letzten 15 Jahren über 103 Mio. m³ kontaminiertes Grundwasser gefördert, gereinigt und der Vorflut zugeführt. Bilanziert man die Schadstoffmengen, bedeutet dies eine Entfernung von über 360 t reiner Schadstoffe aus dem Grundwasser. Da eine vollständige Erfassung nicht möglich ist, wird die tatsächliche Menge einschließlich der nicht analysierten Stoffe wahrscheinlich um ein Mehrfaches höher liegen. Hauptanteil haben hierbei neben 105 t Ammonium mit 100 t die LCKW und mit knapp 64 t die BTEX. Mehr als 90 % der entfernten Gesamtschadstoffmenge entfallen dabei allein auf die Grundwassersanierungsmaßnahmen auf dem Standort der ehemaligen Gaskokerei Rummelsburg (außerhalb des Freistellungsverfahrens) und einem Standort der chemischen Industrie.

Zusätzlich wurden von der Grundwasseroberfläche über 585 t reine Ölphase entfernt.

		Nordteil	Südteil	Summe
Fördermenge	m ³	32.530.000	70.580.000	103.110.000
MKW	kg	46.106	312	46.418
LCKW	kg	2.456	97.329	99.785
FCKW	kg	2.472		2.472
BTEX	kg	15.385	48.222	63.607
PAK	kg	4.535	22	4.557
CB	kg		11.885	11.885
TMB	kg	445		445
OCP	kg		207	207
As	kg		1.043	1.043
CN	kg	364	5.507	5.871
Ammonium	kg	104.700		104.700
Phenole	kg	18.891		18.891
		195.355	164.527	359.881

Tabelle 1: Aus dem Grundwasser entfernte Schadstoffmengen

2.2 Bodenluft- und Bodensanierung

Gegenüber den aus dem Grundwasser entfernten Schadstoffen nimmt sich die mittels Bodenluftabsaugung entnommene Fracht mit 2,0 t LCKW eher gering aus. Zur Unterstützung der Grundwassersanierung sowie zur Beseitigung von Belastungsschwerpunkten / Eintragsstellen wurden 20 Absauganlagen errichtet und in Betrieb genommen. Bis auf eine wurden zwischenzeitlich alle Bodenluftsanierungen erfolgreich abgeschlossen.

Im Hinblick auf den Gefährdungspfad Boden - Grundwasser wurden auf 10 Grundstücken relevante Bodensanierungsmaßnahmen durchgeführt. Insgesamt wurden über 840.000 t kontaminiertes Material > Z 2 ordnungsgemäß entsorgt. Wesentlich beigetragen haben mit 450.000 t (incl. Industrieschlamm) die Bodensanie-

rungen im Bereich des ehemaligen Kabelwerks Oberspree und mit 71.000 t die vorgefundenen Belastungen im Rahmen der Tiefenenttrümmerung auf dem Grundstück Regattastraße. Eine Bilanzierung der mit dem Boden entfernten Schadstoffmengen wäre nur mit einem erheblichen Aufwand möglich. Exemplarisch seien hier 380 t chlororganische Pestizide und 120 t BTEX sowie 390 t MKW genannt, die allein auf zwei Grundstücken durch Bodenaushub entfernt wurden. Im Vergleich mit den aus dem Grundwasser entfernten Schadstoffmengen zeigt sich eine hohe Effektivität von Bodensanierungen in Hinblick auf die Beseitigung von Schadstoffen aus dem Untergrund.

		Nordteil	Südteil	Summe
Boden > Z 2	t	464.000	163.000	627.000
Bauschutt > Z 2	t	9.400	52.300	61.700
Industrieschlamm	t	91.300		91.300
Gewässersediment	t		64.000	64.000
		564.700	279.300	844.000

Tabelle 2: Menge des Bodenaushubs und des Bauschutts

2.3 Vertikale und horizontale Sicherungsmaßnahmen

Im Zusammenhang mit den o. g. Maßnahmen zur Sanierung von Boden- und Grundwasserverunreinigungen wurden insbesondere auf einem Grundstück zusätzliche Sicherungsmaßnahmen zur Verhinderung von Schadstoffverfrachtungen ergriffen. Diese bestehen neben einer Abwehrgalerie mit 14 Sanierungsbrunnen aus einer 1.000 m langen Dichtwand (bis in eine Tiefe von max. 32 m) zur Verhinderung einer Uferinfiltration der Spree bzw. des Britzer Zweigkanals. Hinzu kamen Oberflächenversiegelungsmaßnahmen auf einer Fläche von 37.000 m² und eine Abdeckung im Bereich einer Halde von über 10.000 m². Auf dem Standort einer Batteriefabrik wurden weitere 6.000 m² Oberfläche versiegelt.

2.4 Begleitende Maßnahmen

Nicht unerwähnt bleiben sollen die begleitenden Maßnahmen, die neben den eigentlichen Erkundungs- und Sanierungsmaßnahmen erforderlich oder sinnvoll sind, damit ein derart großes „Projekt“ erfolgreich umgesetzt werden kann. Herauszuheben sind hierbei insbesondere die öffentlichen Teilnahmewettbewerbe außerhalb der Ausschreibung konkreter Sanierungsmaßnahmen sowie der Komplex „Innovative Sanierungsverfahren“.

In regelmäßigen Abständen von 2 Jahren werden bundesweite Teilnahmewettbewerbe für

- Laborleistung (regionale Ausschreibung)
- in-situ-Probenahmen im Grundwasser,
- Bohrleistungen / Messstellenneubau,
- Geophysikalische Bohrlochvermessung/-kontrolle und
- kleinräumige Aushubverfahren in der grundwassergesättigten Zone

durchgeführt. Hiermit wird u.a. gewährleistet, dass neueste Erkundungs- bzw. Sanierungstechnologien ermittelt werden (Marktrecherche) und klein- und mittelständische Unternehmen am Wettbewerb beteiligt werden (Rotationsprinzip).

Ergänzt wurden diese Teilnahmewettbewerbe durch einen europaweiten Wettbewerb für innovative mikrobiologische oder chemische in-situ-Sanierungsverfahren für 6 Teilprojekte. Diese Teilprojekte bezogen sich z. T. auf konkrete Maßnahmen auf einzelnen Grundstücken zur Unterstützung von hydraulischen Maßnahmen, sind aber auch durch allgemein formulierte Anforderungen Grundlage aktueller Sanierungsprojekte.

3. Finanzrahmen

Anfang der 90er Jahre ist man noch von Sanierungskosten in Höhe von bis zu 700 Mio. EUR ausgegangen. Aufgrund der heute vorliegenden Erkenntnisse und Erfahrungen werden diese Kosten bei weitem nicht erreicht. Dies liegt im Wesentlichen daran, dass damals ein vergleichsweise geringer Kenntnisstand über das tatsächlich vorhandene Ausmaß der gefahrenrelevanten Schadstoffbelastungen vorlag und auch das Preisniveau gegenüber heute deutlich höher lag. Mitte der 90er Jahre lagen dann die Schätzungen für die Gesamtkosten bei rund 200 Mio. EUR. Verglichen mit den bisher angefallenen und den zukünftig noch erwarteten Kosten wird diese Summe auf jeden Fall erreicht, wenn nicht überschritten werden.

Die Schwierigkeiten bzw. Risiken von Kostenschätzungen bei einer Vielzahl unterschiedlicher Altlasten mit verschiedenen Kenntnisständen zeigt die Tabelle 3. Entsprechend der Beschlüsse der Gemeinsamen Arbeitsgruppe wurde insgesamt ein Finanzrahmen in Höhe von 107,6 Mio. EUR beschlossen, der alle Unwägbarkeiten beinhaltet. Allein 88,1 Mio. EUR entfielen hierbei auf grundstücksbezogene, der Rest auf übergeordnete Maßnahmen. In diesen Zahlen sind nicht die Aufwendungen für die Grundstücke der Eckpunktmappe berücksichtigt, da für diese keine Finanzrahmen festgelegt wurden.

Unter Berücksichtigung des zu dem jeweiligen Zeitpunkt vorliegenden Kenntnisstandes wurde für jedes Teilsanierungsgebiet aufgeschlüsselt nach den einzelnen Grundstücken bzw. Maßnahmen ein erster Teilfinanzrahmen in Höhe von insgesamt 55,4 Mio. EUR freigegeben (siehe Tabelle 3). Der Erkenntnisgewinn sowohl in Hinblick auf die Optimierung von Sanierungsverfahren als auch durch die tatsächlich entstandenen Kosten machte eine Neuordnung der einzelnen Teilfinanzrahmen erforderlich, die im Oktober 2005 durch Beschluss der GA bestätigt wurde. Ziel hierbei war zunächst eine Verschiebung der Mittel innerhalb der einzelnen Teilfinanzrahmen, ohne dass die Gesamtsumme des 1. Teilfinanzrahmens überschritten wurde. Unter dem heutigen Blickwinkel - auch in Erkenntnis der vor einigen Jahren noch nicht vorliegenden Investitionsabsichten - sind weitere Umverteilungen bzw. Mittel notwendig, die nicht mehr allein durch den 1. Teilfinanzrahmen abgedeckt werden können. Insbesondere im TSG 9, aber auch in den TSG 3 und 7 ist ein deutlicher Mehrbedarf erkennbar, der im Wesentlichen auf erhebliche kontaminationsbedingte Mehraufwendungen bei der Umnutzung eines Industriestandortes, der Weiterführung der Sicherungsmaßnahmen am Wasserwerk Wuhlheide sowie auf erst jetzt ermittelte Sanierungsnotwendigkeiten beruht. Eine erste Abschätzung lässt erkennen, dass ein Mehrbedarf von 5 bis 15 Mio. EUR bestehen könnte.

	Teilfinanzrahmen	Neuer oberer Finanzrahmen	Ist-Kosten	verbleibender Finanzrahmen
	gem. GA-Beschlüsse 1998 und 1999	gem. GA-Beschluss vom 20.10.2005	bis 31.12.2007	
Teilsanierungsgebiet 1	3.068.000	2.294.000	2.231.129,25	62.870,75
Teilsanierungsgebiet 2	7.158.000	11.588.000	6.895.301,39	4.692.698,61
Teilsanierungsgebiet 3	6.136.000	7.588.000	6.440.652,42	1.147.347,58
Teilsanierungsgebiet 5	14.827.000	4.825.000	1.843,02	4.823.156,98
Teilsanierungsgebiet 6	69.000	20.000	20.979,92	-
Teilsanierungsgebiet 7	3.579.000	3.579.000	3.038.676,86	540.323,14
Teilsanierungsgebiet 8	537.000			
Teilsanierungsgebiet 9	10.737.000	6.714.000	3.313.730,21	3.400.269,79
	46.111.000	36.608.000	21.942.313,07	14.665.686,93
Grundwassermonitoring	2.761.000	3.766.000	2.274.045,28	1.491.954,72
WW Johannisthal	6.136.000	9.135.000	6.517.102,98	2.617.897,02
Projektmanagement	383.000	251.000	251.062,19	-
Projektcontrolling	0	5.631.000	3.928.000,79	1.702.999,21
	9.280.000	18.783.000	12.970.211,24	5.812.788,76
Gesamtsumme	55.391.000	55.391.000	34.912.524,31	20.478.475,69

Tabelle 3: Darstellung der beschlossenen Teilfinanzrahmen sowie der jeweilige Ausschöpfungsgrad (in EUR)

4. Kostenentwicklung

Die Abbildung 2 zeigt die zeitliche Entwicklung der Kosten für alle Maßnahmen, die seit 1994 im Bereich des Großprojektes durchgeführt worden sind. Die Gesamtausgaben belaufen sich bis Mitte diesen Jahres auf 150 Mio. EUR. Die deutlich erkennbaren Schwankungen sind begründet zum einem durch längere Planungsphasen für umfangreiche Sanierungsmaßnahmen und zum anderen durch kostenintensive Bodensanierungsmaßnahmen. Diese Bodensanierungen wurden überwiegend umgesetzt, um erhebliche Schadstoffpotentiale in Hinblick auf die Schutzgüter Boden-Mensch (höherwertige Umnutzung) und Boden-Grundwasser aus dem Boden zu entfernen. In letzter Zeit tragen sie aber auch dem Umstand Rechnung, dass sich in einigen Fällen trotz lang laufender hydraulischer Sanierungsmaßnahmen kein ausreichender Sanierungserfolg eingestellt hatte und daher unterstützende Maßnahmen erforderlich wurden. Auch 2008 und 2009 werden wieder erhebliche Mittel in derart kostenintensive Maßnahmen fließen.

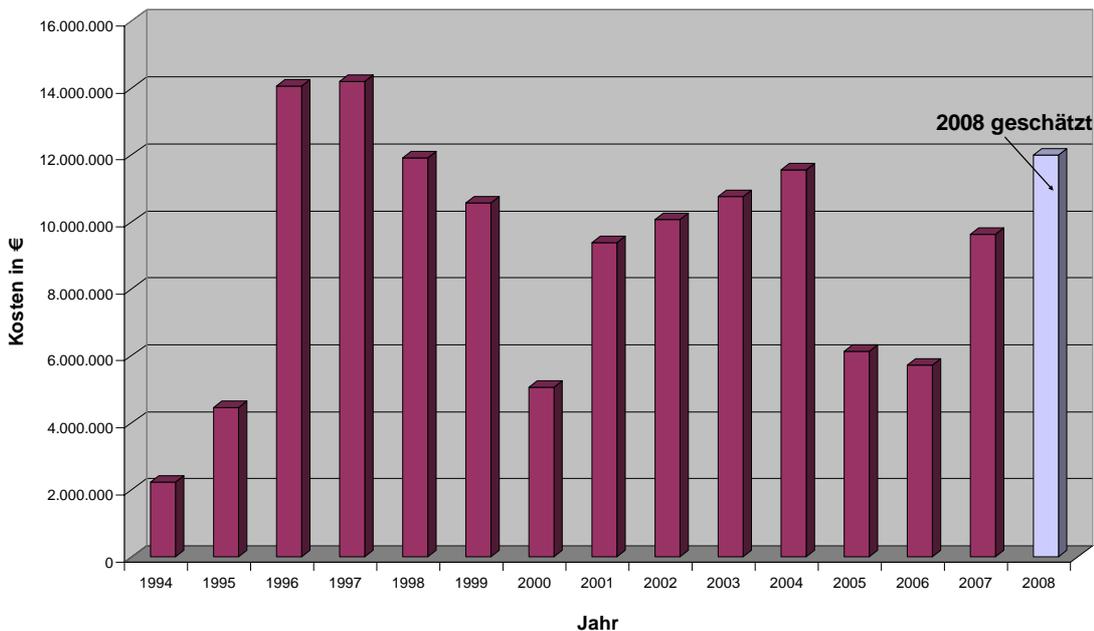


Abbildung 2: Kostenentwicklung im Großprojekt im Zeitraum von 1994 bis 2007

Wie sich die Kosten im einzelnen verteilen zeigt die Abbildung 3. Daraus ist erkennbar, dass rund 2/3 der Kosten auf grundstücksbezogene Maßnahmen (Eckpunkte, Freistellung und vorgezogene Maßnahmen) und 1/3 auf übergeordnete Maßnahmen entfallen. Größter Kostenfaktor mit ca. 30 % sind allein 4 Grundstücke im Geltungsbereich der beiden Eckpunktepapiere.

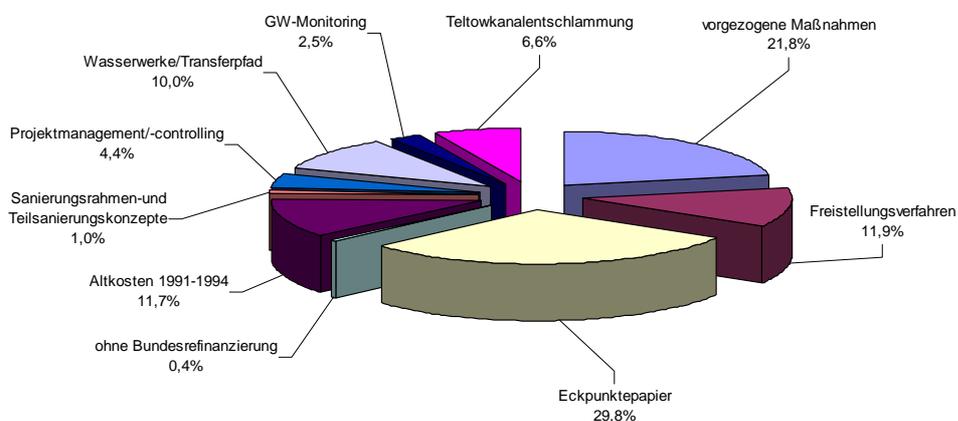


Abbildung 3: Prozentuale Kostenverteilung im Ökologischen Großprojekt Berlin

5. Ausblick

Die wesentlichen grundstücksbezogenen Maßnahmen sind im Großprojekt mittlerweile durchgeführt worden. Für insgesamt 6 Grundstücke konnten zwischenzeitlich die Sanierungsmaßnahmen eingestellt werden. Einige von ihnen befinden sich noch in der Nachsorge zur Dokumentation einer nachhaltigen Sanierung. Allerdings gibt es auch noch einige große Altlastenflächen, auf denen umfangreiche Investitionen und damit zusammenhängende begleitende Sanierungsmaßnahmen noch in der Zukunft liegen. Dies gilt insbesondere für zwei große Grundstücke der ehemaligen Berliner Metall- und Halbzeugwerke, aber auch für die aktuellen Maßnahmen zur Realisierung einer Wohnbebauung auf einem ehemaligen Grundstück der pharmazeutischen Industrie. Hierunter fällt auch eine Teilfläche des ehem. VEB Lacke und Farben, bei dem aufgrund der ausstehenden Entscheidung über einen Brückenneubau notwendige Sanierungsmaßnahmen bislang ausgesetzt wurden.

Nicht abschätzbar ist derzeit die Sicherungs- bzw. Sanierungsdauer auf zwei Grundstücken, die dem Eckpunktetapier unterliegen. Bei einem Grundstück steht aufgrund der komplexen und umfangreichen Schadenssituation der Sicherheitsaspekt deutlich im Vordergrund, indem eine Verlagerung der Schadstoffe im Grundwasser verhindert werden soll. Bei dem anderen Grundstück wird - neben der aktuell notwendigen Sicherung - auf eine Sanierung der hot-spot-Bereiche im Boden und Grundwasser orientiert, ohne dass derzeit mit hinreichender Sicherheit abgeschätzt werden kann, inwieweit diese Maßnahmen eine erfolgreiche Sanierung des Grundstücks gewährleisten. Wann und ob eine Beendigung dieser Sicherung/Sanierung möglich ist, kann derzeit noch nicht beantwortet werden.

Für die übergeordneten Maßnahmen ist mittelfristig ein Ende absehbar. Das seit Beginn des Großprojektes aufgebaute und betriebene Grundwassermonitoring ist mittlerweile neu konzipiert worden und konzentriert sich insbesondere auf wenige - allerdings großflächige - Transferbereiche. In anderen Bereichen ist der Umfang bereits deutlich reduziert worden. Auch die Sicherungsmaßnahmen an den beiden Wasserwerken haben eine endliche Laufzeit. In der Nähe der Fördergalerien des Wasserwerks Wuhlheide sind bereits Werte im Grundwasser erreicht, die in einigen Jahren die Herausnahme einer oder mehrerer Grundwasserreinigungsanlagen erlaubt und für das Wasserwerk Johannisthal wird prognostiziert, dass zum Zeitpunkt der Neuinbetriebnahme 2014 eine Beeinflussung des Wasserwerksbetriebes durch die Altlasten ausgeschlossen werden kann. Leider wurde erst jetzt ein neuer Schaden durch Anilin in einer der Brunnengruppen des Wasserwerks Wuhlheide nachgewiesen, der weitere - derzeit noch nicht genau abschätzbare - Maßnahmen erforderlich macht. Da ein Verursacher bisher noch nicht ermittelt werden konnte, ist unklar, ob dieser Fall unter das Verwaltungsabkommen fällt.

Nach der über 15-jährigen intensiven Zusammenarbeit zwischen dem Bund und dem Land Berlin sowie des relativ weit fortgeschrittenen Bearbeitungsstandes im Großprojekt stellt sich - nicht zuletzt begründet durch die beabsichtigte Abwicklung der BvS - immer mehr die Frage, inwieweit die Finanzierung der Bundesverpflichtungen im Zusammenhang mit Vereinbarungen zu abschließenden Finanzrahmen neu zu regeln ist bzw. neu geregelt werden muss. Bezogen auf Verpflichtungen gegenüber dem Land Berlin bietet sich hierfür allerdings vorerst nur eine abschließende Regelung für die bereits beendeten Sanierungsmaßnahmen mit nachlaufenden Monitoringprogrammen für eine Teilpauschalierung an. Für weitere Grundstücke besteht derzeit keine ausreichende Grundlage, plausible künftige Sanierungskosten abzuleiten. Dies wird voraussichtlich erst 2010/2011 möglich sein.

Ein wichtiger Aspekt, der bislang kostenseitig noch nicht berücksichtigt wurde, ist der Rückbau von Messstellen und Entnahmebrunnen nach erfolgter Sanierung. Da jede Messstelle bzw. jeder Brunnen eine potentielle Gefährdung des Grundwassers darstellt, ist nach Abschluss der Nachsorgephase ein Rückbau zwingend erforderlich. Nach einer ersten Schätzung ist hierfür mit Kosten von mindestens 1,0 Mio EUR zu rechnen. Ein Budget wurde bisher noch nicht zwischen Bund und Land abgestimmt. Auch hier ist zu prüfen, ob eine Teilpauschalierung möglich ist.

Zentrales Datenmanagement als übergreifendes Controllinginstrument der Grundwassersanierung

Dipl.-Geol. Katharina Jankowicz, Dipl.-Geol. Axel Lutz, Tauw GmbH

1. Einführung

Seit 1995 wird im Ökologischen Großprojekt „Industriegebiet Spree“ (im Folgenden ÖGP) ein regionales Grundwassermonitoring mit anfänglich 61 Messstellengruppen durchgeführt. Das Überwachungsmessnetz des Großprojektes ist zwischenzeitlich auf rund 560 Messstellengruppen mit 1.150 Einzelpegeln angewachsen. Mit diesem Instrument wird die Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit zwischen ehemaligen Eintragsflächen und den Rezeptoren (Brunnengalerien, Wasserwerke) ermöglicht. Die bei den halbjährlich durchgeführten Monitorings erhobenen Daten werden kontinuierlich in einer Datenbank erfasst. Die Erfassung beschränkte sich bis 2003 / 2004 jedoch auf die Ergebnisse des übergeordneten Grundwassermonitorings (regionale Trennung in Los 1 und Los 2), da die Datenverwaltung aus den standortspezifischen Maßnahmen (zusätzlich 500 Messstellengruppen mit 1.100 Einzelpegeln) in unterschiedlicher Weise durch die jeweiligen Projektmanager (im Folgenden PM) erfolgte.

Für übergreifende Betrachtungen (z.B. Planung und/oder Kontrolle hydraulischer Sicherungs- oder Sanierungsmaßnahmen) wurden daher in der Vergangenheit bei Bedarf die Daten aus unterschiedlichen Projekten punktuell zusammengefasst und für die weitere Bearbeitung vorbereitet. Besonders im Rahmen von Planungen und Steuerungsleistungen in den Transferpfadbereichen entstand ein wachsender Bedarf an kurzfristig verfügbaren Daten, die unterschiedliche Teilprojekte berücksichtigen.

Als Beispiel für eine grundstücksunabhängige und übergreifende Betrachtungsweise eines Schadensfalls in einem Transferpfad können die festgestellten Eintragsbereiche für LCKW und FCKW im Bezirk Oberschöneweide genannt werden. In diesem Fall konnten zwei Grundstücke (Samsung, TGS) als Quellbereiche für Grundwasserbelastungen durch LCKW und ein weiterer Standort (Steffelbauerstraße) als Eintragsbereich für FCKW festgestellt werden. Bedingt durch die geographische Nähe der Standorte zueinander sowie den Förderbetrieb der Fassungen des Wasserwerks Wuhlheide (Westgalerie) haben sich zwei Schadstoffbahnen ausgebildet, die sich bereits innerhalb der Grundstücksgrenzen überlagern (siehe **Abb. 1**). Abstromig werden auch Standorte durch die Kontaminanten durchströmt, auf denen nur untergeordnet ein zusätzlicher Eintrag erfolgt ist (BAE). Um auch in diesem Fall eine kurzfristige Bewertung der Belastungssituation zu ermöglichen und eine effiziente Steuerung der auf den Grundstücken TGS und Steffelbauerstraße sowie der in den Transferpfadbereichen betriebenen Grundwasserreinigungsanlagen zu gewährleisten, ist in jedem Fall der Zugriff auf die Daten aus den Grundwassermonitorings der Einzelgrundstücke sowie des übergeordneten Monitoringteils Los 1B erforderlich. Dieser Zugriff wurde durch die Erstellung der Datenbank PC-Nord bereits wesentlich vereinfacht.

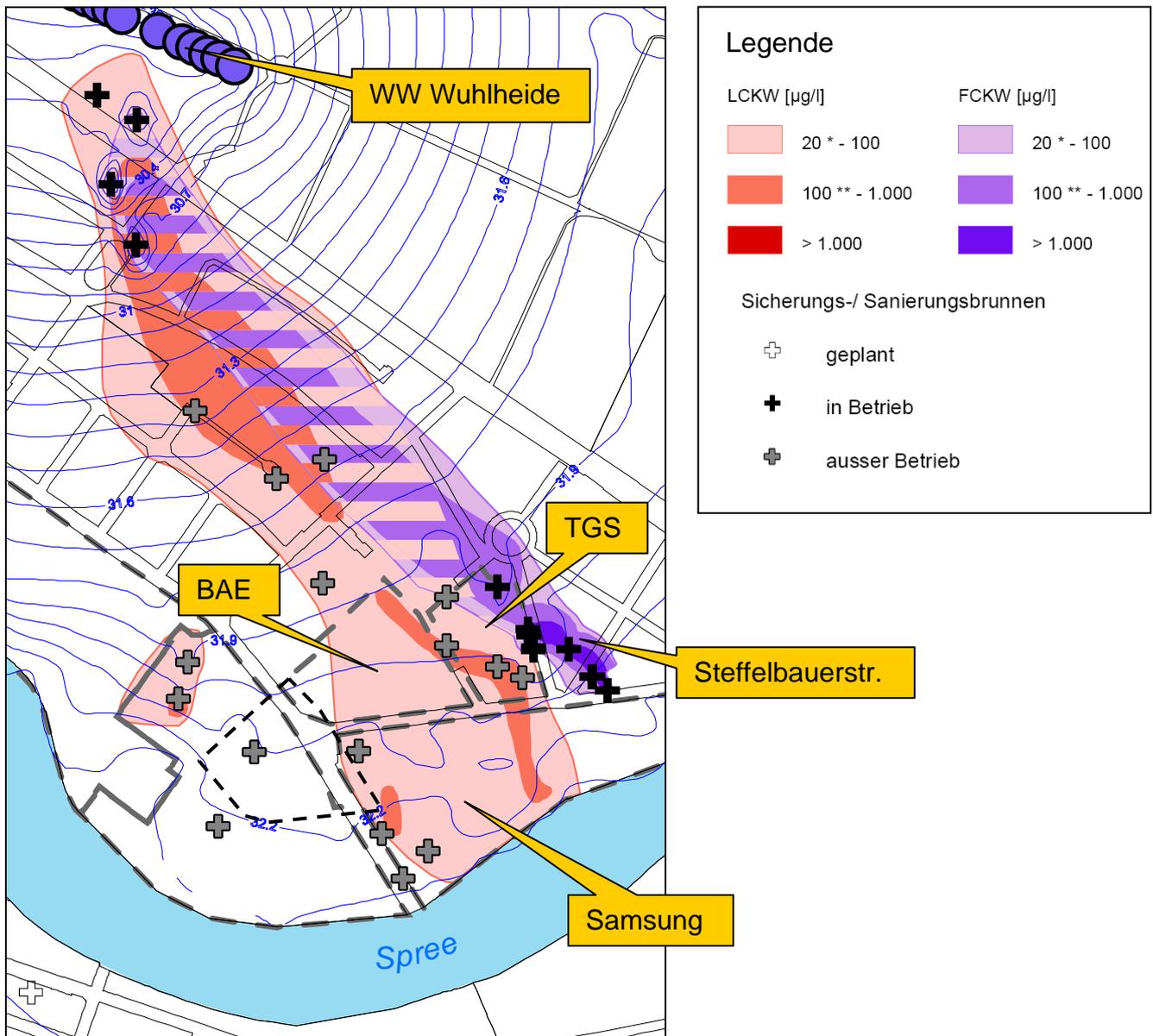


Abbildung 1: Darstellung standortübergreifende und überlagernde Grundwasserverunreinigungen TSG 3, Los 1B

Um eine überschlägige Abschätzung von Sanierungszeiträumen vornehmen zu können, wurde in 2007 eine Schadstofftransportmodellierung unter Berücksichtigung der Wirkung mikrobiologischer Abbauprozesse durchgeführt. Auch hier hat sich die bestehende Datenbank mit Angaben zur Grundwasserbeschaffenheit und der Hydrodynamik auf den Grundstücken wie in dem Transferpfad zur Westgalerie des Wasserwerks Wuhlheide bewährt.

2. Ziele

Das maßgebliche Ziel sämtlicher Maßnahmen im ÖGP stellt die Beseitigung von Gefährdungen für das Schutzgut Grundwasser, hier den Zustrom auf die Wasserfassungen der Wasserwerke Wuhlheide und Johannisthal, dar. Zu diesem Zweck wurden auf der Grundlage umfangreicher Erkundungsmaßnahmen an verschiedenen Stellen des ÖGP Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen aufgenommen.

Diese umfassen neben klassischen „pump and treat“ Maßnahmen auch Ölphasenabsaugungen, mikrobiologische Grundwassersanierungen und Bodenaustauschmaßnahmen. Von außerordentlicher Bedeutung für die

zielgerichtete Planung, die Steuerung und Optimierung sowie die Kontrolle der Nachhaltigkeit hydraulischer Maßnahmen ist die kurzfristige Verfügbarkeit belastbarer Ergebnisse von Grundwasseruntersuchungen. Ziel des Datenmanagements stellt somit die effiziente Erfassung von Daten aus unterschiedlichen Quellen und die Bereitstellung von Datengrundlagen unter Berücksichtigung wechselnder Anforderungen dar. Das Datenmanagement kann dadurch als übergreifendes Controllinginstrument der Grundwassersanierung genutzt werden.

3. Randbedingungen

Ein wesentliches Kennzeichen des ÖGP ist neben dem großen Umfang des Messstellennetzes v. a. die Vielzahl der Altlastengrundstücke, auf denen nach Abschluss umfangreicher Erkundungsmaßnahmen Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen geplant und umgesetzt wurden. Deren Sicherungswirkung und die Nachhaltigkeit des Sanierungserfolgs ist durch anschließende (Nachsorge-)Monitorings periodisch zu prüfen. Um die Komplexität des ÖGP zu verdeutlichen, wurden in der nachfolgenden **Tabelle 1** die wichtigsten Größen zusammengefasst.

Grundstücke	Grundwasser- messstellen (-gruppen)	Messwerte Datenbank Analytik	Sicherungs-/ Sanie- rungs-maßnahmen gesamt (davon aktiv)	Sonstiges
PC-Nord				- lfd. Bodensanierungen - horizontierte Beprobungen Grundwasser
12	ÖGP: 450 (180) Standorte: 600 (300)	250.000	Transferpfade: 5 (3) Standorte: 7 (3)	
PC-Süd				
11	ÖGP: 690 (280) Standorte: 510 (200)	350.000	Transferpfade: 1 (1) Standorte: 7 (5)	

Tabelle 1: Zusammenfassung Randbedingungen

4. Aktuelle Situation

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt erfolgt durch die Projektcontroller Nord und Süd eine separate Datenerfassung aus dem übergreifenden Grundwassermonitoring, den standortbezogenen Maßnahmen sowie den Sicherungs-/ Sanierungsmaßnahmen unter Verwendung des gleichen Datenmanagementsystems. Die Pflege einer gemeinsamen Datenbank ist derzeit nicht zwingend erforderlich, da bedingt durch die Lage der Altlastengrundstücke und die vorherrschenden hydrodynamischen Verhältnisse (Lage Vorflut Spree, Wirkung Fassungen Wasserwerke Wuhlheide und Johannisthal) eine gegenseitige Beeinflussung zwischen den Bereichen nördlich und südlich der Spree nicht zu erwarten ist. Aufgrund der weitgehend identischen Datenstruktur ist es jedoch möglich, übergreifende Betrachtungen anzustellen, wie dies mit der Übersichtskarte zu der Grundwasserbeschaffenheit, basierend auf den Ergebnissen der Beprobungskampagne Mai 2007, nachgewiesen wurde.

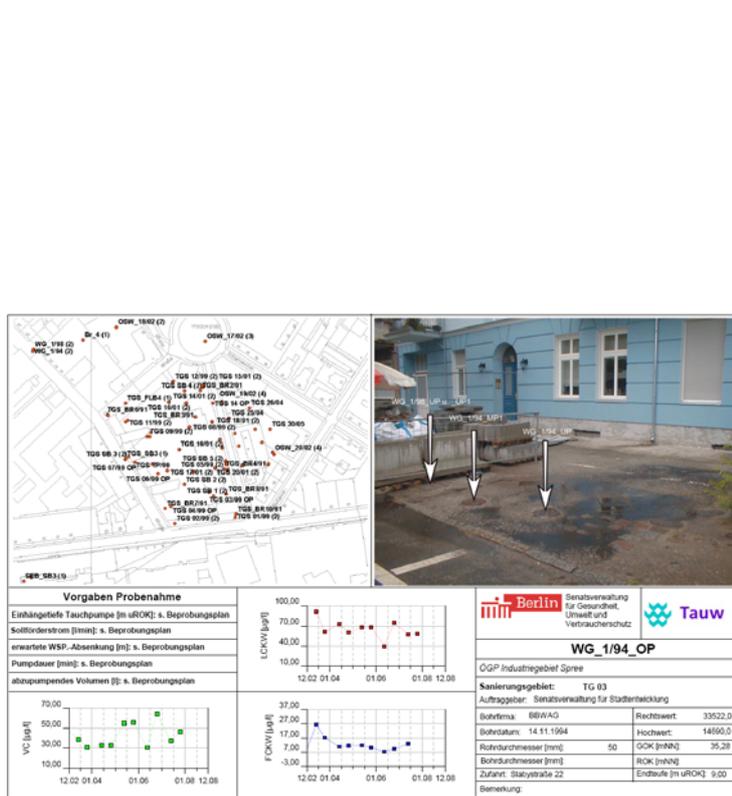
Durch SenGesUmV (Landesgeologie) wird daneben eine Datenbank betrieben, in die anhand einer Vielzahl von Grundwassermessstellen die Daten zur Beobachtung der allgemeinen Grundwasserbeschaffenheit erfasst werden.

Für die Datenerfassung und -verwaltung auf Basis einer Datenbank im Format MS Access bzw. Oracle ist in beiden Fällen die Software GeODin im Einsatz. Die Kartenerstellung erfolgt unter Verwendung der GIS-Software ArcView / ArcGIS.

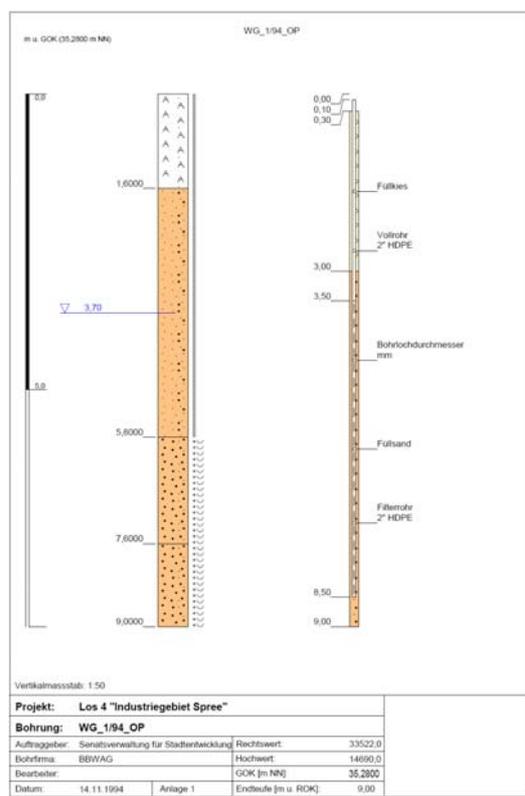
Zur effizienten Durchführung des Grundwassermonitorings wurden als Funktionalitäten des verwendeten Datenbanksystems (Dokumentenverwaltung, Layout) die Erstellung von Messstellenkarten vorgenommen. Folgende Informationen werden in den Unterlagen messstellenspezifisch zusammengestellt und den Laboren oder

anderen Projektbeteiligten sowohl digital als pdf-Dokumente als auch als Ausdrucke zur Verwendung im Feld zur Verfügung gestellt (s. Messstellenkarte in **Abbildung 2**):

- Bohrprofil, Ausbauplan GWMS, Koordinaten Höhe / Lage
- Vorgaben Probenahme im Rahmen Umsetzung Ringraumkonzept (Förderrate, -dauer, -menge)
- Zeitreihen Grundwasserstände und Konzentrationsverläufe ausgewählter Kontaminanten
- Foto Grundwassermessstelle mit Umfeld
- Lageplan Grundwassermessstelle



Seite 1



Seite 2

Abbildung 2: Muster Messstellenkarte

Ende April 2008 konnte nach intensiven Abstimmungen innerhalb SenGesUmV (Abteilung Altlasten, vertreten durch den PC und die Landesgeologie) die Erstellung eines gemeinsamen Aufschlusstypen realisiert werden. Dieser bildet die Grundlage für eine weitere Zusammenführung der Datenbanken PC-Nord / PC-Süd und der Datenbank Geo (SenGesUmV, Landesgeologie, siehe **Abschnitt 6**).

5. Datenbankstruktur

5.1 Datentypen

In nachstehender Aufstellung sind die für das ÖGP relevanten Datentypen zusammengefasst, die in geeigneter Form in die Datenbank aufgenommen werden müssen:

Aufschlüsse

- Aufschlussbohrungen (Schichtenverzeichnisse)
- Ausbaudaten Grundwassermessstellen und Brunnen
- Koordinaten der Messpunkte (Lage und Höhe)
- Fotodokumentationen von z. B. GWMS
- Lagepläne

Für die Erfassung der Schichtenverzeichnisse und Ausbaudaten der GWMS steht den ausführenden Bohrunternehmen eine funktionsreduzierte und kostenfreie Version der Software GeODin zur Verfügung. Alternativ besteht auch die Möglichkeit des Imports von Daten im Format SEP3.

Messwerte

- Grundwasseruntersuchungen /-monitoring (Analytik, Probenahme)
- Daten aus dem Betrieb von hydraulischen Sicherungs-/Sanierungsmaßnahmen (z. B. Analytik Roh-/ Reiwasser, Fördermengen)
- Ergebnisse aus der Durchführung von in-situ Erkundungen und aus der horizontalen Beprobung des Grundwassers
- Stichtagsmessungen der Grundwasserstände
- Ergebnisse bohrlochgeophysikalischer Untersuchungen

Um eine möglichst effektive Datenerfassung aus o. g. Maßnahmen zu erzielen, wurden shuttle-Dateien auf der Basis von MS Excel entwickelt, die im Vergleich zur Möglichkeit der direkten Eingabe in die verwendeten Datenbanksysteme eine größere Akzeptanz durch die Labore und Projektmanager erfahren haben. Die Dateien bieten zum einen die Möglichkeit zur Berechnung der abzapfenden Wasservolumina (Umsetzung Ringraumkonzept gemäß DVWK-Merkblatt 245/1997), der Darstellung des Beprobungs-/ Analysenumfangs für die jeweilige Beprobungskampagne sowie die Eingabe der Werte aus der Probenahme und den Ergebnissen der laboranalytischen Untersuchungen. Die Daten können anschließend, ggf. nach Übersendung durch die PM, nach geringfügigen Vorbereitungen direkt in die Datenbank importiert werden.

5.2 Datenerfassung und -nutzung

Entsprechend den in dem vorangegangenen Abschnitt aufgeführten Datentypen sind an der Datenerfassung und Datenbankpflege folgende Stellen mit unterschiedlichen Aufgaben beteiligt:

Datenbereitstellung/ -erfassung

- Labore
- Bohrunternehmen
- Vermessungsbüros
- Geophysik

Datenaufbereitung

- Projektmanager
- Projektcontroller

Datennutzer, Bewertung

- Projektmanager
- Projektcontroller
- Ordnungsbehörden
- Bauunternehmen (Tiefbau)
- Betreiber Wasserwerke
- Betreiber Grundwasserreinigungsanlagen

In der folgenden **Abbildung 3** finden sich o. g. Beziehungen graphisch aufgearbeitet, wobei zwischen Datenerzeugung (Pfeil in Richtung Datenbank) und Datennutzung (Pfeil von Datenbank ausgehend) unterschieden wird.

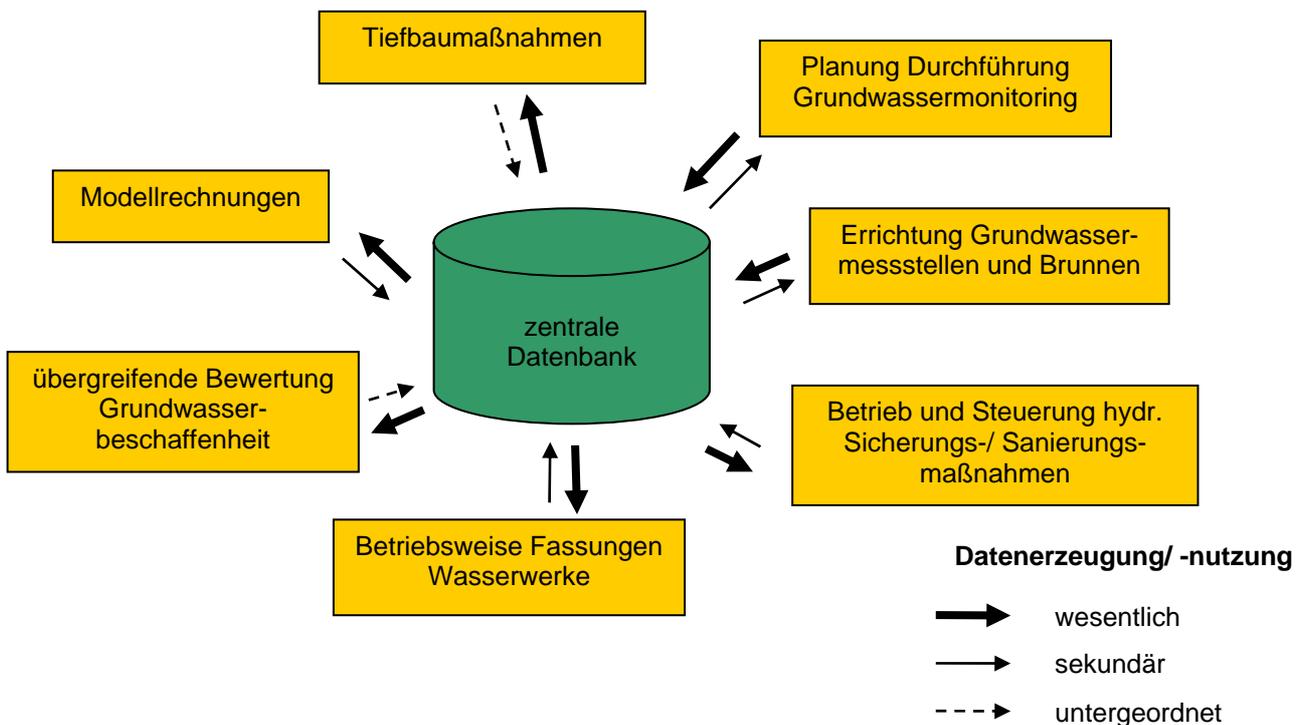


Abbildung 3: Darstellung Funktionen Datenbanknutzung

Um die Beziehungen der Projektbeteiligten weiter zu verdeutlichen, werden diese in dem nachfolgenden Flussdiagramm an dem Beispiel der Planung, Durchführung und Auswertung von Grundwassermonitorings visualisiert. Die Pfeile symbolisieren dabei den Datenfluss von der Datenerzeugung zur Datenbank.

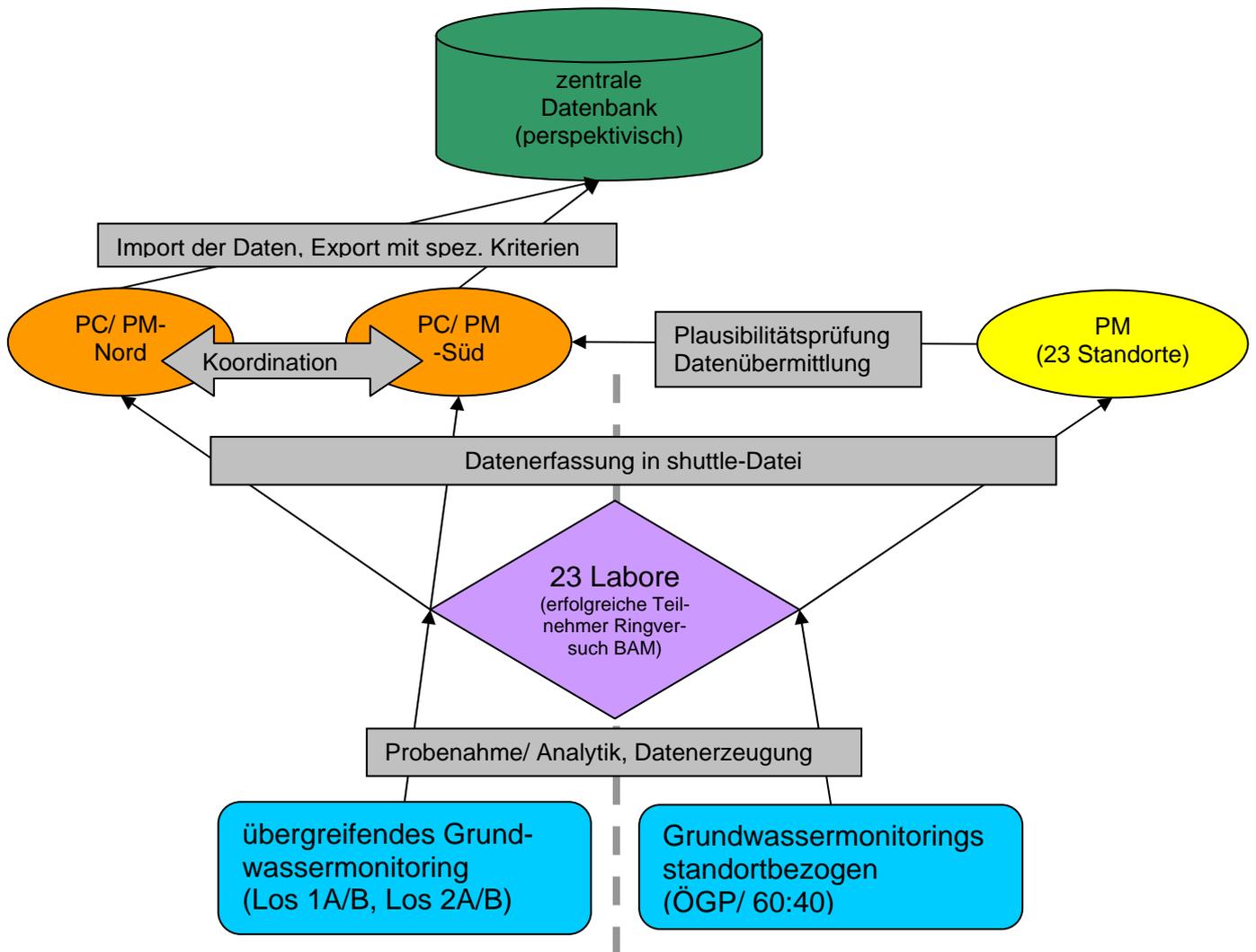


Abbildung 4: Datenfluss Grundwassermonitoring

6. Ausblick

Mit der Erstellung des gemeinsamen Aufschlusstypen (GeODin) wurden die grundsätzlichen Voraussetzungen für die Zusammenführung der Daten aus dem ÖGP mit denen der Landesgeologie geschaffen.

In einem weiteren Schritt ist zunächst der detaillierte Abgleich der Datenbestände geplant, in dessen Rahmen z. B. die Datensätze doppelt geführter Lokationen vereinigt werden müssen.

Weiterhin muss eine Arbeitsroutine entwickelt werden, durch die eine kurzfristige Synchronisierung der dezentral geführten Datenbanken PC-Nord und PC-Süd mit der zentralen Datenbank möglich wird.

Perspektivisch sind auch Möglichkeiten zu prüfen, inwieweit ein Datenmanagement ausschließlich auf der Grundlage der Datenbank Geo unter Beachtung datenschutzrechtlicher Aspekte realisiert werden kann.

Stand und Ziele der Grundwassersanierung im Anstrombereich des Wasserwerkes Wuhlheide

Dipl.-Ing. Claudia Blach-Radau, Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz

1. Ausgangssituation

Das Wasserwerk Wuhlheide ist eines der ältesten und wichtigsten Wasserwerke Berlins. Es wurde am 1. Juli 1914 in Betrieb genommen und versorgt einen Großteil der östlichen Tiefstadt (Köpenick, Oberschöneweide, Karlshorst, Baumschulenweg, Neukölln und Mitte) und einen Teil der östlichen Hochstadt über das Zwischenpumpwerk Lichtenberg mit Trinkwasser.

Das Wasserwerk liegt nördlich der Spree im Warschau-Berliner Urstromtal. Im Wesentlichen besteht der Grundwasserleiter im Bereich der West- und der Ostgalerie aus eiszeitlichen Talsanden, in die Lagen und Linsen aus Geschiebemergel eingelagert sind. Die meisten Förderbrunnen sind zwischen 30 m und 40 m unter Geländeoberkante (GOK) verfiltert. Durch die Rohwasserförderung stellte sich eine Umkehr der natürlichen Grundwasserfließrichtung von der Spree weg hin zu den Fördergalerien ein.



Abbildung 1: Luftbild vom WW Wuhlheide

Ende des 19. Jahrhunderts siedelte sich die aufstrebende Industrie beiderseits der Spree an. Im Einzugsbereich der Westgalerie lagen damit Gaswerke, Gaskokereien, Lampen- und Lackfabriken, Kupfer- und Kabelwerke, Elektroindustrie, Schwermaschinenbau, Batteriefabriken, Tanklager und militärisch genutzte Flächen. Durch diese Nutzungen wurden die verschiedensten Öle (MKW), Schwermetalle, mono- und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX und PAK) und Phenole in den Boden und das Grundwasser eingetragen. Bereits 1920 mussten die nördlichsten Brunnen der Westgalerie aufgrund der Kontaminationen durch die im nördlichen Anstrom liegende Gaskokerei außer Betrieb genommen werden. Als dann in den 30er Jahren des letzten Jahrhunderts die Chlorchemie ihren großtechnischen Einzug in die industrielle Produktion fand, kamen die

leichtflüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffe (LCKW) als weitere Schadstoffklasse hinzu. Die als Lösungs- und Entfettungsmittel genutzten Stoffe Perchlor- und Trichlorethen trugen durch die Bildung langer Schadstofffahnen erheblich zur Kontamination des Grundwassers bei.

Im Einzugsbereich der Ostgalerie lagen weniger industriell, dafür mehr militärisch genutzte Flächen. Außerdem infiltrierte die als Klärwerksableiter genutzte Wuhle abwasserbürtige Stoffe in das Grundwasser.

Nach der Wende 1989/1990 wurde zunächst eine Bestandsaufnahme der vorhandenen Altlastenverdachtsflächen gemacht und anschließend umfangreiche Erkundungsuntersuchungen des Bodens, der Bodenluft und des Grundwassers durchgeführt. Es zeigte sich, dass auf die Wasserwerksbrunnen aus vielen Richtungen Schadstofffahnen zufließen und einzelne Schadstoffe teilweise bereits im Rohwasser nachgewiesen wurden. Die Abbildung 2 zeigt die zufließenden Fahnen:

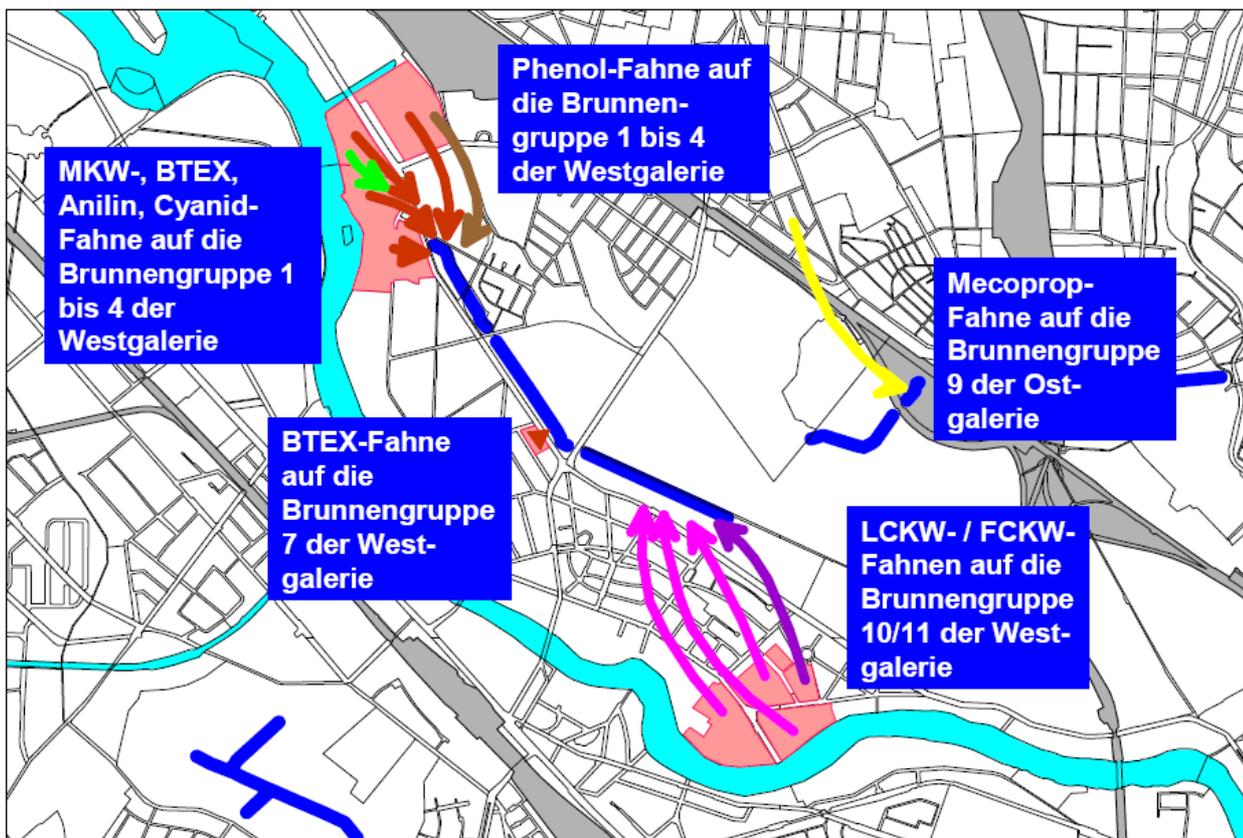


Abbildung 2: Die Wasserwerksgalerien und zufließende Schadstofffahnen

Die Westgalerie wurde im Norden vor allem durch die ehemalige Gaskokerei am Blockdammweg (aliphatische Kohlenwasserstoffe = MKW, Phenole, Naphthalin), die ehemalige Lackfabrik im Westen (BTEX) und durch den Abstrom der Industriegrundstücke im sog. Spreeknie (LCKW, FCKW) bedroht. An der Ostgalerie zeigte sich zunächst keine akute Schädigung. Erst nach der Jahrtausendwende wurde festgestellt, dass auch hier die Grundwasserqualität durch Schadstoffe beeinträchtigt ist.

Da die Schließung des Wasserwerks keine akzeptable Lösung war und ist, musste von Seiten der zuständigen Behörde sofort gehandelt werden. Das Ziel des behördlichen Handelns ist dabei die Sicherung der Trinkwassergewinnung durch das WW Wuhlheide, wobei die Aufbereitung des Rohwassers zu Trinkwasser naturnah erfolgen soll, d.h. allein durch Belüften und Filtrieren. Ein Wasserwerk mit einer „chemischen Fabrik“ zur Aufbereitung des Rohwassers zu Trinkwasser entspricht weder den Vorstellungen der Behörde noch denen der Wasserbetriebe von einer wünschenswerten Wasserversorgung. Aus dieser Zielstellung heraus ergaben sich die Notwendigkeiten, einerseits den weiteren Eintrag der Schadstoffe in den Boden und das Grundwasser zu verhindern (wobei der Nachschub an Schadstoffen teilweise auch durch den Wegfall der Produktion begrenzt wurde), den Abstrom der Schadstoffe vom Eintragsgrundstück durch Sicherung und/oder Sanierung zu ver-

hindern und andererseits direkt vor den gefährdeten Wasserwerksbrunnen abgestömte Schadstofffahnen abzufangen. Die Frage, bis zu welchem Sanierungszielwert das Wasser im Grundwasserleiter gereinigt werden muss, um dieses Ziel zu erreichen, stellte sich in den ersten Jahren erstmal nicht, da die Schadstoffkonzentrationen mit Werten teilweise im Milligramm- und Gramm-Bereich weit jenseits akzeptabler Grenzen lagen und genug zu tun war, die „akuten Gefahrenabwehrmaßnahmen“ zu installieren, nachdem sie in intensiven Verhandlungen mit der BvS als mitfinanzierender Bundesbehörde beschlossen worden waren.

Die Vielzahl der auf den belasteten Grundstücken durchgeführten Maßnahmen kann an dieser Stelle nicht umfassend beschrieben werden. Von daher werden im Folgenden nur die Maßnahmen zur Sicherung und Sanierung des Grundwassers auf den Spreekniegrundstücken und in deren Abstrom (Transferpfad Oberschöne weide), die Problematik an einer Brunnengruppe der Ostgalerie und die jüngste Entwicklung im nördlichen Anstrom der Westgalerie dargestellt. Auf die Bodensanierungen auf den Eintragsgrundstücken, die auch dem Grundwasserschutz dienen, kann hier nicht eingegangen werden.

2. Erkundungs- und Sanierungsmaßnahmen

2.1 Transferpfad Oberschöne weide

Schon nach der Ersterkundung in den Jahren 1992/1993 war klar, dass es sich bei den Grundstücken im Spreeknie, die als Standort der Kabelproduktion, durch eine Batteriefabrik und von der Elektroindustrie genutzt worden waren, um Eintragsbereiche für die LCKW-Fahne handelte, die einige Jahre später auch an den Brunnen der Westgalerie nachgewiesen wurde. Zur Sicherung des Abstroms und zur Sanierung der Quellbereiche wurden Brunnen gebohrt und diese an insgesamt vier Grundwasserreinigungsanlagen (GWRA) angeschlossen. Drei GWRA konnten in der Zwischenzeit aufgrund des guten Erfolgs in den Jahren 2001 und 2002 wieder außer Betrieb genommen werden. Die vierte GWRA läuft bis heute. Das Grundstück, auf dem sie steht, wurde bis zum Jahr 1999 völlig umgestaltet und der Boden saniert. Erst nach dem Abschluss der Baumaßnahmen konnte das Messstellennetz wieder errichtet werden. Bei der Beprobung des neuen Messstellennetzes wurden dann neben den LCKW auch FCKW nachgewiesen, die bei den einige Jahre zuvor gelaufenen Untersuchungen mit den damaligen Analysemethoden noch nicht in der Form nachweisbar gewesen waren. Der FCKW-Nachweis zog in den folgenden Jahren etappenweise weitere Untersuchungen auch in Bereichen nach sich, die zuvor nicht als „belastungsverdächtig“ gegolten hatten und von denen durch eine nachträgliche Recherche in vormals nicht zugänglichen Unterlagen herausgefunden werden konnte, dass sie ehemals zum Industriegrundstück gehört hatten. Schließlich wurde der Grundstücksbesitzerin die Sanierung des Eintragsbereiches angeordnet, woraufhin die südlichste GWRA im Transferpfad errichtet wurde.

Nachdem die GWRA auf den Eintragsgrundstücken in Betrieb gegangen waren, verlagerte sich der Aufgabenschwerpunkt auf den Transferpfad, in dem zunächst die Ausbreitung der Schadstofffahne festgestellt werden musste. Die Abbildung 3 zeigt die Zunahme des Messstellennetzes über die Jahre.

Parallel zum Ausbau des Messnetzes wurden die nächsten GWRA geplant. Priorität besaß dabei das Abfangen der Spitze der Schadstofffahne vor der Brunnengruppe 10. Nach Vorversuchen, welche Aktivkohle sich zur Reinigung des dort anfallenden Grundwassers eignet, wurde die GWRA „An der Wuhlheide“ im Mai 2002 in Betrieb genommen. Leider war der Sanierungsbetrieb einige Zeit unterbrochen, da die Betreiberfirma in Insolvenz ging und die GWRA neu ausgeschrieben werden musste. Die neue GWRA dient bis heute als zuverlässige letzte Sicherung vor der Westgalerie.

In den darauf folgenden Jahren wurden in den Hochlastbereichen des Transferpfades weitere GWRA errichtet. Der Sinn dieser Maßnahmen liegt darin, die Gesamtsanierungsdauer zu verkürzen und die Schadstofffahne möglichst weit im Vorfeld der Wasserwerksbrunnen abzufangen.

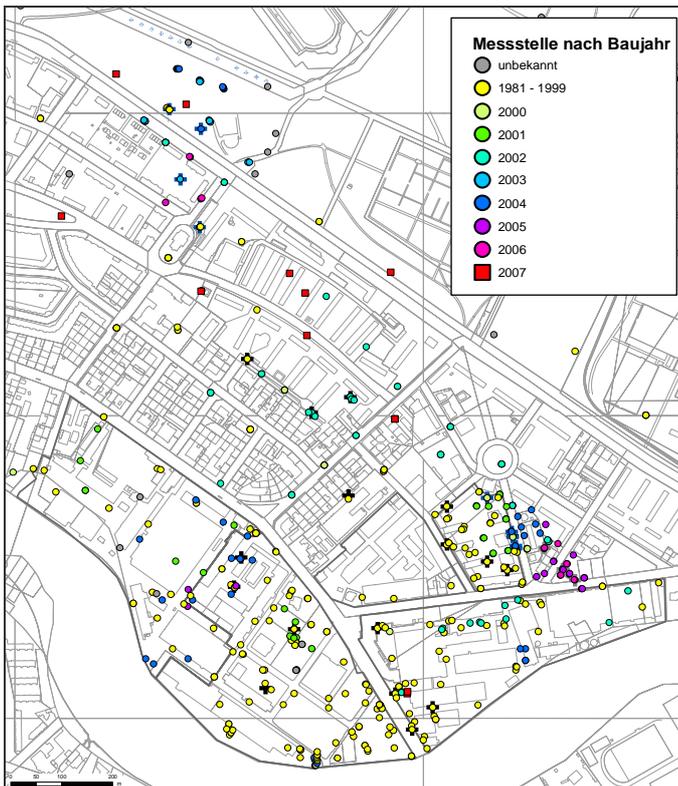


Abbildung 3: Ausbau des Messstellennetzes im Transferpfad Oberschönevide

Durch das regelmäßige halbjährliche Grundwassermonitoring und die monatliche Überwachung der Konzentrationen im Zu- und im Ablauf der GWRA ergibt sich ein Bild über die jeweils aktuelle Kontaminationsausbreitung im Grundwasser und den Sanierungsverlauf. Es zeigte sich, dass sich die LCKW- und die FCKW-Fahnen zwar überlappen, aber nicht deckungsgleich verlaufen. Die FCKW-Fahne verläuft etwas weiter nordöstlich als die LCKW-Fahne. Im Laufe der Jahre wurden an den meisten Messstellen abnehmende Schadstoffkonzentrationen gemessen. Die hydraulischen Sanierungsmaßnahmen erwiesen sich als effektiv. Einen Überblick über die Verbreitung der Schadstofffahne über die Jahre hinweg zeigt die Abbildung 4.

Mit Hilfe von Grundwasserströmungs- und Schadstofftransportmodellen und der Monitoringergebnisse werden die nächsten notwendigen Maßnahmen zur Optimierung der Sanierung abgeleitet. So lässt sich beispielsweise überprüfen, ob die Sanierungsbrunnen an der richtigen Stelle errichtet wurden, ob die Förderrate angepasst werden muss oder ob ggf. ein zusätzlicher Sanierungsbrunnen errichtet und an eine bestehende GWRA angeschlossen werden muss. Es wird auch versucht, anhand dieser Modelle Aussagen über die zukünftige Schadstoffentwicklung unter Berücksichtigung der laufenden hydraulischen Sanierungsmaßnahmen zu treffen. Dabei muss auch das Förderregime des Wasserwerks in die Berechnungen einbezogen werden.

Um ein effektives System aus der Förderung der Wasserwerksbrunnen und der Förderung der Sanierungsbrunnen zu erhalten, bedarf es eines regen Informationsaustausches und Abstimmung zwischen den Wasserbetrieben und unserer Verwaltung. Bei der Prognose der Schadstoffentwicklung wird auch versucht, den mikrobiologischen Abbau der LCKW im Grundwasserleiter mit einzubeziehen.

Dazu wurden verschiedene in-situ-Untersuchungen und Laborexperimente zu Möglichkeiten und Grenzen des mikrobiologischen Abbaus durchgeführt. Für die LCKW konnte im Grundwasserleiter ein mikrobiologischer Abbau nachgewiesen werden, wohingegen die Bakterien selbst unter guten Laborversuchsbedingungen nicht zum Abbau der FCKW zu bewegen waren.

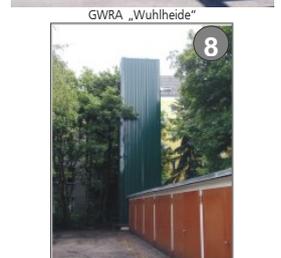
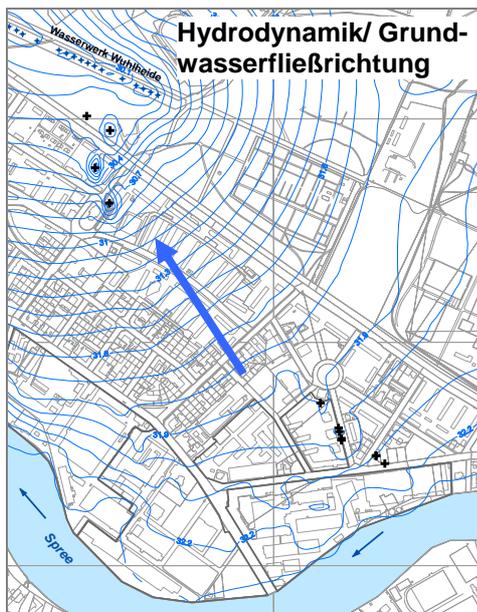
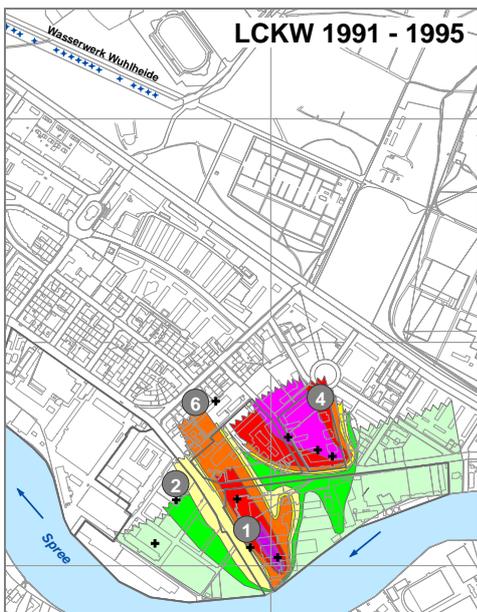


Abbildung 4: Verbreitung der Schadstofffahne im Transferpfad Oberschöneweide in den Jahren 1991 bis 2007

2.2 Ostgalerie

Im Gegensatz zur Westgalerie gehört der Einzugsbereich der Ostgalerie nicht zum Großprojekt. Die Maßnahmen, die in diesem Bereich durchgeführt werden, bedürfen demzufolge keinerlei Absprachen mit der BvS, müssen dafür aber auch allein durch das Land Berlin finanziert werden.

Im Jahr 2002 wurden bei einer Routinebeprobung im Umfeld der Brunnengruppe 9 der Ostgalerie die Herbizide Mecoprop und in geringerem Maße auch Dichlorprop nachgewiesen. Die Konzentrationen lagen zwar um Größenordnungen unter den Konzentrationen der Industriechemikalien, die die Westgalerie bedrohten, aber immerhin noch so deutlich oberhalb des Grenzwertes der Trinkwasserverordnung, dass von Seiten der Behörde eine sofortige Gefahrenabwehrmaßnahme beschlossen wurde.

Die belasteten Brunnen wurden zu Sanierungsbrunnen umgebaut und an eine dafür neu errichtete GWRA angeschlossen. Das gereinigte Wasser kann dann, sofern es keimfrei ist (was meistens der Fall ist), in die Rohwasserleitung eingespeist und zur Trinkwasseraufbereitung genutzt werden.

Parallel zur Planung und dem Aufbau der GWRA wurde die Herkunft und die Ausbreitung der ankommenden Herbizid-Fahne erkundet. Während im Bereich des Transferpfades an der Westgalerie die Verbindung zwischen Verdachtsfläche, Eintragsort und dem Ankommen der Schadstoffe an der Brunnengalerie relativ klar war, musste an der Ostgalerie zunächst eine historische Recherche zu möglichen Eintragsflächen unter Berücksichtigung auch früherer Grundwasserfließrichtungen erfolgen. Es wurden zwar mehrere Verdachtsflächen recherchiert, doch ergaben die durchgeführten Grundwasseruntersuchungen bisher keinen eindeutigen Eintragsort oder Verursacher.

Die Mecoprop-Belastung scheint eine relativ schmale Fahne zu sein, die ihren Ausgangspunkt vermutlich auf einem ehemals militärisch genutzten Grundstück im nördlichen Anstrom hat. Die Eingrenzung der Fahne wird dadurch erschwert, dass die Belastung ziemlich gering ist und Mecoprop für die meisten Labore nicht zu den routinemäßig untersuchten Parametern gehört, so dass analytische Probleme nicht ausgeschlossen werden können. In diesem Jahr sollen die geplanten Untersuchungen im näheren Anstrombereich durchgeführt werden, um zu klären, ob die Sanierungsmaßnahme in diesem Bereich optimiert werden kann. Die Mecoprop- und Dichlorprop-Konzentrationen im weiter nördlich liegenden Einzugsbereich liegen deutlich unter 10 µg/l. Nach derzeitigem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass der Hauptbelastungsbereich im näheren Einzugsbereich der Brunnengruppe 9 liegt.

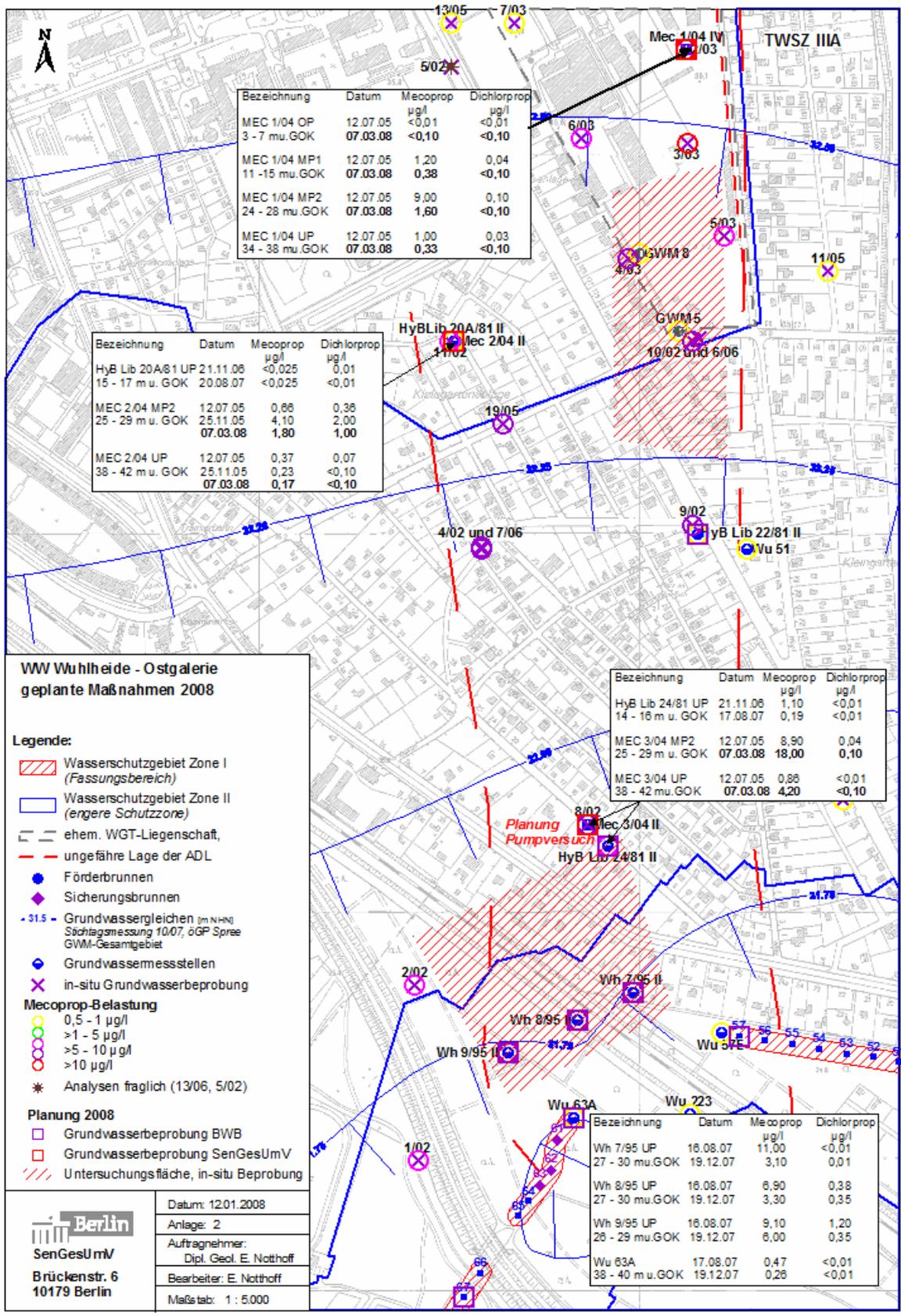


Abbildung 5: Verbreitung der Schadstofffahne im Einzugsbereich der Ostgalerie

2.3 Nördlicher Anstrom der Westgalerie

Auch detaillierte Kenntnisse über die Historie des Einzugsgebietes und umfangreiche Messkampagnen schützen einen manchmal nicht vor unliebsamen Überraschungen. So wurde Anfang dieses Jahres die Behörde von den Wasserbetrieben darüber informiert, dass in der nördlichsten Brunnengruppe der Westgalerie per Zufall Anilin-Verbindungen gefunden wurden.

Wie nach dem Herbizid-Fund an der Ostgalerie im Jahr 2002 so wurden auch jetzt von der Behörde sofort parallel Untersuchungen des Grundwassers im Einzugsbereich und die Planung einer Gefahrenabwehrmaßnahme an den betroffenen Brunnen eingeleitet. Für die Grundwasseruntersuchungen wurden zunächst die vorhandenen, tiefer verfilterten Messstellen im nordöstlichen Einzugsbereich beprobt. Im nordwestlichen Einzugsbereich sind geeignete, tief verfilterte Messstellen nicht vorhanden und müssen erst errichtet werden.

Nach den bisher vorliegenden Daten wird vermutet, dass die Grundwasserbelastung durch die Anilin-Verbindungen der Rest einer alten, inzwischen abgerissenen Fahne von einem weit im Norden liegenden Grundstück sein könnte. Es ist das einzige Grundstück, auf dem die Anilin-Verbindungen bisher auf Grund der ehemaligen Nutzung bekanntermaßen eingetragen und nachgewiesen wurden. Es diente vor dem 2. Weltkrieg als Produktionsstandort der Fotochemikalien- und Farbenherstellung, liegt jedoch außerhalb des Einzugsbereiches der Westgalerie und zeigt heutzutage eine westliche, keine südliche Grundwasserfließrichtung. Nach einer alten Kartengrundlage könnte das Grundstück möglicherweise ehemals zumindest teilweise im Einzugsbereich gelegen haben.

Als Gefahrenabwehrmaßnahme ist zunächst das Abschlagen des Wassers der belasteten Brunnen in den Regenwasserkanal vorgesehen, bis die GWRA aufgebaut ist. Zunächst müssen die Brunnen vom Heberleitungsbetrieb auf eine Eigenförderung umgestellt und dementsprechende Pumpen eingebaut werden. Es ist geplant, die GWRA im Herbst dieses Jahres in Betrieb zu nehmen.

Nach dem Auffinden der Anilin-Verbindungen in den Wasserwerksbrunnen wurden diese sofort außer Betrieb genommen. Damit verringerte sich auch die Menge des für die Wasserbetriebe nutzbaren Grundwassers. Allerdings wird die betroffene Brunnengalerie mittelfristig ohnehin einem geplanten Straßenneubau zum Opfer fallen. Die Gefahrenabwehrmaßnahme ist unabhängig davon erforderlich, um ein Verschleppen der Schadstoffe zu den weiter südlich gelegenen Galerien zu verhindern, aus denen langfristig Rohwasser zur Trinkwasseraufbereitung gewonnen werden soll.

3. Überblick über alle Grundwassersanierungsmaßnahmen und Ausblick

Zur Sicherung des WW Wuhlheide gab es bisher 14 Grundwassersanierungsmaßnahmen. Acht GWRAs laufen zurzeit, eine befindet sich gerade in Planung, und fünf Maßnahmen konnten erfolgreich beendet werden.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über alle Grundwasserreinigungsanlagen, die bisher im Bereich des Wasserwerkes betrieben werden, worden sind und zukünftig betrieben werden.

Name der GWRA	Standort, Gefahr für	Schadstoffe	Laufzeit	durchschnittliche Förderrate m ³ /h	Anzahl der Brunnen *	entfernte Schadstoffmenge/kg bis Ende 2007
ehem. Gaskokerei	Eintragsort, BrGr. 5, 6	MKW, BTXE, PAK Phenole, Cyanide	ab 1992 ab 1997 erweitert	105	10	41 t MKW, 1,2 t Teer, 2,3 t Naphthalin 17,5 t Alkylphenole, 7,8 t BTXE, 0,3 t Cyanide
Am Walde	Fahnenspitze, BrGr 5, 6	Anilin	geplant Sept. 2008	70	3	0
HGS	Eintragsort, BrGr 7	BTXE, TMB	1995 - laufend	28	7	3.941 **
TRO	Eintragsort	MKW	1996 - laufend	2	6	138 m ³
KWO	Eintragsort, BrGr. 10,11	LCKW, BTXE	1995 - 2001 Juli - Nov. 2005		3 2	78 LCKW 33 BTXE
BAE	Eintragsort ?, BrGr. 10,11 südlicher Transferpfad	LCKW	1995 - 2001	13,5	1	496
Samsung	Eintragsort, BrGr. 10,11	LCKW	1995 - 2001	41	4	595
TGS	Eintragsort, BrGr. 10,11	LCKW, BTXE, FCKW	1995 - laufend	20	5	426 LCKW 1.924 FCKW 348 BTXE
Steffelbauerstraße	Eintragsort, BrGr. 10,11	FCKW	Okt. 2007 - laufend	11	4	80
Kottmeierstraße	südlicher Transferpfad BrGr. 10,11	LCKW, FCKW	2003 - 2006	40	2	211 LCKW 241 FCKW
OSW2/98	mittlerer Transferpfad BrGr. 10,11	LCKW	Aug. 2000 - 2004	3,5	1	87
Christuskirche	nördlicher Transferpfad BrGr. 10,11	LCKW, FCKW	Sept. 2005 - laufend	70	3	95 LCKW 43 FCKW
An der Wuhlheide	Fahnenspitze BrGr. 10,11	LCKW, FCKW	Mai 2002 - laufend	50	2	366 LCKW 155 FCKW
Ostgalerie	Fahnenspitze, BrGr. 9	Mecoprop	Feb. 2003 - laufend	60	4	6,4
Summe				z. Z. gefördert: 346	z. Z. betrieben: 35	1.858 LCKW 2.363 FCKW 12.122 BTXE

* max. Anzahl gleichzeitig betriebener Brunnen

** aus der Zeit vor 2002 fehlt die TMB-Menge

Tabelle 1: Grundwasserreinigungsanlagen im Einzugsbereich des Wasserwerkes Wuhlheide

Obwohl gegenwärtig noch keine genaue Aussage über die Zeitdauer der Sanierung getroffen werden kann und sich die Projektgruppe, die aus der zuständigen Landesbehörde (SenGesUmV) und der den Bund vertretenden BvS besteht, noch auf keine Sanierungszielwerte in der näheren und fernerer Umgebung der Brunnengalerien geeinigt hat, kann mit Sicherheit davon ausgegangen werden, dass die Sicherung des Wasserwerkes vor den Schadstofffahnen so lange fortgeführt wird, bis gefahrlos auf eine weitere Sanierung verzichtet werden kann. Gefahrlos bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung im unmittelbaren Förderbereich nachhaltig eingehalten werden. Die naturwissenschaftliche Ableitung, welche Sanierungszielwerte dafür im Vorfeld der Galerien erreicht werden müssen, ist noch nicht erfolgt. Dafür fehlen u. a. noch genauere Aussagen zum natürlichen Abbau der Schadstofffahne auf dem Transferpfad, an denen zurzeit gearbeitet wird. Unter Berücksichtigung des biotischen und abiotischen Abbaus der Schadstoffe und der Dispersion im Grundwasserleiter ist es denkbar, dass je nach Entfernung zur Brunnengalerie unterschiedliche Sanierungszielwerte festgelegt werden könnten. Die Diskussion zu diesem Thema ist noch nicht abgeschlossen.

Für die Zukunft wird geschätzt, dass in den nächsten Jahren bereits die der unmittelbaren Sicherung dienende GWRA an der Wuhlheide außer Betrieb genommen werden kann, da die LCKW- und FCKW-Werte für die Einzelstoffe schon heute sehr gering sind (bei 10 µg/l). Zu Beginn der Maßnahme lagen sie bei bis zu 400 µg/l.

Die Sanierungs- und Sicherungsstrategien im Anstrombereich des Wasserwerkes Johannisthal in Hinblick auf dessen Wiederinbetriebnahme

Dipl.-Geogr. Frank Rauch, Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz

1. Kurzbeschreibung des Wasserwerkes Johannisthal

Das Wasserwerk Johannisthal ist Teil eines zusammenhängenden, durch die Wasserwerke Kaulsdorf, Wuhlheide und Johannisthal gemeinsam genutzten innerstädtischen Grundwassereinzugsgebietes im Südosten Berlins. Das unterirdische Einzugsgebiet konzentriert sich auf die Stadtbezirke Treptow-Köpenick und Neukölln sowie auf Teile der Teltowhochfläche im Land Brandenburg. Aufgrund einer deutlichen Reduzierung der Rohwasserförderung und des gesunkenen privaten und gewerblichen Trinkwasserbedarfs ab 1991 um ca. 30%, in Zahlen ausgedrückt von 306 Mio. m³ (1991) auf etwa 200 Mio. m³ (2007), kam es in dieser Zeit zu Stilllegungen sowie zur Reduzierung der Förderleistung einer Vielzahl von Berliner Wasserwerken. Aus diesem Grund und zur Unterstützung der Altlastensanierungsaktivitäten im nahen und weiteren Umfeld des Wasserwerkes Johannisthal erfolgte im Jahre 2001 seine befristete Außerbetriebnahme aus der öffentlichen Trinkwasserversorgung. Zur Gewährleistung der initiierten hydraulischen Gefahrenabwehrmaßnahmen und zur Sicherstellung siedlungsverträglicher Grundwasserstände gemäß der Verordnung über die Steuerung der Grundwassergüte und des Grundwasserstandes (Grundwassersteuerverordnung – GruWaSteuV vom 27. Oktober 2001) werden durchschnittlich etwa 37.000 m³ Wasser pro Tag, entsprechend 13,5 Mio. m³ pro Jahr, gefördert. Die gehobenen kontaminierten Wässer gelangen in dafür ausgelegte Grundwasserreinigungsanlagen und nach Aufbereitung in die Oberflächengewässer Spree und Teltowkanal.



Abbildung 1: Wasserwerk Johannisthal um 1903 (aus: Wasser für Berlin, Verlag für Bauwesen, Berlin, 1997)

Die folgende Aufstellung beschreibt die chronologisch geordneten Eckdaten der historischen Entwicklung des Wasserwerkes Johannisthal:

- Inbetriebnahme im Jahr 1901 mit 26 Förderbrunnen und zwei Heberleitungen.
- Kapazität: 15.000 m³/d im Bereich des Teltowkanals.
- 1908/09: Steigerung der Förderkapazität auf 30.000 m³/d.

- 1925/27: Errichtung von 26 Heberleitungsbrunnen – Galerie „Alte Königsheide“, Kapazitätserweiterung auf 80.000 m³/d.
- 1942/43: Bau einer offenen Schnellfilterhalle mit Belüftung.
- 1962/67: Errichtung von 75 Heberleitungsbrunnen – Galerie „Neue Königsheide“.
- 1979/81: wegen geringer Ergiebigkeit und mangelnder Grundwasserqualität wurden 45 Brunnen der Galerie „Neue Königsheide“ und ab 1983 alle Brunnen der Galerie „Alte Königsheide“ neu gebohrt.
- 1989: wurden die ersten 20 Brunnen der Galerie „Am Teltowkanal“ als eigenbewirtschaftete Brunnen mit Unterwassermotorpumpen ausgerüstet.
- 1990: begann eine massive Verringerung der Förderkapazitäten wegen schlechter Grundwasserqualität und rückläufigem Trinkwasserverbrauch. Komplette Schließung der Galerie „Alte Königsheide“ (1991) und ständige Verringerung der Förderleistung der Galerie „Am Teltowkanal“ bis zur kompletten Abschaltung im Jahr 1999.
- 1995–2000: Umrüstung der Fördergalerie „Neue Königsheide“ zu 27 eigenbewirtschafteten Brunnen.
- III/IV. Quartal 2001: Einstellung der Trinkwasserproduktion und Beginn des Grundwasserbewirtschaftungsmanagements (Betrieb von max. 20 Brunnen der Fördergalerien „Neue Königsheide“ und „Am Teltowkanal“ durch die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, jetzt Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz).
- 2014: geplante Wiederinbetriebnahme des Wasserwerkes zu Trinkwasserzwecken gemäß Wasserversorgungskonzept.
- Bilanzierter Grundwasservorrat (Q 365): 65.000 m³/d.

2. Aktuelle Kontaminationssituation im Einzugsgebiet des Wasserwerkes Johannisthal

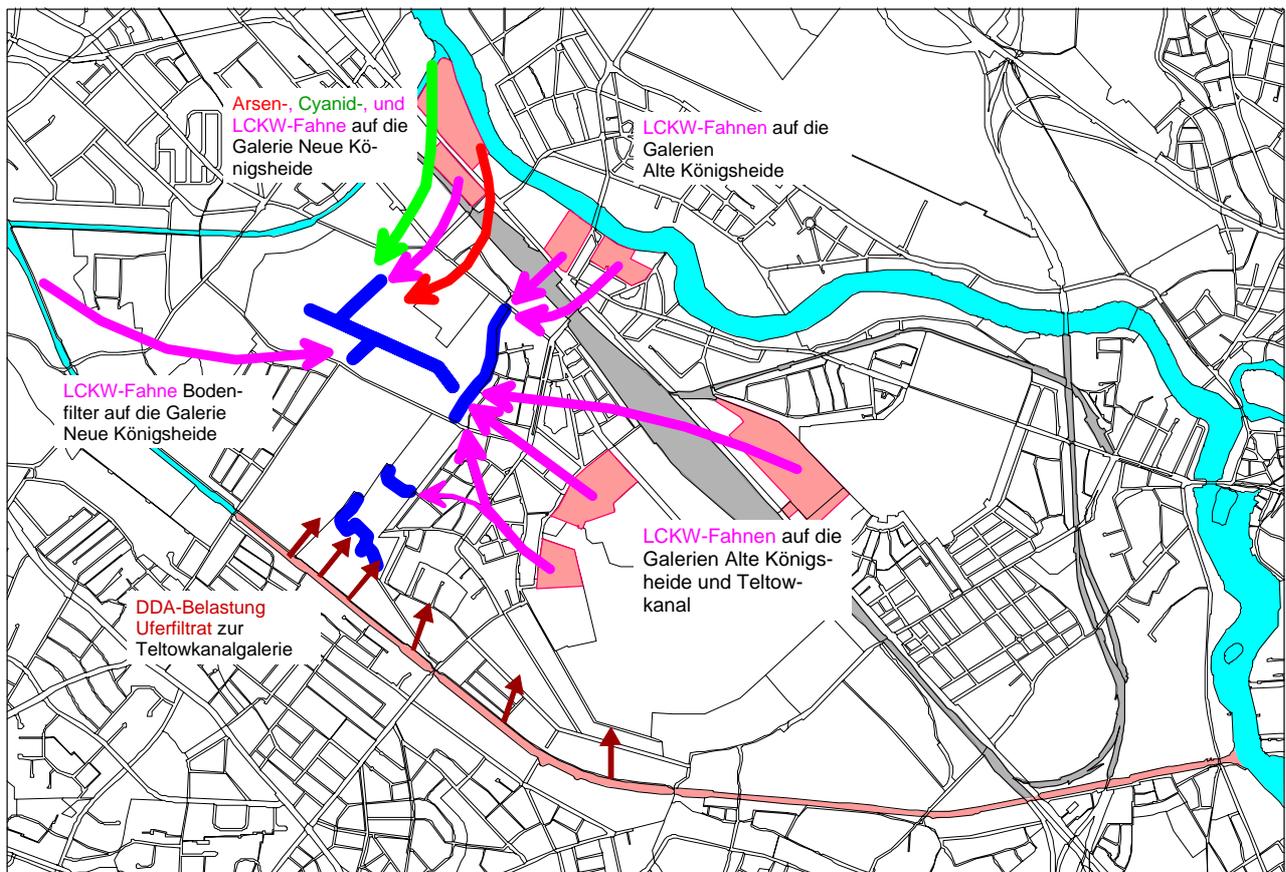


Abbildung 2: Gesamtübersicht über die Kontaminationssituation im Einzugsgebiet des Wasserwerkes Johannisthal

2.1 Teilsanierungsgebiet 4 (TSG 4) – Neue Königsheide Nord

Das Teilsanierungsgebiet 4, das den nordwestlichen Teil des unterirdischen Einzugsgebietes repräsentiert, wird durch zwei Altlastengrundstücke geprägt, die einen erheblichen qualitativen Einfluss auf die Grundwassergüte der Entnahmebrunnen der Fördergalerie „Neue Königsheide“ (Nordabschnitt) besitzen. Dabei handelt es sich um einen Standort der Chemischen Industrie (vornehmlich Farbenproduktion) sowie um einen Standort zur Herstellung technischer Gase. Die auf diesen Grundstücken eingetragenen Wasserschadstoffe, anorganische Arsen- und Cyanidverbindungen und leichtflüchtig chlorierte Kohlenwasserstoffe, lokal auch polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW) und monoaromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX) wurden mit dem Grundwasser in Richtung der aktiven Förderbrunnen der Galerie „Neue Königsheide“ verlagert und stellten über einen langen Zeitraum eine akute Gefahr für den Wasserwerksbetrieb dar. Die grundstücksbezogenen Sicherungs- und Sanierungsmassnahmen auf den Eintragsgrundstücken bewirkten seit 1994 eine nachhaltige Sicherung bzw. Reduzierung des Schadstoffpotentials im Transfergebiet.

Diese positive Entwicklung veranlasste im Jahr 2005 die Projektgruppe Berlin, eine Modifizierung der hydraulischen Gefahrenabwehrmaßnahmen vorzunehmen. Diese sieht als Vorzugsvariante die Integration der LCKW-Restsanierung des Grundstückes der Technischen Gase über die Sicherungsgalerie an der Schnellerstraße, die für die hydraulische Sicherung des Chemiestandortes betrieben wird, vor. Da der durch seine flächenhafte Verteilung seiner Primärkontaminanten Cyanide und Arsen gekennzeichnete Farbenstandort (Fläche: 140.000 m², Schadstoffnachweis im Bodensubstrat bis zu 10 m u. GOK) grundsätzlich nur langfristig und umfassend gesichert werden kann, wurde eine östliche Erweiterung der hydraulischen Abwehrgalerie durch zwei zusätzliche Abwehrbrunnen vorgenommen. Ergänzt wurde das hydraulische Sicherungskonzept durch eine Kapazitätserweiterung der GWRA und die Einbeziehung einer LCKW–Dekontaminationsstufe. Mit diesem neuen technologischen Ansatz konnten wesentliche Kosten eingespart werden. Bis auf die Versiegelung einer etwa 70.000 m² umfassenden Fläche des Bundes sind alle weiteren Elemente der Grundstückssicherung, zu denen:

- die Installation einer etwa 1.000 m langen und max. 32 m tiefen Dichtwand (ausgebildet als Einphasenschlitzwand) an der grundwasseranstromigen Grundstücksgrenze zur Minimierung des Uferfiltrateinflusses der Spree und des Britzer Zweigkanals,
- die Abdeckung einer etwa 55.000 m³ umfassenden hoch kontaminierten Restprodukthalde mittels KDB als Hauptsicherungselement,
- die Versiegelung der ungesättigten Bodenzone auf etwa 60.000 m² im Bereich der Verkehrsflächen mit einem bituminösen Oberflächenaufbau nach Bauklasse III bzw. IV, im Bereich von Grünflächen mittels KDB und Baumbestandsoptimierung sowie Bodenverbesserungsmaßnahmen

gehören, in den letzten 12 Jahren kontinuierlich umgesetzt worden.

Für die Grundstücke der Farbenchemie und der technischen Gase wurden seit 1991 Erkundungskosten in Höhe von 1,285 Mio. EUR und Sanierungskosten in Höhe von 21,83 Mio. EUR aufgewandt.

2.2 Teilsanierungsgebiet 5 (TSG 5) – Alte Königsheide Nord

Hauptbelastungsschwerpunkte des östlich angrenzenden Teilsanierungsgebietes 5 sind zwei Grundstücke der metallverarbeitenden Industrie. Insbesondere auf dem Standort der Berliner Metallhütten (BMHW), Werkteil 2 wurden größere Menge an chlorierten Kohlenwasserstoffen eingetragen. Die Verlagerung der LCKW–Verbindungen in Richtung der bis zum Jahr 1991 aktiven Förderbrunnen der Wasserwerksgalerie „Alte Königsheide“ (Nordteil) konnte nachgewiesen werden. Der Eintrag von chlorierten Kohlenwasserstoffen auf dem Grundstück BMHW, Werkteil 1 ist im Gegensatz dazu von der Menge gering, dessen Ausbreitung mit dem Grundwasserstrom nur lokal. Andere im Boden und im Grundwasser nachgewiesene Schadstoffe sind u.a. Schwermetall-/Metallverbindungen, Cyanide, PAK und MKW. Diese Stoffe sind im Wesentlichen an die für das Berliner Urstromtal typische Auffüllschicht gebunden. Beide Grundstücke unterliegen regelmäßigen, etwa halbjährlichen Grundwasseruntersuchungen. Die in den Jahren 1997 bis 1998 durchgeführten vorgezogenen akuten Sanierungsmaßnahmen auf dem Eintragsgrundstück BMHW, Werkteil 2 (Grundwasser- und Bodenluftsa-

nierung) erbrachte nur eine vorübergehende Reduzierung des Schadstoffpotentials. Da sich im Hauptquellbereich einer ehemaligen TRI-Entfettungsanlage durch das eingesetzte hydraulische Sanierungsverfahren keine nachhaltige Reduzierung der LCKW-Verbindungen in der Bodenluft und im Grundwasser nachweisen ließ, wurde im Jahr 2005 die Beseitigung der Eintragsquelle durch einen kleinräumigen Bodenaushub (Rückbau gefahrenträchtiger Altanlagen, lokaler Bodenaushub) vorgenommen. Mit den für das Jahr 2008 und Folgejahre geplanten Neuinvestitionen (Verkaufsflächen, Uferwanderweg) auf diesem Grundstücksteil ist beabsichtigt, die am Standort noch vorhandenen grundwasser verfügbaren Restschäden im Boden und Grundwasser baubegleitend zu sanieren. Für die Entwicklung des Grundstücksteils 1, die nach dem aktuellen Flächennutzungsplan von Berlin eine Wohnnutzung vorsieht, ist aufgrund der in den obersten Bodenmetern vorhandenen hohen Schwermetallkonzentrationen der Schutzgutpfad Boden-Mensch vorrangig in die Gefahrenbewertung und in die aktiven Sanierungsmaßnahmen mit einzubeziehen. Für die Grundstücke BMHW 1 und BMHW 2 wurden seit dem Jahr 1991 Erkundungskosten in Höhe von 0,12 Mio. EUR und Sanierungskosten von etwa 0,36 Mio. EUR finanziert.

2.3 Teilsanierungsgebiet 7 (TSG 7) – Alte Königsheide Süd

In diesem Teilsanierungsgebiet gibt es drei Altlastengrundstücke, die einen starken Einfluss auf die Grundwasserbelastung im östlichen Einzugsgebiet der Fördergalerien „Neue Königsheide“ und „Am Teltowkanal“ (Nordabschnitt) besitzen: den ehemaligen Standort der Kühlautomat Berlin GmbH, die Flächen des ehemaligen Medizinischen Gerätebaus sowie des ehemaligen Reichsbahnausbesserungswerkes der Deutschen Bahn AG. Auf den Grundstücken wurden hauptsächlich große Mengen an leichtflüchtig chlorierten Kohlenwasserstoffen eingetragen. Dabei haben sich die Lösemittelverbindungen bis zu den Rohwasserentnahmebrunnen des WW Johannisthal verlagert und die seit 1991 nicht mehr aktive Fördergalerie „Alte Königsheide“ massiv geschädigt. Darüber hinaus befinden sich auf dem Kühlautomat-Gelände lokale MKW-Belastungen im Boden und im oberflächennahen Grundwasser, wobei die Phasenbildung, auch aufgrund des Vorhandensein von Lösungsvermittlern, verhältnismäßig gering ist. Durch eine große Anzahl von grundstücksbezogenen Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen wurde das an den drei Standorten vorhandene Kontaminationspotential seit 1995 deutlich reduziert. Dazu zählen u.a. der Betrieb von vier Grundwasserreinigungsanlagen und der Einsatz von sieben Bodenluftabsauganlagen. Auf allen drei Standorten müssen die hydraulischen Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen fortgeführt werden. Im Einzelnen stellt sich die Grundstückssituation wie folgt dar:

Auf dem Standort des ehemaligen Medizinischen Gerätebaus ist die hydraulische Sanierung und Sicherung am weitesten fortgeschritten. Die klar konturierte Eintragsquelle wird aktuell durch unterstützende in-situ-Maßnahmen mittels Airsparging-Technologie saniert. Die lokalen hydrogeologischen Randbedingungen, die Schadstoffverteilungssituation im Boden und Grundwasser, die technische Ausführung und der bisherige Sanierungsverlauf werden in einem nachfolgenden Vortrag behandelt. Bis Ende 2007 wurden insgesamt 1,64 Mio. EUR für Erkundungs- und Sanierungsmaßnahmen durch den Bund und das Land Berlin finanziert.

Der etwa 180.000 m² große ehemalige Standort der Kühlautomat Berlin GmbH wurde im Jahre 2001 an die Alteigentümer rückübertragen. Da seit diesem Zeitpunkt keine Investitionen für die Grundstücksentwicklung vorgenommen wurden, konzentrieren sich die Gefahrenabwehrmaßnahmen auf eine hydraulische Sicherung und Sanierung an der abstromigen Grundstücksgrenze sowie in den Quellbereichen. Die Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit erfolgt auch hier zweimal im Jahr. Nur durch eine sinnvolle Verknüpfung von Abbruch- und Neubauaktivitäten mit gezielter Boden- und Grundwassersanierung in den LCKW-Quellbereichen kann ein nachhaltiger Sanierungserfolg sichergestellt werden. Es ist absehbar, dass die ausschließlich angewandten hydraulischen Techniken die Sanierungsziele nicht erreichen lassen. Bis Ende 2001 wurden durch Bund und Land insgesamt 1,89 Mio. EUR für Erkundungs-, Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen ausgegeben.

Das ehemalige Reichsbahnausbesserungswerk (heute S-Bahn-Hauptwerkstatt) der Deutschen Bahn AG wird mittel- bis langfristig hydraulisch an der abstromigen Grundstücksgrenze gesichert. Die Sicherungsmaßnahmen begannen im Sommer 1997. Aktive Sanierungen im Schadenszentrum sind wegen der spezifischen Standortsituation

tuation technisch nicht umsetzbar. Erst bei einer Umnutzung, die mit einer kompletten Beseitigung der aufstehenden Gebäude und aller gefahrenträchtigen Altanlagen einhergeht, ist ein Sanierungsszenario zu planen, das eine optimierte Frachtbeseitigung zum Ziel hat. Für den LCKW-Schaden, der sich schon über die Grundstücksgrenze hinaus in Richtung Wasserwerk Johannisthal verlagert hat, sieht das Sanierungskonzept eine einmalige Unterbrechung bzw. Fassung der Fahne an der westlichen Grundstücksgrenze des Betriebsbahnhofes Schöneweide (Bilanzlinie 1) und die Sicherung am Wasserwerk vor. Nach einer detaillierten Nachweisführung zu den Ausbreitungsmechanismen der LCKW-Verlagerung finanziert die DB AG seit 2005 die hydraulische Sicherung am Wasserwerk Johannisthal (Grundwasserreinigungsanlage 1) mit. Der monetäre Anteil der DB AG an der Wasserwerkssicherung richtet sich dabei nach dem Frachtanteil der RAW-Fahne im Vergleich zu den LCKW-Frachten des Kühlautomat- und MGB-Abstroms und den prognostizierten Verlagerungszeiten im Transfer unter Zugrundelegung der zeitlichen Umsetzung der einzelgrundstücksbezogenen Sanierungsmaßnahmen. Für die Grundstückssicherung und die Fahnenanierung wurden öffentlich-rechtliche Verträge zwischen der Senatsverwaltung und der DB AG in den Jahren 2007 und 2008 vereinbart. Der Beginn der hydraulischen Aktivitäten im Bereich der Bilanzlinie 1 mit Betrieb einer GWRA von ca. 70 m³/h ist im 3. Quartal 2008 vorgesehen.

2.4 Uferfiltrat Teltowkanal und Bodenfilter BAB 113

In den Jahren 1993 bis 1999 wurde ein ca. 4 km langer Abschnitt des Teltowkanals (Beginn Dahmemündung bis zur ehemaligen innerdeutschen Grenze, Abschnitt Rudow Ost) entschlammt. Dabei sind etwa 65.000 t hoch kontaminierte Schlämme entfernt worden. Die Organochlorpestizide (HCH- und DDT-Verbindungen) bildeten das Hauptschadstoffpotential. Es wurden aber auch Belastungen durch PCB, MKW, Schwermetall- und Metallverbindungen bei den Untersuchungen analysiert. Da vor allem die unmittelbar am Teltowkanal gelegenen Brunnen der gleichnamigen Galerie des Wasserwerkes Johannisthal durch die DDT-(DDA) und HCH-Verbindungen geschädigt wurden, machte sich die Dekontamination dieses stark belasteten Abschnittes erforderlich. Nur mit einer vollständigen Entfernung des Schlammes ließ sich das Gefahrenpotential dauerhaft reduzieren.

Ein in den Jahren 2006 bis 2008 durchgeführtes universitäres Forschungsprojekt, das u. a. die Ermittlung des aktuellen Restpotentials an Organochlorpestiziden im Teltowkanal mittels Geophysik und Sedimentgewinnung, die Darstellung der Mobilität der DDT/DDA-Verbindungen und deren biologisches Abbauverhalten beinhaltet, soll das Restrisiko durch DDA-Verbindungen für die Trinkwasseraufbereitung nach Wiederinbetriebnahme des Wasserwerk im südlichen Transferbereich beschreiben und mögliche Erfordernisse der Gefahrenabwehr aufzeigen.

Aus westlicher Richtung erreicht seit mehreren Jahren eine weitere LCKW-Schadstofffahne den südwestlichen Teil der Galerie „Neue Königsheide“. Dieser Lösemittelschaden wurde im Jahr 2003 beim Bau der Autobahn A100/A113 am Teltowkanal erkundet. Durch eine Vielzahl von Detailerkundungsmaßnahmen konnten zwei potentielle Emissionsbereiche westlich des Teltowkanals im Bezirk Neukölln ermittelt werden. Die relativ geringen LCKW-Belastungen in den Brunnen der Galerie „Neue Königsheide“ ergaben kein akutes Sicherungserfordernis am Wasserwerk. Das geförderte Wasser weist LCKW-Konzentrationen unter dem Einleitwert für die Berliner Oberflächengewässer auf. Mit der Konkretisierung der Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen auf den Eintragsgrundstücken und im Transfergebiet werden im 2. Halbjahr 2008 die aktiven Sanierungsmaßnahmen durch die Senatsverwaltung vorbereitet.

3. Chronologische Darstellung der Gefahrenabwehrmaßnahmen am Wasserwerk

3.1 Sachstand zum Jahr 1991

Bei Routineuntersuchungen des Reinwassers im Wasserwerk wurden 1991 erhebliche Verunreinigungen durch cis-1,2-Dichlorethen analysiert. Der Belastungsschwerpunkt konzentrierte sich zwischen den Brunnen 1 bis 10 auf die Galerie „Alte Königsheide“. Die gemessenen Konzentrationen betragen bis 380 $\mu\text{g/l}$ Summe LCKW. Grundwassermessstellen in unmittelbarer Nähe der Förderbrunnen zeigten Gehalte bis zu 1.600 $\mu\text{g/l}$ cis-1,2-Dichlorethen und 200 $\mu\text{g/l}$ Monochlorethen (VC) an. Die ersten Maßnahmen zum Erhalt des Wasserwerkes und zur Abwendung von Gefahren für die Allgemeinheit gliederten sich wie folgt:

1. Komplette Schließung der Galerie „Alte Königsheide“ (30 Heberleitungsbrunnen mit einer Kapazität von ca. 10.000 m^3/d).
2. Parallel dazu: Umrüstung von sieben Heberleitungsbrunnen im Bereich der Altbrunnen 1 bis 10 zu eigenbewirtschafteten Sicherungsbrunnen.
3. Im Anschluss: Förderung und Ableitung von ca. 6.000 m^3/d ungereinigten Grundwassers in die Regenwasserkanalisation (Kannegraben).

Gütekontrollen der anderen Galerien (Sammelleitung „Neue Königsheide“, Einzelbrunnen-Galerie „Am Teltowkanal“) durch die Berliner Wasserbetriebe auf alle im Einzugsbereich relevanten Schadstoffparameter (LCKW, BTEX, Chlorbenzole, OCP, Cyanide, Arsen) ergaben im September 1991 lokale Auffälligkeiten in Einzelbrunnen bzw. Brunnenabschnitten und Messstellen. Nach Umsetzung der o.g. Sofortmaßnahmen konnten die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung wieder eingehalten werden.

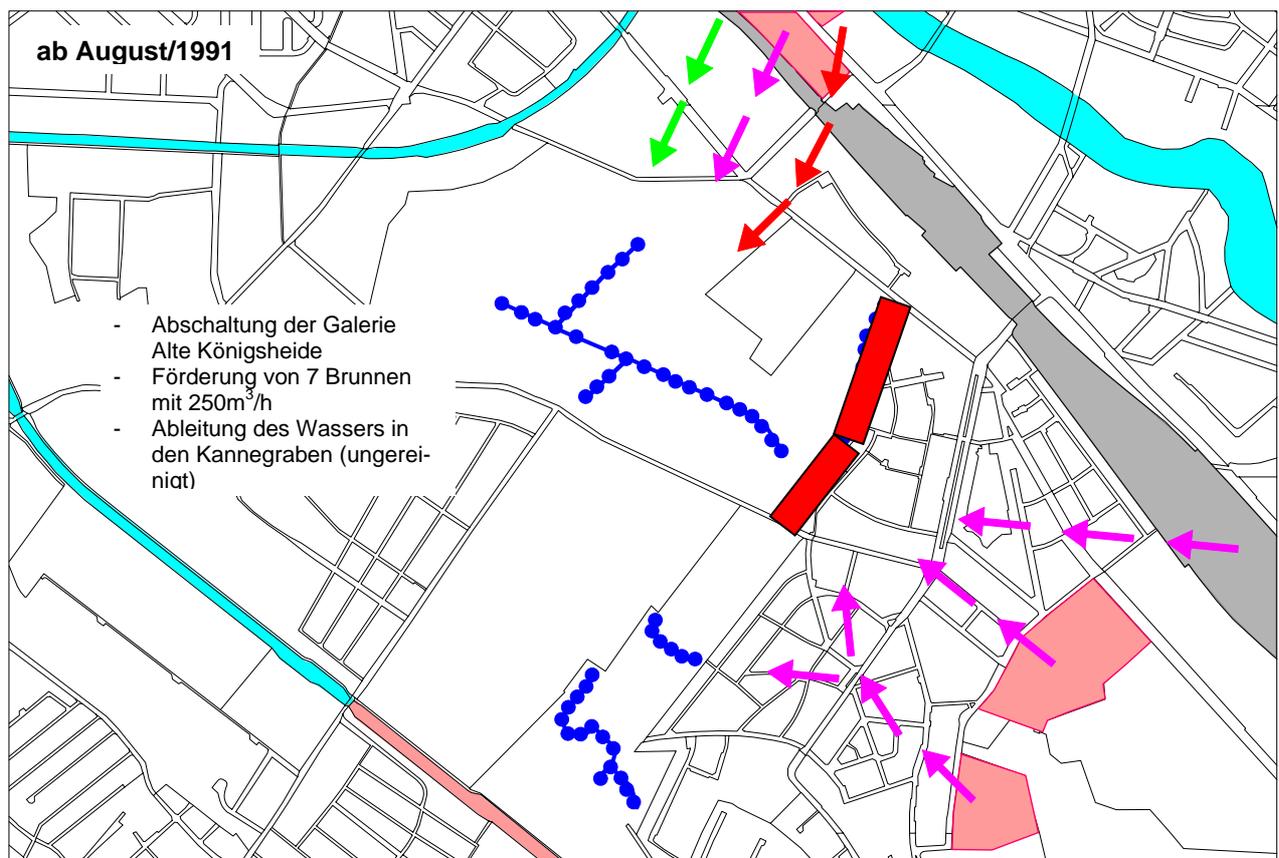


Abbildung 3: Erste Sicherungsmaßnahmen am Wasserwerk Johannisthal im Jahr 1991

3.2 Gefahrenabwehrmaßnahmen im Zeitraum 1992 bis 2001

Aufbauend auf die eingeleiteten ersten Sicherungsmaßnahmen begann in den Folgejahren die Umsetzung einer Vielzahl von planerischen Arbeiten und der Aufbau und Betrieb von aktiven Elementen zur Sicherung der Förderkapazität des Wasserwerkes. Zur Planung der hydraulischen Gesamtsicherung wurde unverzüglich ein dreidimensionales Grundwasserströmungsmodell durch die Berliner Wasserbetriebe beauftragt und mit der zuständigen Umweltverwaltung abgestimmt. Parallel forcierte die Senatsverwaltung die bundesweite funktionale Ausschreibung für eine leistungsfähige Grundwasserreinigungsanlage. Diese Anlage hatte das aus dem südlichen Abschnitt der zur Abwehrstaffel umfunktionierten ehemaligen Fördergalerie „Alte Königsheide“ entnommene Grundwasser aufzubereiten, welches bis dato ungereinigt in die Vorflut des Kannegrabens eingeleitet wurde. Das Gesamtsicherungskonzept beinhaltete folgende Teilkomponenten:

1. Die Entnahme von jeweils 250 m³/h kontaminierten Grundwassers in den Bereichen Süd und Nord der Galerie „Alte Königsheide“ sowie im Bereich Nord der Fördergalerie „Neue Königsheide“ über je drei Entnahmehrungen.
2. Aufbereitung der primär durch LCKW, untergeordnet durch Cyanid- und Arsenverbindungen, belasteten Grundwässer in drei Grundwasserreinigungsanlagen.
3. Reinfiltration der gereinigten Grundwässer über ein komplexes System aus Becken und Gräben im Zentralbereich der ehemaligen Fördergalerie „Alte Königsheide“ und in gefährdeten Abschnitten der Galerie „Neue Königsheide“.
4. Reduzierung der Förderleistung im südlichen Abschnitt der Galerie „Am Teltowkanal“ zur deutlichen Minimierung des Uferfiltrateinflusses des mit abwasserbürtigen anorganischen und organischen Stoffen und Pestiziden belasteten Teltowkanals.

Zwischen 1994 bis 1996 fanden die Hauptarbeiten zur Realisierung des Sicherungsszenarios statt. So wurden u. a. sieben neue Abwehrbrunnen (Stahlfilterbrunnen, Ausbau: DN 400, Endtiefe: max. 35 m u. GOK) errichtet, zwei weitere Grundwasserreinigungsanlagen im jeweiligen Nordbereich der Galerien „Alte Königsheide“ und „Neue Königsheide“ geplant, und in Betrieb genommen. Ein weiteres elementares Sicherungselement war die Schaffung von Infiltrationsbecken. Im mittleren Bereich der „Alten Königsheide“ konnte auf vorhandene Altanlagensysteme der Schlammabsetzbecken der Berliner Wasserbetriebe mit einer Gesamtfläche von ca. 25.000 m² zurückgegriffen werden. Die Altbecken wurden entschlammt, instand gesetzt und, ausgehend von den GWRA 1 und 2, mit einem Rohrleitungssystem miteinander verbunden. In den gefährdeten Abschnitten der Galerie „Neue Königsheide“ wurden Becken und Gräben auf einer Gesamtfläche von ca. 3.200 m² neu errichtet. Bei der Ausführung der Erdarbeiten waren umfangreiche behördliche Auflagen des Wasser- und Naturschutzes einzuhalten. Um das ganze System warten und über die Zentrale des Wasserwerkes betreiben und steuern zu können, mussten ca. 4.000 m² Wege neu gebaut sowie die Verlegung von mehreren tausend Metern MSR- und Stromkabel und der Neubau der Elektroenergieversorgung realisiert werden. Zu Ausgleichsmaßnahmen der Naturschutzbehörde gehörten u.a. die Erstellung eines Gutachtens und die Basisabdichtung eines Feuchtbiotops mit HDPE-Folie im Waldgebiet der Königsheide. Die vollständige Inbetriebnahme des Gesamtsystems erfolgte im Dezember 1995. Eine kontinuierliche Überwachung der relevanten Transferbereiche durch ein umfangreiches Sondergütemessnetz sowie die Einzelbrunnenbeprobung aller Abwehrbrunnen dokumentierten besonders im TSG 5 eine schnelle LCKW-Abnahme mit dem Ergebnis, dass die Sanierungszielwerte im Zulauf der GWRA 2 sowie im erweiterten Umfeld der Sicherungsbrunnen innerhalb von nur vier Jahren erreicht werden konnten. Da nach der vollständigen Außerbetriebnahme der Galerie „Am Teltowkanal“ Ende der 1990er Jahre eine LCKW-Restbelastung im nördlichen Abschnitt dieser Galerie ebenfalls abgereinigt werden musste, konnte man die freiwerdende GWRA 2 für den Weiterbetrieb in diesem Galerieabschnitt einsetzen.

Auf Grund eines weiter sinkenden Trinkwasserbedarfs in Berlin, der daraus resultierenden Unsicherheit des Wasserwerksbetreibers für perspektivische Investitionen und wegen den notwendigen Altlastensanierungsmaßnahmen in den Teilsanierungsgebieten wurde zwischen dem Land Berlin und den Berliner Wasserbetrieben eine zeitlich befristete Außerbetriebnahme des Werkes aus der Trinkwasserversorgung bis zum Jahr 2009 vereinbart und im 4. Quartal des Jahres 2001 begonnen.

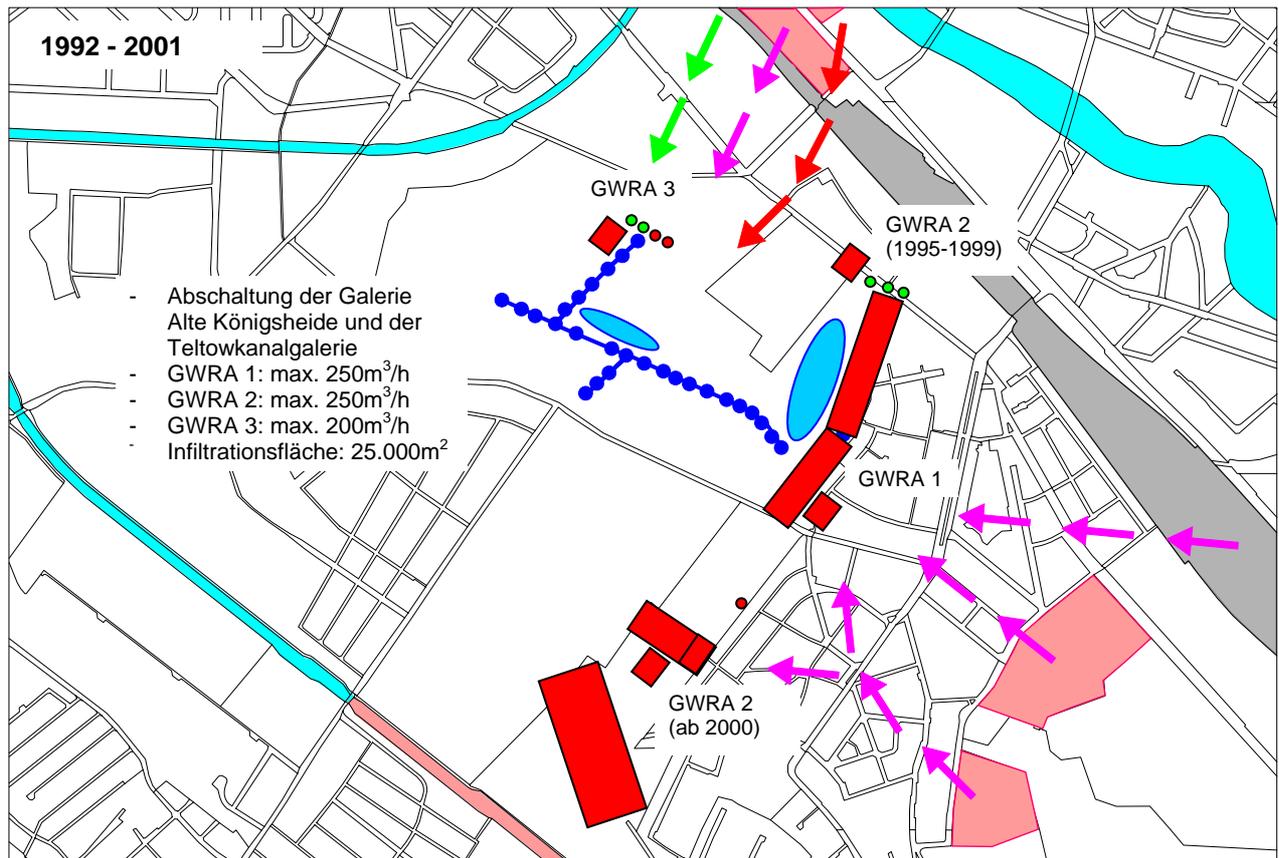


Abbildung 4: Umfang der eingeleiteten Gefahrenabwehrmaßnahmen am WW Johannisthal im Zeitraum 1992 bis 2001

3.3 Gefahrenabwehrmaßnahmen im Zeitraum 2001/2002 bis 2008 (2014)

Mit dem Beschluss der Berliner Wasserbetriebe zur Einstellung der Trinkwasserproduktion am Standort im Jahr 2001 musste das Land Berlin eine Neustrukturierung der Wasserwerksbewirtschaftung vornehmen. Darüber hinaus waren im Landeshaushalt Finanzmittel für die teilweise Aufrechterhaltung des Wasserwerksbetriebes einzustellen. Gesetzliche Grundlage ist die im Oktober 2001 erlassene Grundwassersteuerungsverordnung. Die Weiterführung der Wasserförderung verfolgte zwei Elementarziele:

- Die kontinuierliche Fortsetzung und Gewährleistung aller Altlastensanierungsmaßnahmen am Wasserwerk, in den Transfergebieten und auf den Eintragsgrundstücken.
- Die Gewährleistung eines umwelt- und siedlungsverträglichen Grundwasserstandes im Einzugsgebiet des Wasserwerkes.

Ab dem Jahr 2002 begann dann die Umsetzung der eng zwischen den Fachreferaten abgestimmten Maßnahmen, die folgende Schwerpunktaufgaben beinhalten:

1. Eine stabile Förderung an ausgewählten Wasserwerksbrunnen im Bereich der Galerien „Neue Königsheide“ und „Am Teltowkanal“ auf der Grundlage von vorlaufenden Modellrechnungen. Insgesamt sind durchschnittlich ca. 25.000 m³/d Grundwasser zu heben und in den Teltowkanal abzuleiten. Da die kontaminierten Grundwässer an den relevanten Galerieabschnitten gezielt fokussiert, gehoben und durch die GWRA dekontaminiert werden, ist eine anlagentechnische Aufbereitung der restlichen Grundwässer nicht erforderlich.

2. Eine Erhöhung der Fördermengen an den einzelnen Grundwasserreinigungsanlagen, die Modifizierung der Abwehrbrunnenstandorte nach Stand der Sicherung und die komplette Schließung aller Infiltrationssysteme mit dem Ziel einer Schadstofftransportbeschleunigung in den spezifischen Transferabschnitten, primär in den Teilsanierungsgebieten 4 und 7.
3. Die permanente Kontrolle und Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit durch das Großprojekt-Monitoring. Auf der Basis kontinuierlich fortzuschreibender Berichte unterliegen die Gefahrenabwehrmaßnahmen einer jährlichen Modifizierung. Besonders mit dem Instrumentarium der unter Punkt 1 beschriebenen Entnahmemengen nach Grundwassersteuerverordnung lassen sich die noch in den Transfergebieten vorhandenen Restkontaminationen sinnvoll auf die am Wasserwerk befindlichen Sicherungssysteme steuern und somit die Effektivität der installierten Reinigungstechnik steigern.



Abbildung 5: Ansicht der in 2006 mittels KatOx-Technologie modifizierten GWRA 1 „Alte Königsheide“

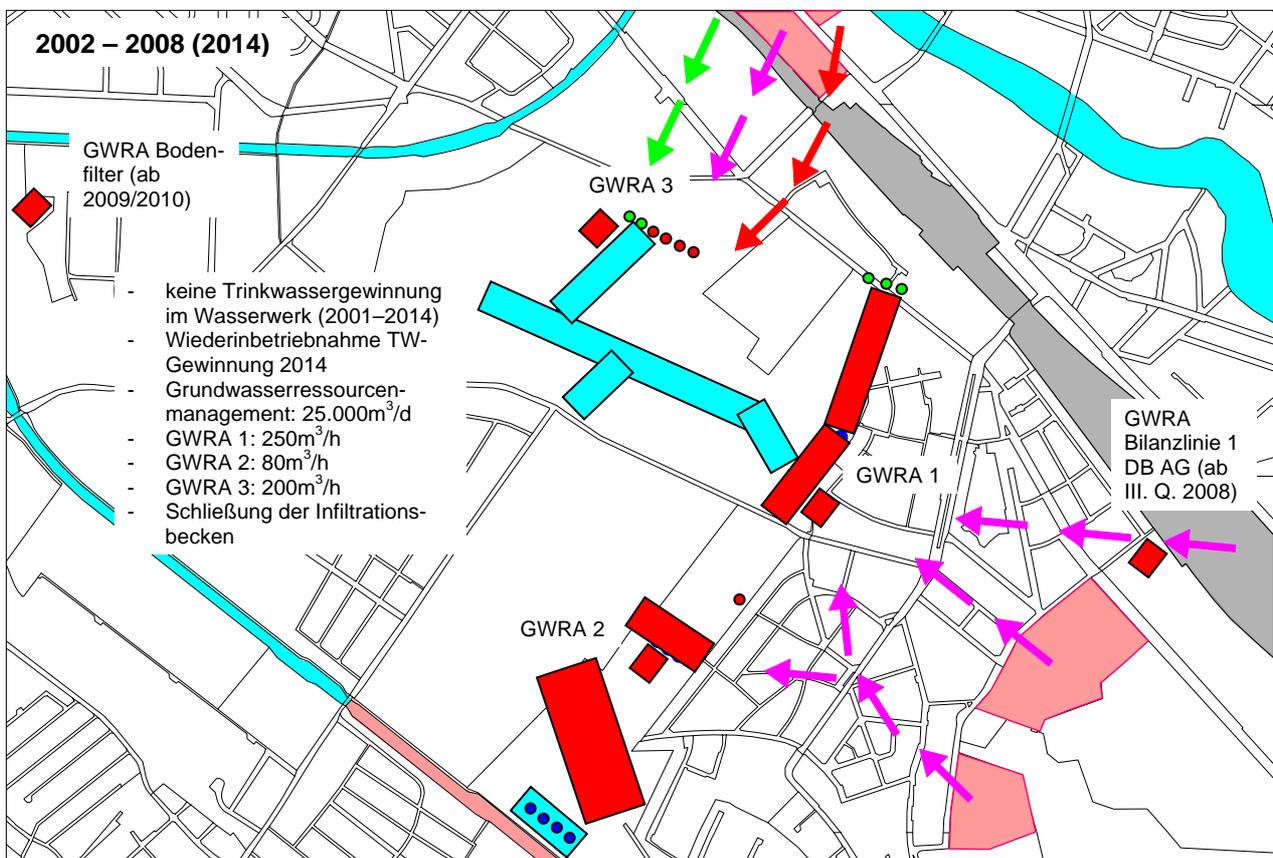


Abbildung 6: Gefahrenabwehrmaßnahmen am WW Johannisthal und in den Transfergebieten 7 und 9 im Zeitraum 2001 bis 2008

4. Gesamtbilanz und Perspektive

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die bisher geförderten Grundwassermengen und die Schadstoffausträge der drei am Wasserwerk befindlichen Grundwasserreinigungsanlagen.

GWRA (Laufzeit)	Fördermenge (m³)	Schadstoffaustrag LCKW [kg]	Schadstoffaustrag Cyanide/Arsen [kg]
GWRA 1 (1992/93 bis 2007)	25.600.000	5.100	-
GWRA 2 (1996 bis 2007)	12.330.000	160	-
GWRA 3 (1996 bis 2007)	16.190.000	420	710/120
Gesamtsumme	54.120.000	5.680	710/120

Tabelle 1: Fördermengen und Schadstoffbilanz der Sicherungsmaßnahmen am Wasserwerk Johannisthal im Zeitraum 1992 bis 2007

Nach den über 15 Jahren währenden Sicherungsmaßnahmen und dem im 1. Quartal 2008 zwischen dem Land Berlin und den Berliner Wasserbetrieben vereinbarten Wasserversorgungskonzept bleibt festzustellen, dass die Sicherung der Grundwasserressourcen durch die Vielzahl der eingeleiteten Gefahrenabwehrmaßnahmen auf den Eintragsgrundstücken, in den Transfergebieten und an den Fördergalerien eine effiziente und notwendige Strategie war. Allein für die unmittelbaren Gefahrenabwehrmaßnahmen an den Wasserwerksgalerien wurden im Zeitraum zwischen den Jahren 1991 und 2007 ca. 11 Mio. EUR durch Bund und Land finanziert.

Für die Entsorgung der kontaminierten Schlämme aus der Teltowkanalentsorgung wurden insgesamt knapp 9,6 Mio. EUR an Mitfinanzierungskosten aufgewandt.

Nach gegenwärtiger Planung wird der perspektivische Jahresbedarf für die Gefahrenabwehrmaßnahmen am Wasserwerk in den nächsten 5 bis 10 Jahren auf ca. 0,5 Mio. EUR geschätzt.

Sicherung und Sanierung eines komplexen Lösemittelschadens in Boden und Grundwasser

Dipl.-Ing. Gudrun Schneider, Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz
Dipl.-Geol. Olaf Pfaff, CDM AG

1. Einführung

Im Sanierungsgebiet liegen mehrere benachbarte Altlastenflächen, die gemeinsam seit etwa 1880 zur Produktion von Laborchemikalien und Pharmazeutika genutzt wurden. Bedingt durch den intensiven Umgang mit einer Vielzahl von Wasser gefährdenden Stoffen und durch ungesicherte Abfallablagerungen bzw. Abwasser-versickerungen über einen Zeitraum von fast 100 Jahren sind auf den Grundstücken erhebliche Kontaminationen des Bodens, der Bodenluft und Grundwassers durch chlorierte Pflanzenschutzmittel und Lösemittel sowie Benzol entstanden. Darüber hinaus ist bei dem vorliegenden „Multikomponenten-Schaden“ mit dem Vorhandensein einer Vielzahl von Schadstoffen bzw. Substanzen zu rechnen, welche das Gefahrenpotenzial und Sanierungsverhalten zusätzlich beeinflussen können.

Im Hinblick auf einen hohen Kosten-Nutzeneffekt wird ein Sicherungs-/Sanierungskonzept umgesetzt, welches einerseits kurzfristig die Ausbreitung von Schadstoffen in die Umgebung verhindert und gleichzeitig langfristig durch einen möglichst hohen Schadstoffaustrag zur Beseitigung des Emissionspotentiales beiträgt. Neben der hydraulischen Sicherung des Standortes ist dabei die Sanierung von Hochlastbereichen in Boden und Grundwasser von Bedeutung.

Die Maßnahmen unterliegen dem Finanzierungsabkommen. Die jeweiligen Grundstückseigentümer bzw. Nutzer der betroffenen Flächen sind entweder von den Kosten für Gefahrenabwehrmaßnahmen teilweise freigestellt bzw. im Rahmen eines öffentlich-rechtlichen Vertrages befreit („Eckpunktepapier“).

2. Lage des Grundstückes

Das im Folgenden beschriebene Industriegrundstück liegt im Südosten Berlins. Es umfasst eine Fläche von ca. 380.000 m². In der Umgebung befinden sich weitere industriell genutzte Flächen, die teilweise zum Großprojekt Industriegebiet Spree gehören. Nordwestlich und -östlich grenzen Wohngebiete und eine Kleingartenkolonie an.

Heute werden ca. 30% der Fläche durch ein produzierendes Unternehmen genutzt; auf dem übrigen Teil der Fläche findet z. Zt. keine Nutzung statt.

Der südöstliche Teil des Grundstückes liegt in der ehem. Wasserschutzgebietszone III B des Wasserwerks Altglienicke, das zukünftig nicht mehr zur Trinkwasserversorgung genutzt wird. Die Entfernung zum Wasserwerk beträgt ca. 1,4 km. Darüber hinaus befindet sich das Grundstück im weiteren Einzugsbereich des in nordwestlicher Richtung ca. 4,5 km entfernten Wasserwerks Johannisthal. Die Fließzeit zum Wasserwerk Johannisthal beträgt auf Grundlage eines Grundwasserströmungsmodells ca. 100 Jahre.

3. Historie und Schadstoffspektrum

Das Industriegrundstück wird seit 1882 zur Produktion von Labor- und Industriechemikalien und ab 1927 zur Produktion von Pharmazeutika und Pflanzenschutzmitteln genutzt. Während des 1. Weltkriegs wurden bis zu einem Großbrand im Mai 1917, durch den 2/3 des Werks vernichtet wurden, Chemikalien sowie chemische Kampfstoffe und Gasmasken produziert. Nach Kriegsende wurde die zivile Produktion wieder aufgenommen. Während des 2. Weltkriegs und der anschließenden Demontage wurden die Produktionsstätten erheblich beschädigt. Im Jahr 1949 erfolgte die Verstaatlichung des Betriebes.

Große Bereiche des Geländes sind durch den Umgang, die Lagerung und den Transport von Chemikalien und Abfallstoffen während mehr als einem Jahrhundert industrieller Nutzung stark verunreinigt. Bis zum Jahr 1958 ließ man die chemischen Abwässer aus der Produktion in Sickerteichen versickern. Ab 1958 wurde nach dem Bau einer Neutralisationsanlage das vorbehandelte chemische Abwasser in den Teltowkanal abgeleitet. Der letzte Sickerteich, der für Notsituationen zur Verfügung stand, wurde 1974 stillgelegt. Erhebliche Kontaminationen des Untergrunds sind weiterhin durch die Ablagerung von festen Produktionsrückständen aus der Pflanzenschutzmittelproduktion auf dem Grundstück entstanden („A-Charge“). Ferner gab es Handhabungsverluste und Versickerungen, z.B. durch undichte, offene Rinnensysteme oder Leckagen in Tanks.

Das Produktionsprofil umfasste neben der Produktion von diversen organischen Laborchemikalien mehr als 40 verschiedene Produktionstypen. Zu der weiten Produktionspalette gehörten anorganische und organische Chemikalien wie beispielsweise Nickelsalze und Ethylbromid, in den 40er Jahren Pflanzenschutzmittel auf Teer- und Nikotinbasis, bis Anfang der 60er Jahre chlorierte Pflanzenschutzmittel (HCH, DDT), Schilddrüsenpräparate, Insulin, Spezialprodukte wie Chlorbrommethan (CBM), Chlorcholinchlorid (CCC) und Arzneimittelwirkstoffe wie Chloramphenicol. In Gefahrstofflagern wurden mehr als ca. 50 Arten von anorganischen und organischen Chemikalien gelagert.

Weiterhin wurden auf dem Grundstück große Mengen an halogenierten Lösemitteln (LHKW), Chlorbenzolen und Benzol als Primär- bzw. Sekundärsubstanzen verwendet. Bei den LHKW handelt es sich vorrangig um chlorierte und bromierte aliphatische Kohlenwasserstoffe, z. B. Chloroform, Dichlormethan, Dibrommethan und Bromchlormethan sowie Methylenchlorid.

4. Geologische und hydrogeologische Situation

Das Grundstück liegt regionalgeologisch im Berliner Urstromtal. Das Zentrum befindet sich etwa 1,5 km nordöstlich der Teltow-Hochfläche und 8,5 km südwestlich der Grundmoränenhochfläche des Barnim.

Die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse der gesättigten Bodenzone sind durch den Aufbau und die Weiterentwicklung eines geologischen Strukturmodells sowie eines Grundwasserströmungsmodells bis in Tiefen von ca. 100 m gut erkundet.

Die ungesättigte Bodenzone besteht zum größten Teil aus sandiger Aufschüttung mit lokal schwankenden Anteilen an Fremdmaterialien (alte Bauwerksreste, Produktions- und Bauabfälle, Schlacke u. a.). Lokal reichen das aufgeschüttete Material bzw. die Reste ehemaliger Bauwerke bis in die gesättigte Bodenzone.

Hydrogeologisch wird das Profil der gesättigten Bodenzone in drei Grundwasserleiter unterteilt. Der erste Grundwasserleiter (GWL 1.3) wird in einen oberen, feinsandigen (weichselglazialen) Bereich (GWL 1.3.1) und einen unteren mittel- bis grobsandigen (weichselglazialen) Bereich (GWL 1.3.2) unterteilt. Der GWL 1.3 wird bedingt durch das Auftreten von lokalen, saalezeitlichen Geschiebemergeln (Grundwasserstauer 1, GWS 1) vom Grundwasserleiter 2 (GWL 2) getrennt. Der GWL 2 umfasst saalezeitliche Sande und stellt den in Berlin am intensivsten genutzten GWL dar. Der GWL 2 wird vom GWL 3 (elsterzeitliche Sande und Kiese) durch das lokale Auftreten von Geschiebemergellagen und grundwasserstauenden Sedimenten der Elsterkaltzeit (GWS 2) getrennt.

Die folgende Tabelle enthält Angaben zu den Mächtigkeiten und Durchlässigkeitsbeiwerten der einzelnen GWL und GWS, die auf die Auswertung der am Standort verfügbaren Aufschlüsse basieren.

Modellschicht	Mittlere Mächtigkeit [m]	Mächtigkeitsspanne [m]	Mittlerer kf-Wert $\times 10^{-4}$ [m/s]	Kf-Wertsspanne $\times 10^{-4}$ [m/s]
GWL 1.1	6,5	3 bis 13	2	0,01 bis 7,5
GWL 1.2	9	1 bis 27,5	9	2 bis 50
GWS 1	13	3 bis 31	0,025	
GWL 2	17,5	4 bis 31,5	9	3 bis 50
GWS 2	14,5	3 bis 22,5	0,025	
GWL 3	24	7 bis 31,5	5	0,8 bis 40

Tabelle 1: Modellschichten und Parameter

Die Spannen in den Mächtigkeiten und den kf-Werten der Modellschichten deuten auf einen sehr heterogenen Aufbau der hydrogeologischen Struktur hin.

Der Grundwasserflurabstand liegt im Mittel bei 2,0 bis 2,5 m unter GOK. Die Grundwasserfließrichtung wird vollständig geprägt durch den hydraulischen Betrieb von ca. 30 Sanierungsbrunnen.

5. Schadstoffverteilung

5.1 Boden

Durch die ungesicherte Ab- und Umlagerung von Produktionsabfällen und in Folge auch durch Windverschleppungen sowie Baumaßnahmen wurde eine flächige Verbreitung von schwerflüchtigen Schadstoffen mit Lösemittelanteilen in der ungesättigten Bodenzone verursacht. Durch eine mehrstufige Erkundung seit Anfang der 90er Jahre ist die Schadstoffverteilung im Feststoff des Bodens bis ca. 3 m unter GOK bekannt. Daraus leiteten sich in den letzten 10 Jahren umfangreiche Bodensanierungsmaßnahmen in der ungesättigten Bodenzone ab.

Infolge der anderen Prozesse (Versickerung Produktionsabwässer, Abwasserverluste, Umschlagsverluste, Havarien) wurden eher kleinräumige bzw. lineare Schadstoffeinträge mit erhöhtem Anteil an leichtflüchtigen Schadstoffen (BTEX, LHKW, Chlorbenzole) bis in die gesättigte Bodenzone verursacht. Durch eine Ersterkundung 1993/1994 und eine anschließende Detailerkundung der Bodenluft und des Bodens (Liner-Bohrungen) wurden die Schwerpunkte der Schadstoffakkumulationen im Feststoff weiter eingegrenzt.

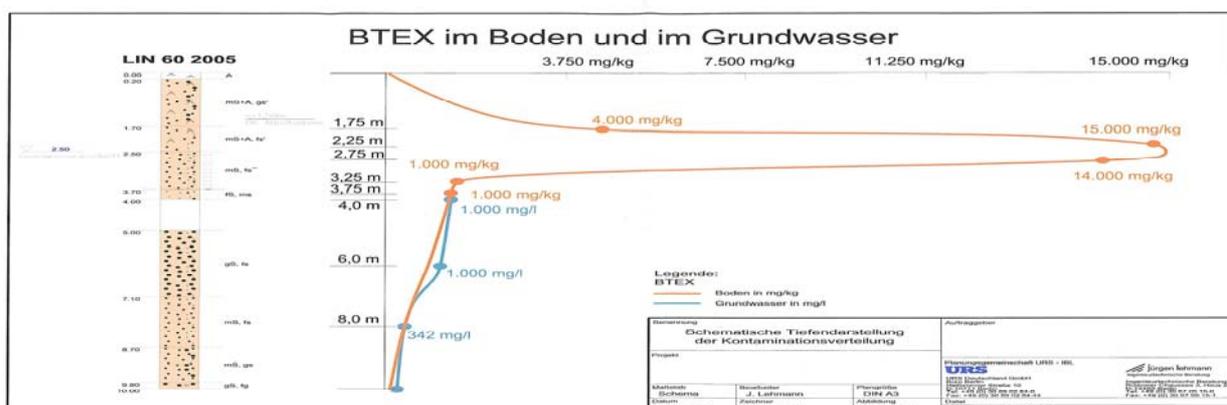


Abbildung 1: Vertikale Verteilung der BTEX-Belastung beispielhaft für den Liner LIN-60

5.2 Grundwasser

Auf Grundlage einer behördlichen Anordnung zur Durchführung eines Grundwassermonitorings werden jährlich jeweils im Frühjahr regelmäßige Grundwasseruntersuchungen an ca. 100 Grundwasser- und Sickerwassermessstellen und an ca. 30 Sanierungsbrunnen durchgeführt.

Im Grundwasser bilden leichtflüchtige chlorierte und bromierte Kohlenwasserstoffe (LHKW) zusammen mit Benzol und Chlorbenzol die Hauptbelastung. Sie treten sowohl im ersten wie auch im zweiten Grundwasserleiter auf und wirken zudem als Lösungsvermittler für ansonsten schwer lösliche Verbindungen. Die Lösemittel werden vereinzelt durch andere Stoffe begleitet, wie z.B. durch MKW, Phenole, PAK oder Schwermetalle, die auf Grund der niedrigeren Konzentrationen für die Festlegung von Sanierungsmaßnahmen aber eher von untergeordneter Bedeutung sind. Die Gehalte an Pflanzenschutzmitteln im Grundwasser sind im Bereich des gesamten Grundstückes und dessen näheren Umgebung stark erhöht und überschreiten den Schadenswert der Berliner Liste zum Teil erheblich. Ein extremer Belastungsschwerpunkt mit PSM-Konzentrationen befindet sich im Bereich der Ablagerungsfläche

6. Sanierungsziel

Für die Sanierung bzw. Sicherung des Grundstücks ist nach dem Ergebnis der Voruntersuchungen eine Verfahrenskombination anzuwenden, die entsprechend den standortspezifischen Bedingungen das Erreichen der folgenden Sanierungsziele gewährleistet:

- die Beseitigung oder Verminderung des Schadstoffpotentials bzw. Unterbindung des lateralen Schadstofftransports, so dass davon auf absehbare Zeit keine Gefahren für das Grundwasser ausgehen,
- die wirksame Unterbindung bzw. nachhaltige Verminderung von Gefahren für das Grundwasser über den Wirkungspfad Boden / Sickerwasser und
- die Sicherstellung von Verhältnissen entsprechend der planungsrechtlich zulässigen Nutzung.

Im Wesentlichen beruht das angewendete Verfahrensmuster aus einer Kombination zwischen Sanierung und Sicherung, d. h. der Beseitigung von diskreten Hochlastbereichen in Boden und Grundwasser unter gleichzeitigem Betrieb von hydraulischen Maßnahmen.

7. Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen

Nach einer systematischen Erkundung des Standortes wurden 1995 erste Gefahrenabwehrmaßnahmen ergriffen. Dazu zählen insbesondere die Errichtung und der Betrieb von drei Sicherungsbrunnen, die ein Abströmen von kontaminiertem Grundwasser nach außen unterbinden sollten. Erste Bodensanierungsmaßnahmen wurden ebenfalls bereits 1996/1997 durchgeführt. Im Folgenden werden Schwerpunkte der bisherigen Maßnahmen zur Sanierung des Bodens und des Grundwassers dargestellt.

7.1 Bodensanierung

Seit 1996 wurden auf der Grundlage behördlicher Anordnungen auf sieben Teilflächen Sanierungsmaßnahmen mittels Bodenaushub durchgeführt. Davon entfallen sechs Maßnahmen auf die Sanierung von Bodenkontaminationen mit schwerflüchtigen organischen Schadstoffen (SOS) ab 5.000 mg/kg FS sowie Produktionsabfällen (sog. Abfallchargen, A-Charge). Diese Maßnahmen wurden im Zeitraum von 1996 bis 2005 durchgeführt. Außerhalb behördlicher Anordnungen wurden im Rahmen von Neubaumaßnahmen baubegleitend Bodenchargen mit Schadstoffgehalten >1.000 mg/kg FS entsorgt. Die jüngste und letzte Bodensanierung fand 2006-2008 statt und betraf leichtflüchtige organische Schadstoffe (LOS) in der gesättigten Bodenzone. Dabei sind vor allem die Stoffgruppen BTEX sowie untergeordnet Chlorbenzole und LHKW zu nennen.

7.1.1 Bodensanierung auf Gesamtgrundstück (SOS)

Ausgehend von der systematischen Erkundung des Gesamtgrundstückes seit 1990 wurde eine Belastungskarte des Bodens mit SOS bis 3 m unter GOK erstellt. Dabei wurden folgende Konzentrationen für die SOS auskartiert:

- 0 bis 100 mg/kg FS
- 100 bis 1000 mg/kg FS
- 1.000 bis 5.000 mg/kg FS
- >5.000 mg/kg FS

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenfassung der durch die SOS bedingten Bodenaushubmaßnahmen.

Sanierungsmaßnahme (Jahr)	Entsorgte Masse (Boden/A-Charge) [t]	Schadstoffaustrag SOS [t]
Projekt 1 (1996)	3.809	62
Projekt 2 (2000)	1.506	2
Projekt 3 (2001)	4.440	82,5
Projekt 4 (2002)	2.045	4
Projekt 5 (2003-2004)	6.933	14
Baubegleitender Bodenaushub	4.534	17
Summen	23.267	181,5

Tabelle 2: Übersicht Sanierungsmaßnahmen, Aushub- und Entsorgungsmengen 1996 bis 2005 (SOS)

Im Zeitraum zwischen 1996 bis 2005 wurden im Rahmen von behördlichen Sanierungsanordnungen sowie durch baubegleitende Maßnahmen insgesamt 23.267 t Boden bzw. A-Chargen ausgehoben und entsorgt. Auf der Grundlage vorhergehender Analysen an Haufwerken ergibt sich daraus ein Austrag von Schadstoffen von 181 Tonnen. Je nach Belastungsgrad wurde der Boden chemisch-physikalisch oder thermisch behandelt. Reine A-Chargen wurden unter Tage gesichert.

7.1.2 Bodensanierung im Umfeld der ehem. Gebäude Nr. 63-65 (LOS)

Im Ergebnis der Erkundung stellte sich heraus, dass im Untergrund des Gebäudekomplexes 63-65 erhebliche Bodenverunreinigungen durch BTEX und untergeordnet LHKW und Chlorbenzole vorhanden waren. Dabei konzentrierte sich die Hauptbelastung auf den Tiefenbereich von 2 bis 4 m unter GOK im Grundwasserschwankungsbereich (Abb. 2).

Im Frühjahr 2005 wurde eine behördliche Anordnung zur Sanierung der Schadstoffquelle erlassen. Mit der Sanierungsplanung wurde ein externes Planungsbüro beauftragt. Im Ergebnis der weiteren Planung wurde der zu sanierende Bereich endgültig festgelegt.

Nach Festlegung des Sanierungsumfanges wurde ein umfassendes Ausführungskonzept erstellt, welches insbesondere auf die Belange des Arbeits- und Emissionsschutzes abzustellen war. Im Ergebnis der Ausführungsplanung wurde als Aushubverfahren das Senkkastenverfahren (Wabenausführung) favorisiert.

Der folgende Aushub erfolgte in zwei Phasen. Beide Phasen wurden durch ein umfangreiches lufttechnisches Messprogramm zur Überwachung der Emission und Immission begleitet. Die Ergebnisse der Luftmessungen dienten gleichzeitig zur Feinsteuerung der technischen Ausführung.

In der ersten Bauphase erfolgte eine Tiefenentrümmerung der Sanierungsfläche. Die Tiefenentrümmerung erfolgte im Schutz einer Einhausung mit Abluftbehandlungsanlage (Abb. 4).

In der zweiten Bauphase erfolgte der Bodenaushub bis in die einzelnen Sanierungstiefen mittels des Wabenaushubverfahrens (Abb. 5). Der Wabenaushub erfolgte unter Luftabsaugung im Schutz eines Paravents.



Abbildung 2: Tiefenentrümmerung des Sanierungsbereiches (Bauphase 1)



Abbildung 3: Aushubarbeiten mit dem Wabenverfahren (Bauphase 2)

Insgesamt wurden ca. 900 Waben eingerammt und ausgebaggert. Während der Aushubmaßnahme erfolgte eine baubegleitende Beprobung des Aushubes in den Containern und der „letzten Baggerschaufel“ an ausgewählten Waben. Diese Maßnahmen dienten der Optimierung des Aushubes und der Entsorgungskosten. Anschließend erfolgte eine Wiederverfüllung der ausgehobenen Waben mit einem Boden/Substratgemisch. Das beigemischte Substrat dient dabei der Verbesserung des biologischen Abbaus der Schadstoffe nach dem Aushub. Auch die Bauphase 2 wurde durch eine umfangreiche messtechnische Überwachung begleitet und hin-

sichtlich der Emissionsminderung ständig verbessert. An sämtlichen neuralgischen Punkten (Wabenrohr, Paravent, Container) wurde die Luft abgesaugt und mittels KatOx-Anlage und Aktivkohle gereinigt (Abb. 6).

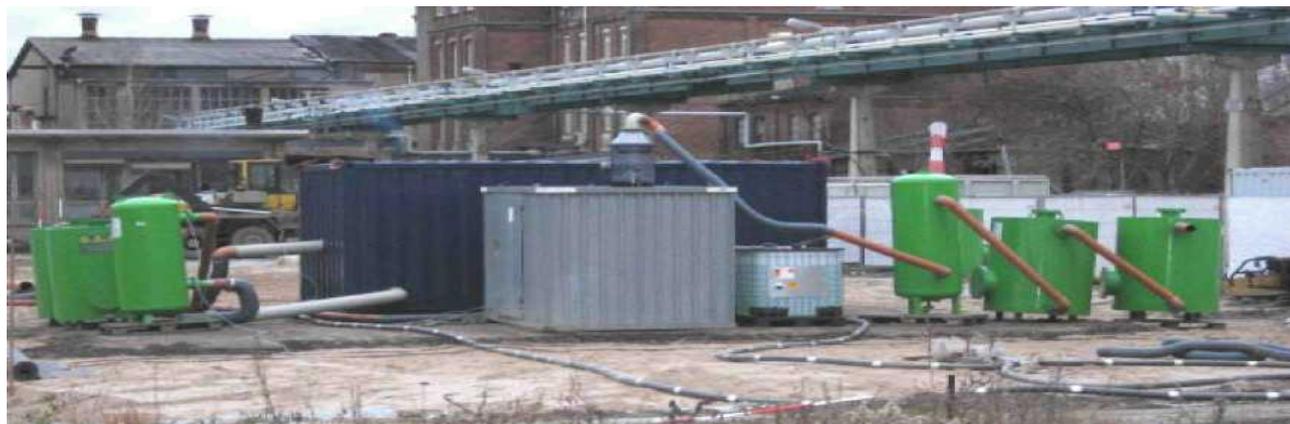


Abbildung 4: Abluftbehandlungsanlagen Paravent- (vorn) und Wabenabsaugung (hinten)

Der ausgehobene Boden wurde – je nach Belastungsgrad – chemisch-physikalisch (Bodenwäsche) oder thermisch entsorgt. Insgesamt wurden ca. 3.500 Tonnen Boden einer Bodenwäsche und ca. 6.000 Tonnen Boden einer thermischen Behandlung unterzogen. Nach einer Berechnung konnten durch die Sanierungsmaßnahmen folgende Schadstoffausträge erreicht werden:

Entsorgungsweg	Masse Bodenaushub [t]	Masse BTEX-Austrag [t]
Thermik	6.000	105,0
Bodenwäsche	3.500	5,8
Abluftbehandlung (A-Kohle)	A-Kohleverbrauch ca. 106.000 kg	2,6
Abluftbehandlung (KatOx-Anlage)	Absaugvolumen ca. 760.000 m ³	2,4
Gesamtaustrag		115,8

Tabelle 3: Schadstoffausträge

Nach Beendigung der Sanierungsmaßnahmen im Februar 2008 erfolgt eine Nachsorge. Dazu wurden spezielle Beobachtungspegel im Grundwasser installiert, die die Auswirkung der Aushubmaßnahme auf die laufende hydraulische Standortsanierung überwachen sollen.

7.2 Grundwassersanierung

Im Rahmen von vorgezogenen Maßnahmen wurden 1996 auf dem Standort drei Sicherungsbrunnen mit dezentralen Grundwasserreinigungsanlagen (SB 1 bis SB 3) errichtet und zur Schadensabwehr betrieben. Die Anlage SB 2 wurde Ende der 90er Jahre stillgelegt. Die Anlagen SB 1 und SB 3 wurden bis 2004 betrieben. Es wurden folgende Wassermengen gefördert und Schadstoffmengen ausgetragen (Tab. 4):

Anlage	Geförderte Wassermenge [m ³]	Schadstoffaustrag [kg] (Summe BTEX, LHKW, Chlorbenzole)
SB 1	540.700	97.759
SB 3	641.475	18.302
Summen	1.182.175	116.061

Tabelle 4: Grundwasserreinigungsanlagen SB 1 und SB 3

Im Jahr 2003 wurde eine Planung für die Grundwassersanierung am Standort erstellt. Als Vorzugsvariante wurde eine zentrale Grundwasserreinigungsanlage installiert, die von ca. 30 Sanierungsbrunnen gespeist wird. Die Sanierungsbrunnen wurden in den durch das laufende Grundwassermonitoring auskartierten Hochlastbereichen (Sanierungszonen) in den beiden oberen GWL 1.3 und 2 errichtet. Die Aufbereitungstechnik wurde in Abhängigkeit von der Art und Höhe der Schadstoffbelastung in den einzelnen Sanierungszonen modular aufgebaut. Die Rohwasserzufuhr von den Brunnen zur GWRA erfolgt in 2 Strängen. Ein Strang führt hoch kontaminiertes Grundwasser in eine Vorbehandlungsstufe. Ein zweiter Strang führt minder kontaminiertes Grundwasser. Das vorbehandelte, höher belastete Grundwasser wird mit dem minder kontaminierten Wasser in einem Vorlagebehälter aufgefangen und anschließend der Hauptbehandlungsstufe zugeführt.

Die Grundwasserreinigungsanlage wurde 2004 in Betrieb genommen. Der Betreiber garantiert einen Durchsatz von ca. 50 m³/h bei 95 % Verfügbarkeit. Von 2004 bis 2007 wurden folgende Wassermengen gefördert bzw. Schadstoffe ausgetragen:

- Fördervolumen: ca. 1.200.000 m³
- Rohmischwasserkonzentration 11/04: ca. 65 mg/l (BTEX, LHKW, Chlorbenzole, SOS)
- Rohmischwasserkonzentration 11/07: ca. 36 mg/l (BTEX, LHKW, Chlorbenzole, SOS)
- Schadstoffaustrag 11/04: ca. 2,2 Tonnen/Monat
- Schadstoffaustrag 11/07: ca. 1,3 Tonnen/Monat
- Gesamtaustrag 2004-2007: ca. 55 Tonnen (BTEX, LHKW, Chlorbenzole, SOS)

Der reine Aufbereitungspreis lag 2007 bei 54,00 EUR/kg Schadstoffaustrag bzw. 2,04 EUR/je m³ Wasser.

8. Kosten

Die folgende Tabelle 5 enthält eine Zusammenfassung der Kosten vom 4. Quartal 2003 bis Ende 2009 (Prognose).

Maßnahme	Kosten [EUR] netto (gerundet)
Ingenieurtechnische Begleitung	720.000,00
Grundwassersanierung	11.500.000,00
Bodensanierung	8.000.000,00
Gesamtsummen	20.220.000,00

Tabelle 5: Kostenübersicht (4. Quartal 2003 bis 2009)

9. Ausblick

Die hydraulische Sanierung wird z. Zt. durch Anpassung des Brunnenregimes an den Ist-Zustand optimiert und weitergeführt. Zur Verstärkung der hydraulischen Sicherung soll ein Teilstrom des gereinigten Grundwassers an den Grundstücksgrenzen reinfiltiert werden.

Es ist weiterhin vorgesehen, durch eine Bilanzierung des noch vorhandenen Schadstoffpotenzials die Sanierungsdauer näher einzugrenzen.

Zusätzlich wird geprüft, ob flankierende Maßnahmen (z. B. mikrobielle Maßnahmen/ENA) langfristig das aktive Sanierungsverfahren durch ein passives Verfahren (MNA) ersetzen können.

Erfolge und Grenzen der hydraulischen Sanierung von Grundwasserschäden

Dipl.-Geol. Andreas Zimmermann, GESA mbH / BvS

1. Einführung

Das Berliner Stadtgebiet weist mit seiner Gemengelage von Wohngebieten und schadstoffbelasteten Industriestandorten sowie den flächigen Verunreinigungen des oberen unbedeckten Grundwasserleiters im Einzugsgebiet zweier Wasserwerke deutschlandweit durchaus Alleinstellungsmerkmale auf. In Folge dieser Konstellation nehmen die Erkundung und hydraulische Sanierung von Grundwasserschäden hier einen breiten Raum ein.

Der Beitrag widmet sich deshalb ausgewählten Berliner Grundstücken, die dem Verwaltungsabkommen der Altlastenfinanzierung (nachfolgend: VA) unterfallen und mit hydraulischen Sanierungsverfahren bearbeitet wurden bzw. werden.

Bei Betrachtung der teils seit 1994 laufenden Maßnahmen sind erfolgreich und weniger erfolgreich bearbeitete Schadensfälle zu verzeichnen. Im Rückblick wird deutlich, dass die für eine hydraulische Sanierung prognostizierten Zeiträume und Sanierungskosten teilweise von dem erreichten Sanierungsstand abweichen. Obwohl schon lange Rebound- und Tailingeffekte bei der Grundwassersanierung bekannt sind, haben sich die Beteiligten bei der Maßnahmenplanung vielfach an zu optimistischen Zielsetzungen orientiert.

Nachfolgend werden die Verläufe von Berliner Grundwassersanierungsmaßnahmen deshalb einer kritischen Betrachtung unterzogen. Unabhängig davon, dass jeder Schadensfall seine eigene Spezifik entwickelt und somit Sanierungsmaßnahmen nur eingeschränkt miteinander verglichen werden können, lassen sich nach 15 Jahren der VA-Altlastenbearbeitung in Berlin eine Reihe von allgemeingültigen Schlussfolgerungen und Erkenntnissen ableiten, die wesentlich zur effizienten Bearbeitung der noch aktiven Sanierungsfälle beitragen und auch überregional von Interesse sein können.

2. Auswahl der Schadensfälle

In Berlin wurden 30 VA-Altlastenstandorte mit sanierungsrelevanten Grundwasserbelastungen festgestellt. Davon sind 24 Standorte saniert bzw. befinden sich in der aktiven Sanierung/Sicherung, 6 Standorte werden derzeit erkundet bzw. befinden sich in der Sanierungsplanung. Hinzu kommen drei flächig verunreinigte Transferpfade von grundstücksbezogenen Eintragsquellen zu den Fördergalerien der Wasserwerke Wuhlheide und Johannisthal. Die stoffliche Charakteristik der Grundwasserschäden ist in Tabelle 1 ausgewiesen.

	LHKW-Schäden	BTEX-Schäden	Komplexe GW-Schäden (LHKW, BTEX, CB, Alkylphenole, OCP)	PAK und MKW-Schäden (untergeordnet LCKW)	Sonstige Schäden (Cyanide, Arsen)	Summe
Anzahl der Grundstücke	16	4	4	5	1	30
Transferbereiche	2				1	3
Anteil in %	54	13	13	17	3	100

Tabelle 1: Charakterisierung von Grundwasserschäden bei VA-Standorten in Berlin

Wie die Tabelle 1 zeigt, sind LHKW- und BTEX-Monoschäden auf 20 von insgesamt 30 Flächen verbreitet. In den Transfergebieten dominieren ebenfalls LHKW-Belastungen, die sich über eine Fläche von ca. 10 km² erstrecken und von denen hier 3 Teilareale des Transferbereiches Nord in die vergleichende Betrachtung eingehen. Damit spiegelt die Situation im Ostteil Berlins eine ähnliche Schadstoffverteilung wider, wie sie bei einer deutschlandweiten Datenerhebung zu Grundwasserschäden ermittelt wurde, nämlich dass im überregionalen Maßstab ca. zwei Drittel aller Grundwasserschadensfälle LCKW-Belastungen sind.

Aufgrund des heterogenen und relativ hohen Schadstoffpotenzials der komplexen Grundwasserschäden, die nur individuell bewertet werden können und kaum quantitative Vergleichsbetrachtungen zulassen, konzentrieren sich die nachstehenden Ausführungen auf insgesamt 18 Grundwasserschäden mit ausschließlichen LHKW- bzw. BTEX-Belastungen. Sicherungsmaßnahmen, die allein als hydraulische Barriere ausgelegt sind, um den Schadstofftransport in den Grundwasseranstrom zu unterbinden oder den Anstrom zu den Wasserwerken zu sichern, bleiben unberücksichtigt, da deren Erfolg nicht an einer Schadenssanierung gemessen werden kann. Insoweit werden nur hydraulische Sanierungsmaßnahmen auf Grundstücken und in definierten Transferbereichen betrachtet, die lediglich im Einzelfall auch eine parallele Sicherungsfunktion wahrnehmen.

Die ausgewählten Sanierungsfälle reichen bis in das Jahr 1994 zurück und fassen eine rd. 14jährige hydraulische Sanierungsbilanz zusammen. Die LHKW-Schäden bestehen aus einem über mehrere Grundstücke und den Transferpfad Nord reichenden FCKW-Eintrag und ansonsten aus LCKW-Belastungen (Tetrachlorethen, Trichlorethen, weniger cis-Dichlorethen und Monochlorethen). Überwiegende „Metabolitenschäden“ treten nur in einem Transferbereich auf. Als LHKW-Schaden wird im Folgenden die Mischung aus LCKW/FCKW-Belastungen bezeichnet, fehlt die FCKW-Indikation, handelt es sich um einen LCKW-Schaden. Von den drei betrachteten BTEX-Schäden können zwei als Xylol- und einer als Toluolschaden eingestuft werden.

3. Erkundung der Schadensfälle

Die Erkundung der hier betrachteten Grundwasserschäden erfolgte im Wesentlichen in den Jahren 1991-1994. Da hieraus unmittelbare Gefahren für die Berliner Wasserwerke (bzw. für das Schutzgut Mensch) abgeleitet wurden, haben THA/BvS und Land Berlin Ende 1994 die sogenannten „Vorgezogenen Maßnahmen“ beschlossen. Diese umfassten die hydraulische Sanierung und Sicherung auf Grundstücken mit gefahrenrelevanten Auswirkungen auf die beiden Wasserwerke. Auf der Grundlage des damaligen - aus heutiger Sicht vielfach unzureichenden - Erkenntnisstandes sind 1994/1995 die ersten der z. T. noch heute aktiven hydraulischen Grundwassersanierungen begonnen worden.

Die ersten Schadenserkundungen beinhalteten Boden-, Bodenluft- und Grundwasseruntersuchungen mit Rammkernsondierungen, ausgebauten Messstellen, Rammpegeln sowie Bodenluftpegeln.

Untersuchungsmethoden, die heute repräsentativere und differenziertere Gefährdungsabschätzungen und Schadenseingrenzungen gestatten, waren damals nicht Stand der Technik. Dies betrifft insbesondere:

- Bodenuntersuchungen im Linerverfahren zur Probenahme mit ungestörter Schichtenfolge,
- Entnahme von Feststoffproben aus dem gesättigten und ungesättigten Bereich mit leichtflüchtigen Komponenten,
- teufenorientierte Probenahme im Grundwasser mittels Drucksondierungen oder anderen dazu entwickelten Bohrverfahren und in-situ-Messtechnik.

Ohne Anwendung dieser Methoden galten viele Grundwasserschäden zu Beginn der hydraulischen Sanierung als scheinbar gut lokalisiert und abgegrenzt. Im Nachhinein offenbarten sich aber mit stagnierenden Sanierungsfortschritten wesentliche Erkundungsdefizite. Diese bestanden insbesondere in der mangelnden Kenntnis über die vertikale Schadstoffverteilung im Grundwasserleiter und die differenzierten Anreicherungsformen von Schadstoffen im gesättigten Bereich. Insoweit ist die Erkundung der Schadensfälle in den neunziger Jahren auch nicht als abschließend zu bezeichnen. Vielmehr wurden die aktiven Sanierungen in den letzten Jahren - gestützt von einem langfristigen Monitoring - von intensiven Untersuchungen zur Neubewertung des Schadensbildes und der Optimierung der Sanierungsverfahren geprägt. Somit bedeuten 15 Jahre ÖGP Berlin auch eine stetige Verbesserung der Methoden zur Schadenscharakterisierung.

4. Definition der Sanierungsziele

Ein grundsätzliches Erfordernis zur Prüfung von Maßnahmen zur Gefahrenabwehr wird seitens der zuständigen Behörde gemäß der seit 2005 geltenden Berliner Liste gesehen, wenn die Summe der LHKW im Grundwasser $>100 \mu\text{g/l}$ oder bei VC $>2,5 \mu\text{g/l}$ überschreitet. Die Sanierungszielwerte orientieren sich an den geringfügigkeitsschwellenwerten der LAWA in Höhe von $20 \mu\text{g/l}$ (Summenparameter LHKW) und $0,5 \mu\text{g/l}$ (VC). Für BTEX gelten Sanierungszielwerte von $20 \mu\text{g/l}$ in der Summe und $1 \mu\text{g/l}$ bei Benzol. Da vom Gesetzgeber eine hinreichend bestimmte und tatsächlich erreichbare Zielvorgabe verlangt wird, liegt es im Ermessensspielraum der zuständigen Behörde, diese pauschalen und mit den realen Bedingungen meist nicht übereinstimmenden Zielwerte unter Berücksichtigung des Sanierungsverlaufes entsprechend anzupassen. Dies erfolgt in Berlin mit dem Zusatz in den Anordnungen, dass die Sanierung nach Abstimmung mit der Behörde unter bestimmten Bedingungen auch bei Nichterreichen der Sanierungszielwerte beendet werden kann.

Bei den VA-Schadensfällen hat die zuständige Behörde ihren Ermessensspielraum im Sinne der Verhältnismäßigkeit oftmals ausgeschöpft. So wurden z.B. in einem speziellen Fall Grundwasserbelastungen mit Konzentrationen um $500 \mu\text{g/l}$ LCKW in ihrer Ausdehnung erkundet und hinsichtlich ihres Gefahrenpotenzials und der Sanierungsfähigkeit bewertet. Nach intensiver Prüfung und Abwägung der Verhältnismäßigkeit der Mittel verständigten sich BvS und Land Berlin darauf, hier keine Sanierungsmaßnahme zu veranlassen. Eine solche Herangehensweise ist im Einzelfall begründet, wenn sich Grundwasserbelastungen in dieser Größenordnung außerhalb der Einzugsgebiete von Wasserwerken befinden und die Grundstücksgrenzen nicht überschreiten.

Die im Folgenden betrachteten Schadensfälle wiesen zum Beginn der Sanierung ausnahmslos sehr hohe LHKW- oder BTEX-Konzentrationen in Größenordnungen von mehreren Zehntausend $\mu\text{g/l}$ auf, so dass in diesem Beitrag nicht das unbestrittene Erfordernis zur Gefahrenabwehr, sondern der Sanierungsverlauf der hydraulischen Maßnahmen im Hinblick auf die Verhältnismäßigkeit der Zielwerte diskutiert wird.

5. Verlauf der hydraulischen Sanierungsmaßnahmen

Für die 18 ausgewählten Sanierungsfälle können drei unterschiedliche generalisierte Verlaufskurven abgeleitet werden, die in der Abbildung 1 dargestellt sind.

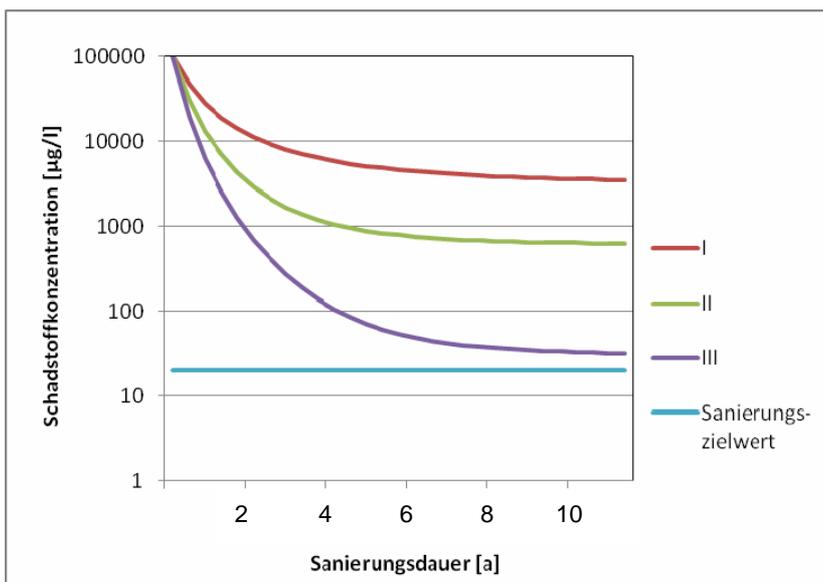


Abbildung 1: Sanierungsverläufe bei LHKW- und BTEX-Grundwasserschäden in Berlin (generalisiert)

Der Diskussion dieser Sanierungsverläufe in den Abschnitten 5.1 - 5.3 soll vorangestellt werden, dass sich der Autor über die begrenzten Möglichkeiten einer aussagefähigen vergleichenden Betrachtung verschiedener Sanierungsfälle durchaus im Klaren ist. Jeder Schaden stellt einen spezifischen Einzelfall dar – eine alte Regel

der Altlastenbearbeitung, die auch von den hier behandelten Beispielen bestätigt wird. Insoweit sind die in den Tabellen 2 bis 4 miteinander verglichenen Daten als Größenordnung zu verstehen, ohne dabei die Einzelspezifika eines jeden Falles gebührend berücksichtigen zu können.

Die Zusammenstellung dieser Daten erfolgte auf der Grundlage der nachstehenden Kriterien:

- Schaden: Grundwasserbelastungen auf Grundstücken und im Transferbereich Nord (im Transfer Nord wurden drei räumlich definierte Sanierungsmaßnahmen berücksichtigt),
- Lage: Hydrogeologische Einordnung der Schäden, U= Urstromtal; H=Hochfläche,
- Zeit: Zeitdauer (in Jahren) von der Inbetriebnahme bis zum Rückbau der hydraulischen Sanierung, mit + gekennzeichnete Maßnahmen bezeichnen derzeit noch aktive hydraulische Sanierungen,
- SWM: Geförderte und behandelte schadstoffbelastete Grundwassermenge,
- OSK-B: Obere Schadstoffkonzentration zu Sanierungsbeginn,
- MSK-A: Mittlere aktuelle Schadstoffkonzentration, bei den beendeten Maßnahmen ist diese identisch mit den Durchschnittswerten bei Abschluss der hydraulischen Sanierungsmaßnahme in den Sanierungsbrunnen,
- S-Austrag: Schadstoffaustrag für LHKW bzw. BTEX mittels der hydraulischen Sanierung aus dem Grundwasser
- G-Kosten: Gesamtkosten für die hydraulische Sanierung einschließlich der ingenieurtechnischen und analytischen Sanierungsbegleitung,
- S-Kosten: Spezifische Kosten pro kg ausgetragener Schadstofffracht für LHKW bzw. BTEX.

5.1 Sanierungsverlauf I – nicht erfolgreich abgeschlossene hydraulische Sanierungen

Der Verlauf I zeigt die Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen für diejenigen LHKW- und BTEX-Schäden, für die mit der hydraulischen Sanierung allein die Sanierungsziele nicht erreicht werden konnten. Davon sind sechs der untersuchten Fälle umfasst, d. h. rd. 33 % der betrachteten Objekte.

Schaden	Lage	Zeit (a)	SWM (m³)	OSK-B (µg/l)	MSK-A (µg/l)	S-Austrag (kg)	G-Kosten (EUR)	S-Kosten (EUR)
1-(LCKW)	U	12+	2.900.000	80.000	1.000	2.630	1.300.000	490
2-(LCKW)	H	5	293.000	80.000	2.000	310	510.000	1.645
3-(LHKW)	U	4	130.000	2.500	700	90	180.000	2.000
4-(BTEX)	U	13+	2.850.000	20.000	2.000	3.600	2.200.000	611
5-(BTEX)	U	4	540.000	30.000	1.000	940	1.200.000	1.270
6-(LCKW)	H	9,5+	350.000	50.000	4.000	3.500	815.000	233

Tabelle 2: Eckdaten zur Charakterisierung des Sanierungsverlaufes I

Der Sanierungsverlauf I zeigt für diese Fälle, unabhängig von den z. T. sehr hohen Ausgangsbelastungen, eine weitgehende Stagnation bei der Reduzierung der Schadstoffkonzentrationen im Bereich von ca. 2.000 µg/l LHKW/BTEX. Bei den vier im Urstromtal befindlichen Standorten handelt es sich um meist langjährig betriebene Grundwassersanierungen in einem mittel- bis feinkörnigen, gut durchlässigen Aquifer. Problematisch wirken hier die meist weichselglazialen bindigen Bildungen, welche die Sande vielfach mit Schluffen und Torfen durchsetzen und aufgrund ihrer lithologischen Ausbildung Schadstoffe binden. Da diese Sedimente mit geringeren Fließgeschwindigkeiten durchströmt werden, sind die hier akkumulierten Schadstoffe hydraulisch nur schwer extrahierbar und verursachen daher den ungenügenden Sanierungserfolg.

Die bisher aufgewandten Kosten für die Maßnahmen mit dem Sanierungsverlauf I betragen rd. 6,2 Mio. EUR. Die spezifischen Kosten des Schadstoffaustrags zeigen eine große Bandbreite und belaufen sich im Durchschnitt auf 1.040 EUR. Hier zeigen die Beispielfälle „Schaden 1“ und „Schaden 6“, dass auch bei den als nicht erfolgreich eingeschätzten hydraulischen Sanierungen Schadstoffe relativ kostengünstig über lange Sanierungszeiträume ausgetragen werden können. Längerfristig betrachtet würden sich aber auch diese spezifischen Kosten mit steigender Tendenz entwickeln, da hier mit nachträglichen Erkundungen ein Schadstoffpotential ermittelt wurde, dass hydraulisch mit einem verhältnismäßigen Aufwand nicht sanierbar ist. Diese beiden Fälle werden ebenso wie die im Kapitel 6 diskutierten „Schaden 4“ und „Schaden 5“ derzeit zusätzlich bzw. alternativ mit ergänzenden Sanierungsverfahren bearbeitet.

Die Sanierungen der Schadensfälle „Schaden 2“ (vgl. Kap. 6) und „Schaden 3“, die mit Abstand die höchsten spezifischen Kosten in Höhe von durchschnittlich rd. 1.800 EUR/kg verursachten, wurden nach relativ kurzen Laufzeiten aufgrund des mangelnden Maßnahmenerfolges abgebrochen. Dies bedeutet, dass hierfür Mittel in Höhe von rd. 0,7 Mio. EUR ohne ein nachhaltiges Ergebnis aufgewandt wurden.

BvS und Land Berlin haben sich mit dem Verlauf der unbefriedigenden Sanierungen intensiv auseinandergesetzt und für die im Urstromtal gelegenen Schadensfälle folgende Ursachen identifiziert:

- Die wesentlichen Schadenserkundungen erfolgten von Anfang bis Mitte der 90er Jahre zu einem relativ frühen Zeitpunkt der Altlastenbearbeitung im Rahmen des VA.
- Die späteren Nachuntersuchungen zeigten erhebliche Defizite bei den früheren Schadenserkundungen und der Bewertung der Schadensumfänge, insbesondere bei der vertikalen Ausgrenzung der gelösten Schadstoffe im Aquifer.
- Die Sanierungsbrunnen wiesen folgerichtig in vielen Fällen nicht die optimale Verfilterung auf. Die vielfach nur geringmächtigen schadstoffangereicherten Bereiche wurden beim Messstellenausbau größtenteils mit lang bemessenen Filterstrecken durchteuft, um den Grundwasserleiter möglichst in seiner gesamten Mächtigkeit und dabei insbesondere die liegenden Bereiche zu erfassen, da aufgrund der vorherrschenden Fachmeinung die LHKW's in tieferen Grundwasserbereichen vermutet wurden. Dies trifft weder überall zu, noch hat sich eine vollkommene Verfilterung des Grundwasserleiters für die Quellensanierung bewährt, weil damit eine zu hohe Schadstoffverdünnung eintritt und zu wenig Fracht gefördert wird.
- Die Bilanzierungen der Schadstoffinventare und die darauf aufbauenden Planungen zum Umfang der Sanierungsmaßnahmen ließen vielfach Flüssigphase und Schadstoffdepots in feinsandigen und schluffigen Einlagerungshorizonten der Talsande unberücksichtigt, da diese bei früheren Altlastenerkundungen im gesättigten Bereich nicht auf flüchtige Schadstoffe untersucht worden sind.

Diese Analyse zeigt, dass die ursprünglich als abgeschlossen betrachtete Untersuchungsphase der Schäden eben nicht ausreichte, um für alle Altlastenfälle den Sanierungserfolg zu gewährleisten. Insofern haben sich BvS und Land Berlin im Rahmen der Projektgruppenarbeit in den letzten Jahren intensiv mit der nachträglichen Schadenserkundung und möglichen Sanierungsalternativen befasst. Im Ergebnis wurden einige hydraulische Regime mit Infiltration, neuen Brunnenstandorten und einem effektiveren Brunnenausbau modifiziert. Damit konnten Schadstoffausträge zwar gesteigert, der Sanierungserfolg aber nicht durchgreifend erreicht werden.

Als eine der Hauptursachen für den ausbleibenden hydraulischen Erfolg ist das Auftreten von lokalen Flüssigphasen (DNAPL, Fingering) und BTEX-Hot-spots im gesättigten Bereich erkannt worden. Dies bedeutete, dass im Vergleich zur hydraulischen Sanierung der Sanierungserfolg mit weitaus kostenintensiveren Maßnahmen, wie z. B. Bodenaushub, gesucht werden musste. Aus diesem Grund sind sowohl die Finanzmittel als auch die Sanierungszeiträume für einige der Altlastenstandorte, welche die Verlaufskurve I repräsentiert, neu überdacht und konzipiert worden.

5.2 Sanierungsverlauf II – aktive erfolgreiche hydraulische Sanierungen

Der Verlauf II zeigt die Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen für diejenigen LHKW- und BTEX-Schäden, deren hydraulische Sanierung derzeit noch als erfolgreich bewertet wird, aber nicht abgeschlossen ist. Dies betrifft 7 Objekte, d. h. 39 % der hier betrachteten hydraulischen Sanierungen. Für diese ist ein asymptotischer Verlauf auf unterschiedlichem Niveau zwar erkennbar, die aktuellen Frachtausträge und die damit einhergehenden Schadstoffreduzierungen im Grundwasser rechtfertigen aber den Weiterbetrieb der Sanierung. Die hier extrahierten ca. 21,5 t Schadstofffracht stehen für rd. 56 % der in den betrachteten Schadensfällen bisher ausgetragenen Gesamtschadstoffmenge. Je nach der spezifischen Gefährdung von Schutzgütern (z. B. Lage zu den Wasserwerken) und der Entwicklung der spezifischen Kosten ist in Zukunft einzelfallbezogen

über den Sanierungsabschluss zu entscheiden und festzulegen, ob die erreichten Schadstoffkonzentrationen als Sanierungsziel akzeptiert werden können oder weiterführende Maßnahmen erforderlich sind.

Schaden	Lage	Zeit (a)	SWM (m³)	OSK-B (µg/l)	MSK-A (µg/l)	S-Austrag (kg)	G-Kosten (EUR)	S-Kosten (EUR)
7-(LCKW)	U	12+	5.800.000	30.000	500	2.000	2.300.000	1.140
8-(LHKW)	U	2+	480.000	1.000	300	140	240.000	1.710
9-(LCKW)	U	12+	2.200.000	7.700	150	400	852.000	2.130
10-(LCKW)	U	7+	1.240.000	17.000	2.000	8.000	1.680.000	210
11-(LCKW)	U	5+	970.000	7.000	600	1.000	400.000	400
12-(LCKW)	H	6+	545.000	50.000	10.000	9.800	850.000	90
13-(FCKW)	U	0,5+	43.000	32.000	3.500	156	60.000	380

Tabelle 3: Eckdaten zur Charakterisierung des Sanierungsverlaufes II

Die Gesamtkosten für diese Maßnahmen betragen bisher ca. 6,4 Mio. EUR. Die durchschnittlichen spezifischen Kosten in Höhe von rd. 866 EUR/kg weisen ebenfalls eine sehr hohe Bandbreite zwischen 90 EUR/kg und 2.130 EUR/kg auf. Die relativ hohen Kosten für die Schadensfälle „Schaden 7“, „Schaden 8“ und „Schaden 9“ ergeben sich aus der anstromigen Position dieser Grundstücke zu den Wasserwerken und der damit verbundenen teilweisen Sicherungsfunktion der hydraulischen Sanierungsmaßnahmen. Hier muss in Zukunft entschieden werden, in welcher Höhe verbleibende Schadstoffkonzentrationen akzeptabel sind, um eine Gefährdung der Trinkwasserfassungen über den Transferpfad dauerhaft auszuschließen.

Der „Schaden 12“ befindet sich in einem bedeckten Grundwasserleiter auf der Hochfläche und weist von allen betrachteten hydraulischen Sanierungen die niedrigsten spezifischen Kosten auf. Diese sind auf die derzeit noch hohen gelösten verfügbaren Schadstoffkonzentrationen zurückzuführen. Um auch hier in Zukunft die Verhältnismäßigkeit der Mittel zu wahren, werden derzeit umfangreiche planerische Vorarbeiten zur späteren Ablösung der hydraulischen Maßnahme durch Stimulierung des natürlichen in-situ Abbaus geleistet.

5.3 Sanierungsverlauf III – erfolgreich abgeschlossene hydraulische Sanierungen

Der Verlauf III zeigt die erfolgreichen hydraulischen Sanierungsfälle. Von den 18 betrachteten Schäden konnten bisher lediglich 5 Fälle, d. h. 28 % allein mit hydraulischen Maßnahmen abschließend saniert werden. Hierbei ist es zwar nicht gelungen, die in den behördlichen Auflagen enthaltenen Sanierungszielwerte vollständig zu erreichen, mit dem Unterschreiten von Konzentrationen < 100 µg/l LHKW/BTEX in den Sanierungsbrunnen galt aber das wesentliche Sanierungsziel als erfüllt, nämlich eine signifikante und dauerhafte Reduzierung des Schadstoffinventars im Grundwasserleiter sicherzustellen.

Schaden	Lage	Zeit (a)	SWM (m³)	MSK-B (µg/l)	MSK-A (µg/l)	S-Austrag (kg)	G-Kosten (EUR)	S-Kosten (EUR)
14-(LCKW)	U	6	1.500.000	80.000	70	600	600.000	100
15-(LHKW)	U	4	990.000	2.000	400	450	300.000	670
16-(LHKW)	U	11	2.700.000	5.300	250	2.350	1.520.000	650
17-(LCKW)	U	7	824.000	9.000	80	500	1.100.000	2.200
18-(BTEX)	U	10	1.320.000	40.000	50	1.500	1.300.000	870

Tabelle 4: Eckdaten zur Charakterisierung des Sanierungsverlaufes III

Die Kosten für die erfolgreich sanierten Schadensfälle belaufen sich auf insgesamt rd. 4,8 Mio. EUR. Sie betragen damit rd. 27 % der für die hydraulischen Sanierungen aufgewandten Gesamtkosten und stehen für einen Erfolg im Vergleich von Aufwand und Nutzen. Die mittleren spezifischen Kosten betragen ca. 900 EUR/kg, bei einer großen Bandbreite zwischen 100 EUR/kg und 2.200 EUR/kg. Ohne Berücksichtigung des im Anstrom zum Wasserwerk gelegenen „Schaden 17“, bei dem die Grundstückssanierung auch eine Sicherungsfunktion erfüllte, ergeben sich für die allein hydraulisch erfolgreich abgeschlossenen Maßnahmen spezifische Kosten in Höhe von akzeptablen, rd. 570 EUR/kg.

Eines der erfolgreichsten Beispiele einer hydraulischen Sanierung zeigt hierbei der „Schaden 14“ (LCKW), bei dem innerhalb von 6 Jahren eine Reduzierung des Schadstoffinventars von 80.000 $\mu\text{g/l}$ auf rd. 70 $\mu\text{g/l}$ erreicht werden konnte. Das Schadstoffpotenzial befand sich hier weitgehend hydraulisch verfügbar in einem mittelsandigen Aquifer, so dass die Ergebnisse der ersten Erkundung bzw. Sanierungsuntersuchung umfänglich zutrafen und die Maßnahme wie geplant ablief. Obwohl sich nach Sanierungsabschluss der Reboundeffekt mit einem lokal begrenzten, temporären Anstieg der Konzentration auf ca. 1.000 $\mu\text{g/l}$ LCKW einstellte, zeigt das nachlaufende Monitoring der letzten Jahre eine konstant geringe LCKW-Belastung $<100 \mu\text{g/l}$ in den meisten Messstellen und damit einen durchgreifenden Sanierungserfolg.

Aufschlussreich ist die Betrachtung der beim Sanierungsverlauf III ausgetragenen Schadstoffmengen. Diese erreichen mit rd. 5.400 kg nur ca. 14 % der in den untersuchten Schadensfällen hydraulisch ausgetragenen Gesamtfracht. Das deutet darauf hin, dass die abgeschlossenen Sanierungen u. a. auch deshalb erfolgreich verlaufen sind, weil das hier vorhandene Schadstoffpotential im Vergleich zu den bisher mit den Verlaufskurven I und II ausgetragenen 32.500 kg Schadstoff relativ gering ausfällt.

6. Beispieldiskussion

Die Einschätzung eines Sanierungserfolges ist immer wieder mit der Frage der Verhältnismäßigkeit der Mittel verknüpft. Dies lässt sich am Besten anhand von Beispielen der Verlaufskurve I darstellen. Diese stehen für die intensiven Diskussionen in der Projektgruppe Berlin zu den optimalen Sanierungsstrategien und zur Wahrung der Verhältnismäßigkeit der Mittel, um insbesondere bei unbefriedigend verlaufenden hydraulischen Grundwassersanierungen die angemessenen Schlussfolgerungen für die weitere Verfahrensweise zu ziehen.

1. So erfolgte bei dem „Grundstück 5“ Bodenaushub in der gesättigten Zone zur Gewährleistung der weiteren Investitionen als Bürostandort zu ähnlichen Kosten, wie sie bis dahin die fast vierjährige hydraulische Grundwassersanierungsmaßnahme erforderte. Hier stehen rd. 1 Mio. EUR für den Austrag von 938 kg BTEX bei der hydraulischen Grundwassersanierung den 1,3 Mio. EUR für 1.000 kg BTEX-Austrag bei dem anschließenden Bodenaushub gegenüber. Dieses Beispiel dokumentiert die verhältnismäßige Ergänzung einer nicht erfolgreich abzuschließenden hydraulischen Sanierung. Mit der Bodensanierung wurde ein Schadstoffinventar aus bindigen und der hydraulischen Sanierung kaum zugänglichen Horizonten entfernt, das erst durch nachträgliche Erkundungsmaßnahmen festgestellt werden konnte. Ohne Auskoffnung wäre hier die hydraulische Sanierung ggf. noch auf unabsehbare Zeit gelaufen. Im Anschluss an die Bodenaushubmaßnahme konnte im Rahmen des mehrjährigen Monitorings eine konstante und dauerhafte Reduzierung $<20 \mu\text{g/l}$ BTEX im Grundwasser auf dem Grundstück registriert werden.
2. Nicht immer ist ein solches angemessenes Verhältnis von Aufwand und Nutzen zu realisieren. So wurde auf dem „Grundstück 4“ ein 1991 festgestellter BTEX-Schaden bis 1993 erkundet und seit 1994 hydraulisch saniert. Da die Schadstoffverteilung scheinbar gut lokalisiert werden konnte, sahen die Beteiligten den Sanierungsfall lange Zeit nicht als problematisch an. Aus heutiger Sicht sicher eine Fehleinschätzung! Nachdem an dem Standort bis 2007 ein rd. 200-facher Wasseraustausch stattgefunden hatte und der asymptotische Verlauf der hydraulischen Sanierung auf dem Niveau von ca. 2.000 $\mu\text{g/l}$ BTEX seit Jahren stagnierte, führte dies folgerichtig zu einer Ursachensuche.

Mehrere Nacherkundungen des tieferen gesättigten Bereiches zeigten mit einem berechneten Potenzial von rd. 13.000 kg BTEX zwischen 6-10 m Tiefe die Ursache der mangelnden hydraulischen Sanierungswirkung. Nach Prüfung mehrerer alternativer Sanierungsvarianten (u. a. Chemische Oxidation) wurde auch hier Bodenaushub als Maßnahme zur abschließenden Gefahrenabwehr vorgesehen. Die Kostenrelation gestaltet sich in diesem Fall wesentlich ungünstiger, den bisher in 13 Jahren aufgewandten rd. 2,2 Mio. EUR für die hydraulische Sanierung stehen dann zusätzliche 4,0-5,0 Mio. EUR für den Bodenaushub gegenüber. Da sich aber der Schadensherd nur 120 m vor der Wasserwerksgalerie befindet und bei ungehindertem Ausbreiten die Schadstofffront zeitnah den ersten Wasserwerksbrunnen erreichen würde, besteht für eine Modifizierung von Sanierungszielwerten wenig Ermessensspielraum. Das Sanierungsziel wurde nach Diskussion

in der Projektgruppe Berlin mit $5 \mu\text{g/l}$ Benzol im vom Grundstück in Richtung Wasserwerk abströmenden Grundwasser festgelegt. Auf dem Grundstück werden nach der erfolgten Quellsanierung auch höhere Werte im Aquifer akzeptiert.

Das nutzens- und kostenentscheidende, oftmals lebhaft diskutierte Problem beim Bodenaushub besteht in der Festlegung des optimalen Aushubvolumens, um eine nachhaltige Grundwasserentlastung sicher zu erreichen und die hydraulische Maßnahme dauerhaft zu ersetzen. Hierbei sind insbesondere an die gutachterlichen Untersuchungen und ingenieurseitigen Planungsarbeiten hohe Anforderungen gestellt.

Neben dem Bodenaushub sind von der Projektgruppe Berlin in den letzten Jahren intensiv alternative in-situ Sanierungsmaßnahmen diskutiert und geprüft worden. Hierzu ist festzustellen, dass unter Bedingungen, bei denen die hydraulische Sanierung an ihre Grenzen stößt, auch die chemische Oxidation oder die Stimulierung biologischer Prozesse nur limitiert Anwendung finden können. Da die reaktiven Stoffe aufgrund der Schadstoffverteilungen bzw. ungünstiger hydrodynamischer Bedingungen die Quellbereiche kaum durchdringen, lassen sich damit Herdsanierungen auch nur in Einzelfällen realisieren.

3. Ein drittes Beispiel soll das differenzierte Vorgehen bei der Verlaufskurve I anhand des „Schadens 2“ illustrieren. Hier wurde auf der Hochfläche ein LCKW-Grundwasserschaden im oberen schwebenden Grundwasserkörper und im bedeckten Grundwasserleiter begleitend zur Bodenluft hydraulisch saniert. Während die pneumatische Sanierung nach ca. 3 Jahren erfolgreich abgeschlossen werden konnte, stellten sich im Grundwasser an den einzelnen Sanierungsbrunnen unterschiedliche Verlaufskurven ein, die alle drei in der Abbildung 1 dargestellten Varianten repräsentierten. Im Gegensatz zu den langfristigen Grundwassersanierungen im ÖGP wurde hier bereits frühzeitig festgestellt, dass sich ein Großteil der Schadstoffe im schluffig bis feinsandig ausgebildeten Geschiebemergel befindet und nur wenig Aussicht auf einen durchgreifenden Sanierungserfolg besteht. Die Debatte führten Behörde und BvS um die Verhältnismäßigkeit der Grundwassersanierung, da keine Gefahr für eine Trinkwasserförderung zu besorgen war. Nach umfangreichen gutachterlichen Bewertungen des Sachverhalts sowie in Anbetracht eines berechneten Schadstoffpotentials von ca. 3.000 kg LCKW bei einem Austrag von nur 310 kg in vier Jahren wurde die Grundwassersanierung eingestellt und ein mehrjähriges Monitoring vereinbart. Die Monitoringergebnisse bestätigten den erwarteten Reboundeffekt mit einem partiellen LCKW-Anstieg auf die Ausgangskonzentrationen. Im Gegensatz zu den o. g. beiden Beispielen besteht hier aus Sicht der BvS auf Grund der eingeschränkten Schutzgütergefährdung kein Erfordernis für eine künftige alternative Maßnahme.

Angesichts der für den letztgenannten Fall aufgewandten Mittel ist zu hinterfragen, inwieweit eine hydraulische Grundwassersanierung bei ungünstigen hydrogeologischen Bedingungen und fehlenden wasserwirtschaftlichen Nutzungen überhaupt zweckmäßig ist. Im Einzelfall könnte hier auf sonstige Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen in Kombination mit der Ermittlung des natürlichen Selbstreinigungs- und Immobilisierungspotentials orientiert werden.

In diesem Rahmen diskutieren BvS und Behörde fallweise kontrovers, zu welchem Zeitpunkt eine hydraulische Grundwassersanierung nach Erreichen des Tailings oberhalb des Sanierungszielwertes eingestellt werden sollte. Insbesondere bei nicht hinreichend bekannten Schadstoffpotentialen stellt sich die Frage nach dem mit der ausgetragenen Fracht erzielten Sanierungserfolg. Oftmals übersteigen bei den untersuchten Fällen die extrahierten Schadstoffmengen die zuvor theoretisch berechneten Frachtpotentiale um ein Vielfaches, ohne dass eine signifikante Reduzierung des Schadstoffinventars erreicht wird. Somit ist nicht bekannt, ob nach mehreren Sanierungsjahren lediglich einige Prozent oder ein sehr hoher Anteil des vorhandenen Schadenspotentials beseitigt wurde, da das jeweils erreichte Konzentrationsniveau dazu nur einen ungenügenden Aufschluss gibt. Aus Sicht der BvS ist dies unbefriedigend, weil diese Sanierungen nicht auf gesicherten fachlichen Erkenntnissen beruhen. Insoweit sollte im Rahmen der vorlaufenden Untersuchungsprogramme möglichst das gesamte vorhandene Schadstoffpotential mit hinreichender Sicherheit bilanziert werden, soweit dies mit verhältnismäßigem Aufwand leistbar ist.

Das Land Berlin setzt dieser Sichtweise im Einzelfall den ordnungsbehördlichen Ansatz entgegen und argumentiert mit der Verpflichtung, bei signifikanten und sich ausbreitenden Grundwasserbelastungen hydraulisch eine Schadensminderung zu erreichen, sofern keine andere erfolgversprechende Möglichkeit der Schadensbeseitigung besteht. Die Verhältnismäßigkeit der Maßnahme prüft die Behörde dann im Zuge der fortschreitenden Sanierung, die damit zu einem iterativen Erkenntnisprozess qualifiziert wird.

Die fallweise unterschiedlichen Positionen erfordern eine pragmatische Projektgruppenarbeit und die Bereitschaft beider Seiten, tragfähige Kompromisse zu schließen. Als Voraussetzung dafür ist die gutachterliche Erkundung, Planung und Begleitung der Maßnahmen auf einem qualitativ hohen Niveau zu führen. Das Schadensbild soll detailliert und in seiner Differenziertheit möglichst umfassend mit fundierten Detail- und Sanierungsuntersuchungen ermittelt werden. Auch wenn diese Herangehensweise kosten- und zeitintensiv sein kann, wird dies vom Nutzen einer begründeten und nachvollziehbaren Abwägung geeigneter Sanierungsszenarien mehr als aufgewogen.

Im Gegensatz zu den partiell konfliktbehafteten Schadensfällen der Verlaufskurven I und II vermittelt die Verlaufskurve III einen planmäßigen Sanierungsablauf, wie er nach den bis 1997 erstellten Teilsanierungskonzepten im ÖGP vorgesehen war. Allerdings trifft dies auf weniger als die Hälfte der Schadensfälle zu. In diesem Rahmen müssen heute auch die Sanierungsstrategien der BvS kritisch hinterfragt werden. So standen bis zum Ende der 90er Jahre die Begriffe „Bodenaushub“ oder „Bodensanierung“ der gesättigten Zone ob der damit verbundenen hohen Kosten vielfach gleichbedeutend für unnötige und nicht verhältnismäßige Maßnahmen. Insbesondere bei der Kostenplanung hat man sich die theoretischen Ansätze einer erfolgreichen hydraulischen Sanierung zu Eigen gemacht und ist davon ausgegangen, dass die erkundeten Grundwasserschäden hydraulisch in einem überschaubaren Zeitraum von ca. 5-10 Jahren sanierbar wären. Dieses Szenario ist so nicht eingetreten und verdeutlicht damit einmal mehr die Problematik, hinreichend belastbare langfristige Zeit- und Kostenrahmen für die Altlastenbearbeitung zu erstellen.

7. Schlussfolgerungen

Aus den o. g. Darlegungen können folgende Schlussfolgerungen abgeleitet werden:

1. Bei der Ermittlung von Grundwasserschäden sind kombinierte moderne Untersuchungsmethoden zu nutzen, um ein hinreichend gesichertes Schadensbild zu erstellen. Diese umfassen:
 - teufenorientierte Grundwasserbeprobungen mit dafür geeigneter Technik,
 - Probenahme bis in den tieferen, belasteten gesättigten Bereich, u. a. zur Bestimmung von leichtflüchtigen Kontaminanten,
 - numerische Modellierungen (GW-Strömungsmodelle, Schadstofftransportmodelle),
 - zwei- und dreidimensionale Darstellung der Schadensverteilung,
 - qualitativ durch periodische Ringversuche abgesicherte Analytik,
 - Schadstoffmengenbilanzierung und Einschätzung des hydraulisch verfügbaren Potentials,
 - Analyse und Bewertung der Indikatoren „natürlicher Schadstoffabbau/Immobilisierung“,
 - Erkundung und Konfiguration von Schadstoffdepots im gesättigten Bereich.
2. Die hydraulische Sanierung ist ingenieurseitig auf fachlich hohem Niveau zu begleiten, um frühzeitig aus dem Sanierungsverlauf Erfordernisse für weitere Erkundungen abzuleiten bzw. die Modifizierung der Maßnahme zu konzipieren.
3. Der Filterausbau der Sanierungsbrunnen hat sich an den vertikalen Schadstoffverteilungen zu orientieren, wobei fallweise auf möglichst geringe Förderraten und große Bohrdurchmesser orientiert werden sollte. Bei einer absehbar langfristigen hydraulischen Grundwasserförderung sind Ausbaumaterialien zu wählen, die eine umfassende Regenerierung der Brunnen ermöglichen.
4. Neben einer hydraulischen Sanierung von gelösten Schadstoffen im Schadenszentrum ist der frühzeitigen Erfolgsabschätzung von nachlaufenden in-situ Methoden entsprechende Aufmerksamkeit zu widmen. Hier

müssen sich insbesondere die Gutachter und Planungsbüros den hohen fachtechnischen Ansprüchen zur Bearbeitung dieser Aufgabe stellen. Im gleichen Maße sind von BvS und Land Berlin die Finanzierung von entsprechenden Untersuchungsmaßnahmen bzw. innovativen Sanierungsverfahren abzusichern.

5. Mit fortdauernder Zeit verbleiben die komplexen Schadensfälle in der Bearbeitung, für die keine einfachen und schnellen Lösungen bestehen. Da „ewig dauernde“ Sanierungsszenarien seitens der BvS nicht akzeptabel sind, sollten die Beteiligten Kompromisslösungen prüfen, wie z.B.:
 - Modifizierung der Sanierungsziele zur Beendigung einer hydraulischen Sanierung ohne weiterführende ergänzende Maßnahmen,
 - Einstufung eines Schadens als mit verhältnismäßigen Mitteln nicht sanierbar,
 - Initiierung und Finanzierung von begründeten Pilotversuchen oder Sanierungstests, die noch nicht Stand der Technik sind oder Anspruch auf eine Erfolgsgarantie erheben,
 - Prüfung der natürlichen Rückhalte- und Abbaupotentiale und deren Einschätzung für eine nachhaltige Schadensminderung.
6. Auch nach einer 15jährigen Bearbeitung des ÖGP Berlin sind zuverlässige Kostenschätzungen für viele der noch in der Bearbeitung befindlichen Sanierungsfälle nicht möglich. Langfristig angelegte und belastbare Kostenrahmen können deshalb nur im Ergebnis der fortschreitenden Sanierungen erstellt werden.

8. Zusammenfassung

Im Rahmen der VA-Altlastenbearbeitung im Ostteil Berlins wurden 18 hydraulische Sanierungen von LHKW- und BTEX-Schäden hinsichtlich ihrer bisherigen Ergebnisse bewertet. Als Resultat ist festzustellen, dass rd. ein Drittel der hydraulischen Sanierungen erfolgreich abgeschlossen werden konnte, ein Drittel derzeit noch aktiv ist und bei einem Drittel ergänzende Maßnahmen (z. B. Bodenaushub) notwendig waren bzw. sind, um die Sanierungsziele dauerhaft zu erreichen.

Die für die hydraulische Sanierung dieser Schäden aufgewandten Gesamtkosten belaufen sich auf rd. 17 Mio. EUR. Die spezifischen Kosten pro Kg ausgetragener Schadstoffmenge betragen im Durchschnitt ca. 930 EUR mit einer großen Bandbreite, die sich zwischen 90 EUR/kg und 2.200 EUR/kg bewegt.

Als eine Ursache für die nicht erfolgreich abgeschlossenen hydraulischen Sanierungen wurden komplexe Schadstoffverteilungen im gesättigten Bereich ermittelt, die erst durch moderne Untersuchungsmethoden erkennbar waren.

Bei den aktiven und derzeit noch als erfolgreich eingeschätzten hydraulischen Maßnahmen orientiert die Projektgruppe Berlin auf eine umfassende nachträgliche Schadenscharakterisierung, die verstärkte Einbeziehung von in-situ Maßnahmen und auf natürliche Abbauprozesse zum Erreichen einer nachhaltigen Schadensminderung. Pragmatische Kompromisse im Hinblick auf die Festlegung oder Neuorientierung von Sanierungszielen werden angestrebt.

Die erfolgreich abgeschlossenen hydraulischen Maßnahmen führten zu einer nachhaltigen dauerhaften und akzeptablen Minderung der Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser, ohne allerdings die vorgegebenen Sanierungszielwerte vollständig zu erreichen. Da mit diesen Maßnahmen nur ca. 14 % der aus dem Grundwasser entfernten Gesamtschadstoffmenge von 38 t extrahiert wurde, lässt sich der hydraulische Sanierungserfolg offenbar u. a. auch auf das hier relativ geringe Schadstoffpotenzial zurückführen.

Sowohl die bisherigen Erfahrungen mit früheren Kostenprognosen als auch die Tatsache, dass mit fortschreitender Zeit im Wesentlichen nur noch die komplexen Schadensfälle mit komplizierten Sanierungsbedingungen verbleiben, lassen eine Erstellung von belastbaren Zeit- und Kostenrahmen zur abschließenden Regelung der VA-Altlastenproblematik in Berlin kurzfristig nicht erwarten.

Aushubtechniken bei der Sanierung von hot-spot-Bereichen in der gesättigten Bodenzone

Dipl.-Geogr. Bernd Grützmann, Dipl.-Ing. Jens Schneider, IUP. Ingenieure GmbH

1. Einführung

1.1 Zielsetzung

In den vergangenen Jahren beschränkte sich die Sanierungstechnik von Verunreinigungen der gesättigten Bodenzone im ökologischen Großprojekt Berlin im Wesentlichen auf hydraulische Sanierungsverfahren. Gerade in jüngster Zeit zeigte sich in einigen Sanierungsfällen jedoch, dass aufgrund der Einsatzgrenzen der hydraulischen Sanierung bei der Sanierung von Schwerlastbereichen in der gesättigten Bodenzone im Hinblick auf die Dauer einer Maßnahme und damit auch im Hinblick auf die Verhältnismäßigkeit ggfs. weitere unterstützende und ergänzende Maßnahmen notwendig werden können. Die Sanierung von hot-spot-Bereichen in der gesättigten Bodenzone stellt heute deswegen einerseits eine unterstützende Maßnahme von hydraulischen Verfahren dar, andererseits haben sich die Verfahren aber auch als eigenständige Sanierungstechnologien bewährt.

Schwerpunktbelastungen in der gesättigten Bodenzone stellen bei Altlastensanierungen immer eine besondere Herausforderung dar. Die Schadstoffe werden dabei im Laufe der Zeit, je nach Historie der Altlast zum Teil über Jahrzehnte, von ehemals relativ scharf umrissenen Eintragsorten mit dem Grundwasserstrom immer großräumiger im Boden verteilt. Da eine solche Verteilung mit dem Grundwasserabstrom zu einer unregelmäßigen Schadstofffahne in der gesättigten Bodenzone bzw. im Grundwasserschwankungsbereich führt, ist ein Sanierungsverfahren mit hoher Präzision bei der räumlichen Verfolgung der Belastung zu wählen.

Grundlage der Anwendung derartig entnahmepräziser Aushubtechnologien ist die genaue Kenntnis der lateralen und vertikalen Verteilung des Schadens sowie eine nachgewiesene Korrelation von gelöster Fracht und dem Schadstoffpotential im Feststoff. Ziel der Verfahrensanwendung ist die direkte Reduktion bzw. Beseitigung der Schadstoffquellen. Dazu wurden in der jüngsten Vergangenheit seitens der Bauindustrie klassische Spezialtiefbauverfahren, die im Wesentlichen aus dem Hafen- und Tunnelbau stammen, entsprechend den spezifischen Anforderungen der Sanierung von kontaminierten Bereichen adaptiert und modifiziert.

1.2 Grundlagen

Im Rahmen des ökologischen Großprojektes Berlin wurde durch die Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz in den vergangenen Jahren bereits zum zweiten Mal eine technische Recherche im Rahmen eines bundesweiten Teilnahmewettbewerbes durchgeführt. Ziel ist es, neben der Berücksichtigung vergaberechtlicher Gesichtspunkte, einen jeweils aktuellen Stand der technischen Weiterentwicklung auf den genannten Gebieten des Spezialtiefbaues zu erlangen.

Die im Rahmen des wettbewerblichen Verfahrens ermittelte Bieterliste der präqualifizierten Unternehmen ist Grundlage für die beschränkten Ausschreibungen für die Umsetzung von Bodenaustauschmaßnahmen im gesättigten Bereich.

Dieses Vorgehen soll zusätzlich ermöglichen, dass jeweils optimale Standort- und Verfahrenslösungen zur Umsetzung zur Verfügung stehen. Der Bodenaustausch im Grundwasserbereich stellt dabei erhöhte Anforderungen an das Aushubverfahren. Bei einer Bodenentnahme innerhalb eines Sanierungsprojektes sind neben der Wasserhaltung und -absenkung und ggf. -abreinigung und dem wasserdichten Verbau weitere Randbedingungen zu beachten. Wesentlich ist insbesondere in eng bebauten Gebieten mit teilweise sensibler Nutzung in großstädtischen Bereichen die Schadstoffemissionen während des Entnahmeprozesses zu minimieren.

Verfahrensimmant kann dies durch möglichst kleinflächige „Öffnungen“ im Entnahmbereich erreicht werden. Darüber hinaus ist die Frage zu prüfen, inwieweit der Aushubbereich möglichst genau dem Schadensbereich angepasst werden kann und wie ein Aushub bei Grenzteufen von bis zu 10 oder 15 m möglich ist.

2. Verfahrensübersicht

Die Auswertung der Bewerbungsunterlagen ergab bezogen auf die genannten Zielstellungen „Aushubtiefe“, „geringe Emissionen“ sowie „Kleinräumigkeit“ verschiedene technische Lösungen, die von mehreren Fachfirmen bereits erfolgreich im Rahmen von Sanierungen zum Einsatz gebracht wurden. Dabei wurden eine Reihe von Verfahrenstechniken vorgestellt, die im Wesentlichen die Prinzipien von Spundwandkästen oder Senkkästen adaptieren.

Spundwandkästen werden häufig bei Baugruben zur Abfangung der Grubenwände bei gleichzeitigem Unterwasseraushub eingesetzt. Diese kleinen Baugruben werden aus den bekannten Stahl-Einzelprofilen gerammt oder eingepresst. Die Baugrubenwände werden im Laufe des Aushubs entweder durch Spriëbe nach innen oder Verpressanker gehalten.



Bild 1: Spundwandkasten mit aussteifenden Profilen.

Unterwasseraushub mittels Tieflöfflbagger. Sichtbar ist hier die große freiliegende Öffnung der Baugrube, die hinsichtlich einer emissionsminimierenden Bautechnik Nachteile aufweist

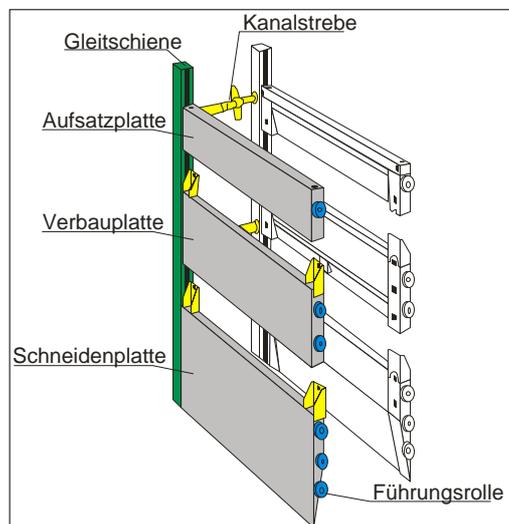


Bild 2: Prinzipskizze des Aufbaus eines Linearverbaus

Darüber hinaus wurden spezielle, teilweise patentierte Verfahren angeboten. Dazu gehört auch der sogenannte Gleitschienenverbau. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um eine Grabenverbautechnologie mittels modularer Steckelemente. Auch bei diesem Verfahren ergeben sich hinsichtlich der Verbautiefe und der freisetzbaren Emissionen Verfahrensbeschränkungen, ähnlich denen der Spundwandkästen. Der Grabenverbau beginnt nach einem tiefen Voraushub mit einer vormontierten Verbaueinheit aus zwei Schneidenplatten, zwei Verbauplatten und vier in ihrer Länge der Grabenbreite entsprechenden Kanalstreben. Auf beiden Seiten werden ebenfalls auf Grabenbreite vormontierte Gleitschienen-Paare über die ausgerichtete Verbaueinheit mit Führungsschienen eingefädelt und ausgerichtet. Die Gleitschienen und die Verbauplatten werden anschließend synchron mit dem weiteren Grabenaushub bis zur vorgegebenen Grabentiefe schrittweise abgesenkt.

Ein angepasster Einsatz dieser Verfahren bei entsprechend ausgeprägten Schadensfällen kann bei Vorliegen entsprechender Randbedingungen eine optimale Lösung darstellen. Bei durchgeführten Maßnahmen auf einem Chemie-Standort im ÖGP Berlin wurden diese Verfahren erfolgreich bei der Herstellung eines unterirdischen

Rohrleitungssystem einer Grundwasserreinigungsanlage mit einer Gesamtausdehnung von 5.200 m bis in Teufen von ca. 3,50 m und gleichzeitigem Aushub von hot-spot-Bereichen eingesetzt.

Eine weitere Verfahrensgruppe stellen die ebenfalls von einer Reihe von Bewerbern angebotenen Grosslochaustauschbohrverfahren sowie Hexagonalrohraustauschverfahren dar. Diese Verfahrensgruppen vereinen idealerweise die bei vielen hot-spot-Bodensanierungsmaßnahmen verlangten verfahrenstechnischen Randbedingungen

- Zielgenaue Entnahme von Hochlastbereichen
- Geringe verfahrensbedingte Emissionen
- Große Aushubtiefe ohne Wasserhaltungsmaßnahmen
- Variabilität hinsichtlich horizontaler und vertikaler Flächen- und Tiefenausdehnung
- Vorteile hinsichtlich Genehmigungserfordernissen in Bereichen sensibler Nutzung

2.1 Grosslochaustauschbohrverfahren

Bohrungen mit einem Durchmesser > 300 mm bis zu 3.000 mm werden bautechnisch als Grosslochbohrungen bezeichnet. Großlochbohrungen werden gemeinhin zur Herstellung von Pfählen aller Art, für die Herstellung von Trägerverbau, Brunnen für Wasserhaltungen und als Austauschbohrungen zur Baugrundverbesserung ausgeführt.

Eine für den Umweltbereich adaptierte Lösung für kleinräumige hot-spot-Sanierungen stellen die so genannten Grosslochaustauschbohrverfahren mit Schutzverrohrung dar. Dabei dreht zunächst ein Großdrehbohrgerät erschütterungsfrei ein dem Bohrwerkzeug vorausseilendes Schutzrohr in den Boden ein. Übliche Bohrdurchmesser sind hierbei ca. 1.500 – 1.800 mm.

Abschnittsweise erfolgt dann das Ausbohren innerhalb der Schutzverrohrung. Als Bohrwerkzeug dient eine dicht verschließbare Schappe. Diese kann nach dem Abbohrvorgang durch einen Verriegelungsmechanismus verschlossen werden. Somit ist es mit dieser Technik möglich, auch stark wassergesättigte bzw. schlammartige Böden zu erbohren.



Bild 3.1: Einbringen des Mantelrohres in den Untergrund



Bild 3.2: Mantelrohr bis zur Endteufe eingebracht

Die Bohrarbeiten erfolgen im so genannten Pilgerschrittverfahren. Hierbei werden zunächst voneinander unabhängige Primärbohrungen und anschließend überschnittene Sekundärbohrungen hergestellt. Diese Vorgehensweise gewährleistet, dass das Mantelrohr entweder voll in den anstehenden Boden oder zu gleichen Teilen in bereits hergestellte Bohrungen einschneidet.

Durch den Ausbohrvorgang innerhalb des Schutzrohres wird durch die Entfernung des Wasser-Bodengemisches sowohl das Gewicht der Bodenmasse als auch der statische Druck der Wassersäule von der Bohrlochsohle genommen. Bei ungünstigen Boden- und Grundwasserverhältnissen kann dies zur Folge haben, dass durch den außerhalb des Bohrrohres vorhandenen hydrostatischen Druck (freier Wasserspiegel) ein so großer Druckunterschied an der Bohrsohle ansteht, dass diese aufbrechen würde und somit Boden mit einträgt und ein Hohlraum im Untergrund entsteht. Dem kann durch eine stetige Befüllung mit Wasser (Wasserlast) innerhalb des Mantelrohres bis auf das Niveau des freien Grundwasserspiegels entgegen gewirkt und somit ein Kräfteausgleich erreicht werden.



Bild 4: Einbringen der Bohrschappe in das Mantelrohr

Nach Fertigstellung der Bohrung wird die Bohrung bei gleichzeitigem Ziehen des Mantelrohres unter Wasser wieder verfüllt. Die Aufgabe des Wiederverfüllmaterials erfolgt durch einen Radlader in einen Schütttrichter bzw. direkt über eine spezielle drehbare Schaufel am Radlader. Das beim Verfüllen verdrängte Wasser kann abgepumpt und abgeleitet bzw. zur Wasserauflast im Kreislauf geführt werden. Eine Verdichtung des Verfüllmaterials erfolgt hierbei nicht. Ggf. kann es hier in Abhängigkeit der vorgesehen Folgenutzung erforderlich werden, in der Tiefe dynamisch zu verdichten.

Die Tiefe der Aushubsohle kann beim Mantelrohrverfahren von Bohrung zu Bohrung variiert und dem Schadensverlauf angepasst werden. Hiermit können vor dem Hintergrund der Verhältnismäßigkeit Endteufen bis zu ca. 20 m erreicht werden. Kleinere bis mittlere Bohrhindernisse stellen bei diesem Verfahren keine gravierende Einschränkung dar. Aufgrund der Überschneidung der Bohrungen ergeben sich hier je nach Bohrdurchmesser zusätzlich zu entsorgende und wieder einzubringende Massen von max. 30 %.

2.2 Hexagonalrohraustauschverfahren

Das Hexagonalrohraustauschverfahren ist ebenfalls ein Bodenaustauschverfahren. Genau genommen handelt es sich hierbei um ein offenes Senkkastenverfahren. Das Bodenmaterial wird bei diesem Verfahren gewissermaßen ausgestanzt. Hierbei kommen im Regelfall Hexagonalrohre zum Einsatz, da diese Profilform sowohl bezüglich der inneren Kräfte (Ableitung der Erddruckkräfte im Hexagonalring) als auch bezüglich der äußeren Kräfte (Mantelreibung) neben einer kreisförmigen Ausbildung die Idealform darstellt.

Im ersten Verfahrensschritt werden Stahlelemente eingerüttelt oder -gepresst. Diese werden analog zum System von Bienenwaben dicht an dicht gesetzt und vermeiden die bei den Großlochbohrverfahren zwangsläufige Mehrfachbearbeitung von Sanierungspunkten durch Überschneidung der Großlochbohrungen. Aufgrund dieser Analogie wird dieses Verfahren auch Wabenverfahren genannt.

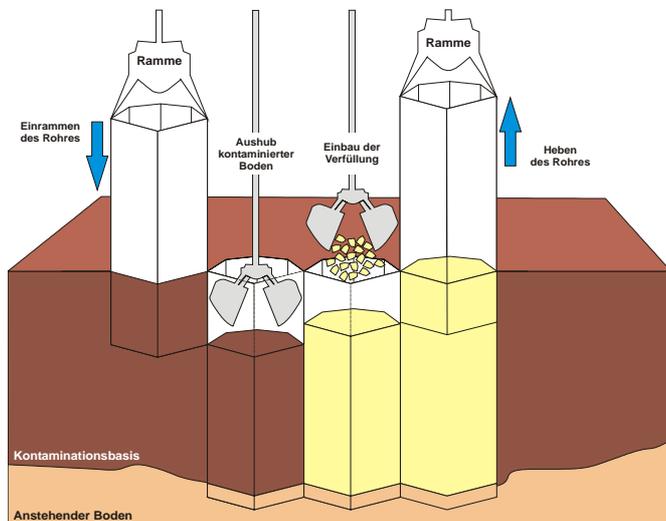


Bild 5 : Prinzipskizze Hexagonalrohraustauschverfahren



Bild 6: Ziehen eines Hexagonalelementes nach erfolgter Verfüllung im Weißbereich

Die Sechseckwaben werden mittels Hochfrequenzrüttler freireitend im Wabenverbund unmittelbar nebeneinander in den Baugrund gerüttelt. Ein Abweichen von der Lotrechten wird dadurch vermieden. In der Regel erfolgt das Einbringen von 6–10 Waben im ersten Schritt. Dabei können die Wabenlängen zwischen 4 m und maximal 10 m variieren. Zur Kostenminimierung, zur Beseitigung von Hindernissen jeglicher Art und zur Erweiterung der maximalen Aushubtiefe empfiehlt sich ein Voraushub bis ca. 0,5 m über Grundwasserschwankungsbereich.

Durch die Verschachtelung der Profile, sowie die abschnittsweise Ausführung je Bauabschnitt wirkt die Außenseite wie eine Spundwand als Verbau gegen seitlichen Nachfall von Material sowie Zufluss von Grundwasser. Mittels Hydraulikbagger mit Zweischalengreifer wird nunmehr der kontaminierte Boden ausgehoben. Die Maße der Wabenelemente sind dabei so zu bemessen, dass ein geöffneter Schalengreifer den Wabendurchmesser genau ausfüllt. Dieser beträgt in der Regel zwischen 2,00 m und 2,20 m. Idealerweise verbleibt ein so genannter Dichtpfropfen zur Vermeidung eines hydraulischen Grundbruches an der Wabenbasis.

Nach Erreichen der Solltiefe erfolgt die Rückverfüllung der Waben. Die Auswahl des Verfüllmaterials erfolgt unter Berücksichtigung der Standortbedingungen insbesondere im Hinblick auf die Aquiferbedingungen. Um eine Rekontamination des Substrates zu minimieren, sind vorzugsweise enggestufte Sande mit geringem Adsorptionspotential zu verwenden.

Nach Einbringen des Verfüllmaterials in die Waben werden diese mit angepasster Frequenz gezogen. Das Verfüllmaterial wird hierbei auf eine mitteldichte Lagerung verdichtet. Dementsprechend ist darauf zu achten, die Verfüllmenge anzupassen. Eine weitere dynamische Tiefenverdichtung kann somit entfallen.

Der Hauptvorteil der Methode ist der nahezu überschneidungsfreie Bodenaustausch. Hieraus ergeben sich gegenüber Verfahren mit Überschneidung auch Kostenvorteile im Rahmen der Entsorgung. Ihr Nachteil ist, dass der Boden für diese Art von Profilen rammfähig bzw. pressbar sein muss und die Aushubtiefen in der gesättigten Bodenzone nach erfolgtem Voraushub auf ca. 8 – 10 m beschränkt sind.

Voraussetzung für die Anwendung dieses Verfahrens auf ehemals bebauten Flächen ist eine vorlaufende Tiefenenttrümmerung, da Fundamentreste nicht durchörtert werden können. Ebenso stellen Blocklagen im natürlichen Sediment eine Einsatzgrenze dar. Durch den Einsatz der Hochfrequenzramme werden Schwingungen auch auf angrenzende Bauwerke übertragen, so dass i. d. Regel ein Mindestabstand von ca. 5-10 m eingehalten werden muss.



Bild 7: Blick in das Hexagonalrohr; Pfropfen an der Basis. Grundwasser noch nicht eingedrungen.

3. Fallbeispiele

Im Ökologischen Großprojekt Berlin wurden in den letzten Jahren insgesamt 6 Schadensfälle unterschiedlicher Art mit Hilfe der oben genannten Austauschverfahren saniert. Dazu gehören sowohl mittlere Maßnahmen mit Aushubmengen von 2.000 to bis zu einer Großbaumaßnahme in Berlin-Grünau mit einer ausgetauschten Bodenmasse von ca. 20.000 to und einem Sanierungszeitraum von ca. 8 Monaten. Die insgesamt ausgetauschte Masse betrug ca. 27.000 to. Als Hauptkontaminanten handelte es sich hierbei um LCKW, Alkylphenole, PAK, Chlornitrobenzol, Chloranilin, BTEX und Cyanide.

Um einen Überblick über konkrete Anwendungsfälle zu geben, werden nachfolgend zwei Fallbeispiele vorgestellt. Hierbei handelt es sich um einen aktuellen Sanierungsfall in der Regattastraße, Berlin-Köpenick sowie die ehemalige Glashütte Alt-Stralau, der bereits im Jahre 2005 abgeschlossen wurde.

3.1 Regattastraße, Berlin Köpenick

Auf dem Standort Regattastr. 11-49 in Berlin-Köpenick kommt in der Zeit von Februar bis November 2008 das Hexagonalrohrtauschverfahren zur Beseitigung von Hot-Spots in der gesättigten Bodenzone zum Einsatz.

Auf Grund der direkten Nähe zur Vorflut und der hohen Belastung der gesättigten Zone mit leichtflüchtigen Schadstoffen und den idealen bodenmechanischen Eigenschaften am Standort wurde das Wabenverfahren als Vorzugsvariante im Rahmen der Vorplanung ermittelt.

Basierend auf den Standortgegebenheiten waren Modifizierungen des Standardverfahrens im Hinblick auf Emissionsminderung sowie die Entwässerung des Aushubmaterials notwendig. Um die Emissionen so gering wie möglich zu halten, wurde an mehreren Stellen eine Luftabsaugung installiert und die belastete Luft über eine Abluftreinigungsanlage geführt.

Die Fläche des Gesamtstandortes beträgt ca. 100.000 m². Hierin wurden insgesamt 12 Sanierungsbereiche ausgewiesen, die eine Ausdehnung von 100 bis 1.200 m² besitzen. Die Gesamtfläche der Sanierungsbereiche beträgt 5.600 m². Das Grundwasser steht im Mittel 2,00 m unter GOK an. Die mittleren Austauschtiefen in der gesättigten Bodenzone betragen 3,00 m. Die Maximalteufe liegt bei 8,00 m.

Aufgrund der direkt benachbarten Wohnbebauung und im Hinblick auf die Sicherheit des Baustellenpersonals wurden sämtliche aushublogistische Prozesse im Hinblick auf Emissionsminderungen optimiert. Folgende emissionsmindernde Maßnahmen wurden im Einzelnen initiiert:

- Fassung der belasteten Luft direkt am Kopf der Waben
- Schutz des Wabenkopfes mit Hilfe eines umlaufenden Paravents inkl. zusätzlicher Luftfassung
- Fassung der belasteten Luft in den zur Aufnahme des Aushubmaterials bereitgestellten Deckel-/Entwässerungscontainern
- Sukzessives Abdecken der Aushubmaterials mit Folien während der Befüllung
- Anlegen eines Unterdruckes an die Deckelcontainer



Bild 8: Blick auf das Entwässerungslager.
Geneigte Containerstellfläche mit an eine Unterdruckanlage angeschlossenen Deckelcontainer

Dementsprechend erfolgt eine direkte Befüllung der gasdichten Transportcontainer aus der Wabe sowie eine Entwässerung des Materials in den Deckelcontainer über Ablaufstutzen. Auf Umladevorgänge wird hierbei vollständig verzichtet. Die gefasste kontaminierte Abluft wird mit Hilfe einer Nasskatalytischen Oxidation gereinigt.

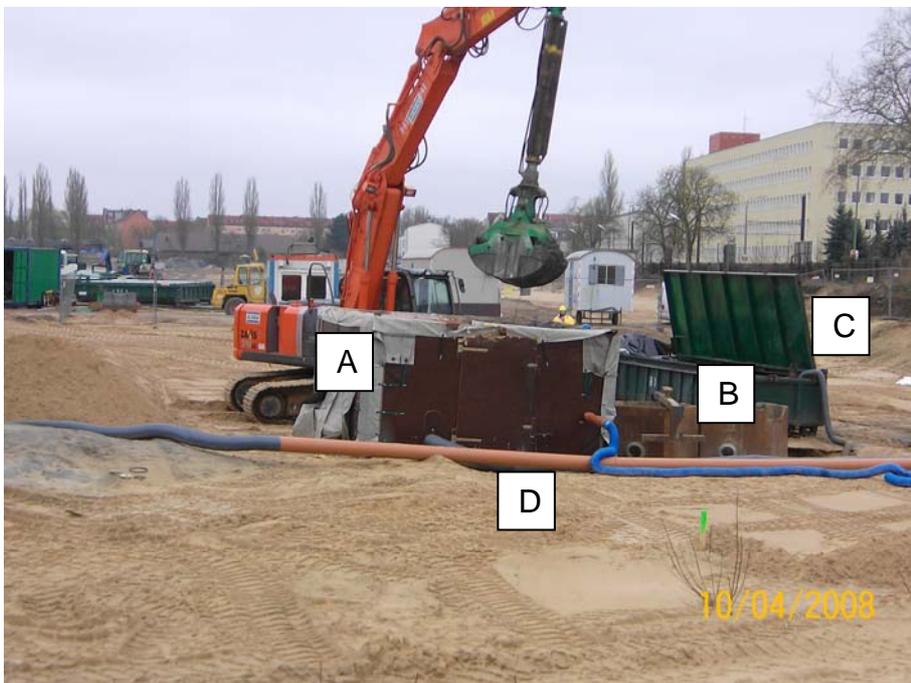


Bild 9: Emissionsmindernde Aushubanordnung mit:

- a) Paravent mit Ablufffassung
- b) Wabenkopf mit Ablufffassung
- c) Deckelcontainer mit Ablufffassung
- d) Leitungssystem zur Abluftanlage

3.2 Ehemalige Glashütte Alt-Stralau

Im Bereich des Entwicklungsgebietes Rummelsburger Bucht im Berliner Bezirk Friedrichshain–Kreuzberg befanden sich bis zum Anfang der 90er Jahre zahlreiche Industrie- und Bahnanlagen, die als Vorbereitung für eine städtebauliche Neuordnung von der Wasserstadt GmbH als Projektträger des Landes Berlin rückgebaut wurden. Hierzu gehörten auch die Gebäude auf dem Gelände des von 1889 bis 1989 betriebenen Glaswerks Stralau.

Nach dem Gebäudeabriss und der oberflächennahen Beräumung verblieben jedoch noch Kontaminationsquellen im Boden, insbesondere die aus der Gaserzeugung aus Kohle mit MKW, PAK, BTEX und Alkylphenolen hoch kontaminierten Teergruben I und II, die zu teilweise erheblichen Belastungen im Grundwasser führten. Um einen weiteren Austrag von Schadstoffen und ein Abdriften des belasteten Grundwassers zu verhindern, wurde eine Quellsanierung des Bodens, die Errichtung einer Bohrpfahlwand und eine sich daran anschließende Grundwassersanierung durchgeführt.



Bild 10a:
Ausleeren des Bohreimers



Bild 10b:
Bohrung direkt am Gebäudebestand



Bild 10c:
Einsetzen der Bewehrung in die Bohrpfahlwand

Ziel der Bodensanierung war der Austausch von kontaminiertem Boden gegen Z0-Material in zwei ausgewiesenen Hochlastbereichen, den Teergruben I und II. Nach umfangreichen Vorerkundungen von Boden und Grundwasser erfolgte im Herbst 2004 ein Bodenaushub mittels überschnittener Großlochbohrungen DN 900 bzw. DN 1.000 der beiden Teergruben im zentralen Grundstücksbereich einschließlich der Entsorgung von rund 2.200 t gefährlichem Abfall.

Der Sanierungsbereich Teergrube I wurde mit einer Grundfläche von ca. 5,4 m x 9,0 m und einer Tiefe bis max. 8,5 m unter GOK saniert. Der Bodenaushub errechnete sich mit ca. 464,85 m³. Der entsorgte kontaminierte Boden bei Teergrube I betrug ca. 798,56 t. Der Bodenaustausch beim Sanierungsbereich Teergrube II erfolgte nach Errichtung einer Bohrpfahlwand. Die Bohrpfahlwand als bleibendes Bauwerk wurde zur Sicherung des Nachbargebäudes vor Setzungen errichtet und schließt mit ihrer Oberkante im Boden ca. 1,2 m unter GOK ab. Die anschließende Sanierung der Teergrube II erfolgte auf einer Grundfläche von ca. 18 m x 6 m und einer Tiefe bis max. 7 m u. GOK. Der Bodenaushub (Teergrube II und Bohrpfahlwand) errechnete sich mit ca. 1.049,13 m³. Der entsorgte belastete Boden bei Teergrube II betrug ca. 1.777,76 t.

In der Summe beider Sanierungsbereiche wurden ca. 1.513,98 m³ Boden ausgetauscht. Für beide Teergruben betrug die Gesamtbilanz an ausgetragenen Schadstoffen (Boden und Entwässerung) ca. 5.119 kg MKW, ca. 114 kg PAK, ca. 175 kg Alkylphenole und ca. 12,4 kg BTEX. Das Ziel des Bodenaustausches von hoch belastetem Boden in den Teergruben I und II wurde somit erreicht. Die Gesamtkosten für Bau-, Entsorgungs- und Überwachungsleistungen betragen ca. 518.600 EUR. Nach Abschluss der Bodenaustauschmaßnahme begann die Planung einer Grundwassersanierung, deren Umsetzung ab dem Jahre 2007 begann. Die Darstellung dieser Maßnahme ist einem weiteren Beitrag vorbehalten.

4. Spezifische Verfahrensentwicklung im ökologischen Großprojekt

Kleinräumige Bodenaustauschmaßnahmen im gesättigten Bereich zählen seit ca. 5 Jahren zu den Standardsanierungsverfahren, bei denen konventionelle Bautechniken für Anwendungsfälle im Altlastenbereich weiterentwickelt wurden. Der Einsatz dieser Verfahren erfolgte dabei bisher bei einer Reihe von Maßnahmen im gesamten Bundesgebiet.

Insbesondere die erhöhten Anforderungen an den Immissionsschutz bei der Sanierung von leichtflüchtigen Schadstoffen auf Standorten mit sensiblen Nutzungen im innerstädtischen Bereich erforderten weitergehende Entwicklungen. Im ÖGP Berlin wurden und werden die Verfahren ständig angepasst und optimiert, um den an sie gestellten Anforderungen hinsichtlich der standort- und schadensfallspezifischen Randbedingungen gerecht zu werden. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf Emissionsminderungen des gesamten Bauprozesses. Dazu gehören:

- Voraushub und Tiefenentrümmerung im Schutz einer Einhausung
- Minimierung von Umladevorgängen bei der Bodenlogistik
- Fassung kontaminierter Luft an allen Emissionsquellen
- Vermeidung von Grundwasserhaltungsmaßnahmen
- Schaffung von geschlossenen Kreisläufen während der Entwässerungsphase des gesättigten Aushubmaterials
- Messtechnische Überwachung der Arbeitsabläufe sowie der Schutzgüter

Zudem erfolgt während der Aushubmaßnahmen ein ständiger Abgleich der vorkundeten Belastungsmodelle mit den realen Messwerten. Dadurch können einerseits nicht vollständig erkundete Schadstoffnester weitgehend exakt im Rahmen baubetrieblicher Toleranzen ausgeräumt, andererseits kann in Grenzbereichen das Auslaufen kontaminierter Bereiche erkannt werden. Das direkte Erkennen der Abnahme der Konzentration in diesen Bereichen kann damit zu einer deutlichen Abnahme der auszutauschenden Bodenmassen führen.

Erfolge und Defizite bei der Nachnutzung von Altlastenflächen

- Darstellung am Beispiel der Berliner Flächen im Freistellungsverfahren -

Dr. Andreas Faensen-Thiebes, Wolfgang Müller, Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz

1. Nebeneffekt der Sanierung von Boden und Grundwasser: ökonomische und stadtplanerisch sinnvolle Grundstücksnutzung?

Die Erfolge der Altlastensanierung werden gewöhnlich – wie auch hier in der Veranstaltung – anhand der Kubikmeter gereinigten Bodens oder Grundwassers beurteilt. Dies ist richtig und sinnvoll, da das Bundesbodenschutzgesetz als Umweltgesetz auch genau dieses Ziel verfolgt. Und es wird viel über die Kosten der Maßnahmen berichtet, zumal auf Grund erteilter Freistellungen nach dem Umweltrahmengesetz diese Maßnahmen überwiegend mit öffentlichen Mitteln finanziert worden sind.

Normalerweise spielen Altlasten bei Neuinvestitionen zwar eine zeitliche und auch ökonomische Komponente, die jedoch beide vom sorgfältig planenden Investor von Beginn an einkalkuliert werden. Der Gesetzgeber hat dennoch Möglichkeiten für die neuen Länder einschließlich Berlin schaffen wollen, um zumindest die ökonomische Komponente zu reduzieren. Damit sollten großflächige Industriebrachen vermieden und Investitionen erleichtert werden.

Neben den ordnungsbehördlichen Belangen sind für die Erteilung von Freistellungen daher auch die Vermeidungen von Investitionshemmnissen einhergehend mit der Erhaltung und Schaffung von Arbeitsplätzen sowie die Wiederherstellung von Böden zum Zwecke der zulässigen Nutzung zu beachtende Kriterien. Mit dem letztgenannten Punkt soll auch der weiterhin maßlose Flächenverbrauch gemindert oder vermieden werden.

Um diese Aspekte – Arbeitsplätze und insbesondere Verminderung des Flächenverbrauchs – geht es in dem folgenden Beitrag, der sich auf die Flächen konzentriert, deren Sanierung im Rahmen des Umweltabkommens mit öffentlichen Mitteln gefördert wurde, um genau diesen Effekt zu erreichen: die erneute Nutzung der Flächen. Im Folgenden wird dargestellt, auf welcher Basis und mit welchen Bedingungen diese Sanierungen öffentlich gefördert wurden, um dann den Effekt anhand der betroffenen Flächen zu ermitteln. Dazu bedarf es jedoch zunächst eines Einblicks in die Freistellungskriterien der Berliner Freistellungsbehörde.

2. Das Freistellungsverfahren

Auf der Basis des noch von der Volkskammer der DDR verabschiedeten Umweltrahmengesetzes vom 29.06.1990 haben die neuen Länder einschließlich dem Land Berlin die Möglichkeit bekommen, in bestimmten Fällen eine Freistellung von der Verantwortung für die vor dem 01.07.1990 verursachten Schäden zu erklären.

Diese sogenannte Altlasten-Freistellungsklausel wurde später durch den Einigungsvertrag und durch das „Gesetz zur Beseitigung von Hemmnissen bei der Privatisierung von Unternehmen und zur Förderung von Investitionen“ – dem Hemmnisbeseitigungsgesetz – vom 22.03.1991 geändert.

2.1 Gesetzliche Regelung und Ziele der Freistellung

Ziel einer solchen Freistellung war es – und ist es immer noch –, in begründeten Fällen Investitionen auf Grundstücken zu ermöglichen, die wegen des vorhandenen Altlastenrisikos ohne eine solche Freistellung nicht getätigt worden wären. Auch sollten diese Investitionen zeitnah vorgenommen werden, um somit den wirtschaftlichen Umwandlungsprozess in den neuen Ländern durch regionales Flächenrecycling zu forcieren.

Vor diesem Hintergrund wurde der Anwendungsbereich der Freistellungsregelung beschränkt auf:

- Anlagen und Grundstücke, die gewerblichen Zwecken dienen oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen Verwendung finden und auf
- Anträge auf Altlastenfreistellung, die bis zum 30.03.1992 gestellt wurden.

Für den ehemaligen Ostteil Berlins sowie für den Bereich West-Staaken - dieser Teil ist nach der Wiedervereinigung wieder dem Land Berlin zugefallen - wurden bis zu diesem Datum 3.933 Anträge gestellt.

Damit ist erkennbar, dass auf die Länder ein erhebliches Kostenrisiko aus der zukünftigen Altlastensanierung zukam, das diese aus einer Vielzahl von nachvollziehbaren Gründen nicht allein tragen wollten, sondern hier den Bund in der Pflicht sahen. Dies resultierte insbesondere daraus, dass der überwiegende Teil der Freistellungsanträge Grundstücke betraf, die der Treuhandanstalt des Bundes zur Privatisierung zugeordnet waren.

2.2 Das Altlastenfinanzierungsabkommen und dessen Auswirkungen

Nach langen Verhandlungen zwischen Bund und den Ländern war es letztlich gelungen, mit dem „Verwaltungsabkommen über die Regelung der Finanzierung der ökologischen Altlasten“ vom 01.12.1992 eine Finanzierungsregelung zu treffen, die alle Belange möglichst berücksichtigt.

Die Finanzierungsregelung beschränkt sich allerdings nur auf den Treuhandanstalt-Bereich. Somit gibt es auch keine Kostenbeteiligung des Bundes bei Freistellungen auf Grundstücken, die sich nicht im Treuhandvermögen befunden haben. Hier obliegt es den Ländern, über die Anträge zu befinden, ohne dass es einer Abstimmung mit dem Bund bedarf.

Der Bund hat jedoch von Anfang an zu erkennen gegeben, dass er nur zu den finanziellen Verpflichtungen bereit ist, zu denen er sich auch im Privatisierungsvertrag beim Verkauf der Treuhandunternehmen verpflichtet hat. In den Kaufverträgen ist in nahezu allen Fällen eine umfassende, wenn auch sehr unterschiedliche Altlastenfinanzierungsregelung getroffen worden. Hierin ist definiert worden, für welche Aufwendungen der Altlastensanierung vom Verkäufer die Kosten und in welcher Höhe getragen werden. Fast immer ist ein Eigenanteil des Erwerbers in Höhe von 10 % zu tragen. Diese kaufvertraglichen Regelungen sind regelmäßig von der Berliner Freistellungsbehörde in den Bescheiden übernommen worden.

Gleichzeitig hat sich der Erwerber zumeist kaufvertraglich zu einem bestimmten Umfang und der Art an Investitionen verpflichtet. Und es sind Aussagen über die derzeitigen und künftigen Arbeitsplätze getroffen worden. Es liegt in der Natur der Sache, dass u. a. aufgrund der unterschiedlichen Unternehmen, Grundstücksgrößen und Nutzungsmöglichkeiten die Kaufverträge sehr individuell gestaltet worden sind. Die vom Erwerber und Freistellungsantragsteller im Kaufvertrag gegenüber dem Bund eingegangenen Verpflichtungen sind im laufenden Freistellungsverfahren aktualisiert und konkretisiert worden. Die Angaben sind als Verpflichtung der Freigestellten in die Freistellungsbescheide eingeflossen.

3. Freistellungsentscheidungen

Wie aus der Abbildung 1 hervorgeht, ist nur ein geringer Prozentsatz aller Freistellungsanträge positiv beschieden worden. Die Vielzahl der Anträge wurde zurückgenommen, eingestellt oder ist von der Freistellungsbehörde abgelehnt. Hinzu kommen bei den folgenden Betrachtungen noch die Grundstücke, für die die Bundesanstalt für vereinigungsbedingte Sonderaufgaben (BvS) und das Land Berlin eine Vereinbarung getroffen haben, die Kostenaufteilung analog zum Verwaltungsabkommen vorzunehmen, ohne dass die Eigentümer freigestellt werden. Grundlage ist hier der Kaufvertrag. Es ist somit von 70 hier zu betrachtenden Grundstücken auszugehen.

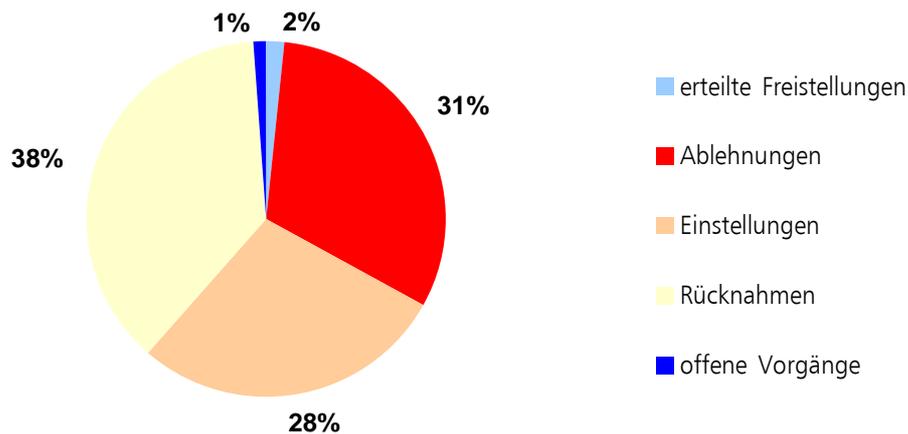


Abbildung 1: Statistik der Freistellungsverfahren

Mit Stand vom Mai 2008 sind noch 42 Verfahren offen; wobei die Zahl hier weiter schwanken kann, da durch Wechsel von Eigentümern oder geänderten Investitionsabsichten bei Vorliegen der Voraussetzungen die eingestellten Verfahren wieder aufgenommen werden können.

Die Eigentümer, Besitzer oder Erwerber von Anlagen und Grundstücken, die gewerblichen Zwecken dienen oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen Verwendung finden, glaubten jedoch mit ihrer Antragstellung oftmals, dass sie gemäß Altlasten-Freistellungsklausel einen Anspruch auf volle Risikoübernahme durch das Land Berlin hätten.

Sie übersahen hierbei jedoch, dass die Freistellung nur eine „Kann“-Bestimmung darstellte, wobei das freistellende Land jeweils eine Interessenabwägung zwischen dem antragstellenden Grundstückseigentümer und den bei einer Freistellung auf die Allgemeinheit zukommenden Lasten, aber auch Vorteilen (z. B. Flächenrecycling, Erhalt bzw. Schaffung von Arbeitsplätzen, Sanierung von Umweltlasten, Schaffung von Steuerkraft usw.) vorzunehmen hatte.

Das im Rahmen der Freistellung zu übernehmende Kostenrisiko umfasste auch „lediglich“ die gemäß dem jeweils geltenden Ordnungsrecht erforderliche Gefahrenabwehr und somit nicht etwa die vollständige Wiederherstellung eines unbelasteten Zustandes.

In der Praxis scheiterten viele Freistellungsanträge in dem vorgenannten Abwägungsprozess an dem nicht hinreichend vorhandenen Investitionshemmnis der Altlast. Dies war und ist ein sowohl für das Unternehmen als auch die Behörde schmaler Grat: denn bei einem – verglichen zu den Investitionen – nur geringen Kostenaufwand für die Beseitigung der Schäden liegt kein tatsächliches Investitionshemmnis vor. Übertrifft der Schaden jedoch ein Vielfaches des Investitionsaufwandes, ist der Effekt für die Allgemeinheit wiederum ungünstig. Und wenn das Grundstück für einen niedrigen Kaufpreis erworben wurde, hat die Freistellungsbehörde daraus geschlossen, dass die Schadensbeseitigung bereits im Kaufpreis berücksichtigt wurde und der Erwerber nicht daraus noch einen Gewinn erwirtschaften kann.

Ein weiterer großer Anteil von Freistellungsanträgen scheiterte an dem Fehlen einer notwendigen Gefahrenabwehr. Bund und Land Berlin waren sich einig – wenngleich zeitweilig die Abgrenzung schwierig war –, dass nur die Kosten für Maßnahmen freistellungsfähig sind, die sich auf eine ordnungsbehördliche Anordnung (oder eine vergleichbare Verfügung) begründen. Vielfach sind die Schäden an der ordnungsbehördlichen Schwelle und häufig fallen „lediglich“ erhöhte Entsorgungskosten an. Im Gesetz wird allgemein von „Schäden“ gesprochen; langläufig sind bei den Behörden hier die Schäden im Boden und im Grundwasser gemeint. Schwierig ist dann der Umgang mit darüber hinausgehenden Schäden wie z. B. der Raumluft oder der durch den früheren betrieblichen Ablauf kontaminierten Bausubstanz. Schwierig auch dadurch, weil es häufig keine geltenden Normen der Zulässigkeit und somit der Gefahrenbeurteilung gibt.

Soweit sich die Investitionsabsichten bis in unsere heutigen Tage hinziehen, liegt auch hier ein weiterer Ablehnungsgrund vor. Der Gesetzgeber hat ausdrücklich und mit Bedacht eine kurze Antragsfrist vorgegeben; damit sollten schnell Investitionen erreicht werden. Diese Absicht wird nun nach über 17 Jahren nach der Wiedervereinigung nicht mehr erzielt, wenn jetzt erst die Investitionsmaßnahmen konkretisiert werden. Dies würde dann auch zu einer Benachteiligung von Investitionen in den westlichen Bezirken führen. Diese Auffassung der Berliner Freistellungsbehörde ist inzwischen auch vom Oberverwaltungsgericht Brandenburg-Berlin bestätigt worden. Die Rechtsbeschwerde eines Unternehmens hat das Bundesverwaltungsgericht nicht zugelassen. Dennoch werden auch weiterhin Freistellungen erteilt, sofern es im öffentlichen Interesse liegt.

Generell sind vom Land Berlin die Anträge von Mineralölgesellschaften - insbesondere aus arbeitsmarktpolitischen Gründen - abgelehnt worden, sofern sie sich lediglich auf Tankstellengrundstücke bezogen haben.

Bei den nachfolgenden Betrachtungen kann nur auf die freigestellten Grundstücke eingegangen werden. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die große Anzahl der nicht freigestellten Grundstücke keiner sinnvollen Nachnutzung unterworfen ist. Dies ist mit Sicherheit auch in vielen Fällen geschehen, ohne dass es des Einsatzes öffentlicher Mittel bedurfte.

4. Umsetzung der kaufvertraglichen Regelungen

Mit den Freistellungsanträgen haben die Antragsteller der Behörde die Investitionspläne sowie die derzeitigen als auch die nach der getätigten Investition geschätzten Arbeitsplätze mitzuteilen. Daraus folgt eine Entscheidungsposition für die Behörde. Der Investitionsumfang und die Zahl der Arbeitsplätze werden im Freistellungsbescheid festgeschrieben. Die Freigestellten werden mit dem Bescheid verpflichtet, die Behörde jährlich über den Stand der Investitionen und der Höhe der Arbeitsplätze zu informieren. Dies erfolgt leider nicht in jedem Fall regelmäßig durch die Freigestellten, sondern muss immer wieder angefordert werden.

Im Ergebnis der Mitteilungen ist festzustellen, dass die im Antrag vorgetragenen Investitionspläne – mit Ausnahmen – in dem Umfang realisiert wurden. Die geschätzten Arbeitsplatzzahlen sind allerdings – mit geringen Ausnahmen – fast immer zu euphorisch angenommen worden. Überwiegend liegt die Zahl der Beschäftigten nun doch niedriger; auf einigen Grundstücken gibt es nach der Investition gar keine Mitarbeiter mehr, sei es, dass Wohnungen errichtet wurden, oder dass – wie in einem Fall – die Investitionen nicht ausgeführt wurden. Im letztgenannten Einzelfall sind dennoch keine Freistellungsaufwendungen zurückgefordert worden, da die kaufvertraglichen Zusagen gegenüber dem Bund nur kurzfristig waren und in diesem Zeitraum noch erfüllt wurden.

Es ist für die Behörde ohnehin schwierig, bei einer Minderzahl an zugesagten Arbeitskräften insgesamt die Freistellungsentscheidung zurückzunehmen. Immerhin sind bzw. werden die Gefahrenzustände beseitigt und es ist immer noch besser, dass Einige Beschäftigung finden, als dass ein Grundstück völlig brach liegt. Konkrete Zahlen, wie viele Arbeitsplätze durch die Freistellung erhalten oder geschaffen wurden, sind nicht tatsächlich zu ermitteln.

5. Entwicklung der in Berlin freigestellten Gewerbeflächen

Im Folgenden werden diese 70 freigestellten Flächen genauer untersucht.

5.1 Frühere Nutzung

Flächenmäßig dominieren große Betriebe der Elektro- und Chemieindustrie und des Maschinenbaus. Dazu kommen aber kleinere Flächen mit Betriebstankstellen, chemischen Reinigungen o. Ä. Zum Teil liegt die Ursache der Bodenbelastung primär in Nutzungen der Vorkriegszeit (z. B. Gaswerk), überwiegend jedoch in der Zeit der DDR.

5.2 Größe der in Berlin freigestellten Gewerbeflächen

Die Flächen sind zwischen 0,08 und 35,4 ha groß, im Mittel 5,85 ha (s. Abbildung 2). Auffallend sind 3 Flächen mit mehr als 30 ha, die nächstgrößeren sind gerade einmal halb so groß und 17 Flächen sind sogar kleiner als 1 ha. Bei diesen Größenangaben ist aber zu beachten, dass Liegenschaften teilweise geteilt und getrennt verkauft wurden und sich somit mehrere Freistellungen auf diese ursprünglich einheitliche und größere Liegenschaft beziehen. Insgesamt umfassen diese 70 Flächen 408,5 ha – eine Fläche, die größer ist als der augenblicklich viel diskutierte Flughafen Tempelhof (386 ha) und die in etwa der Flächeninanspruchnahme Berlins von 1990 bis 2000 entspricht (je nach Berechnung 344 bis 560 ha [Umwelatlaskarte 06.03 Ausgabe 2006]). Damit wird deutlich, dass diese Flächen ein wesentliches Potential darstellen und ihre Nichtnutzung zu einer deutlich erhöhten Flächeninanspruchnahme geführt hätte.

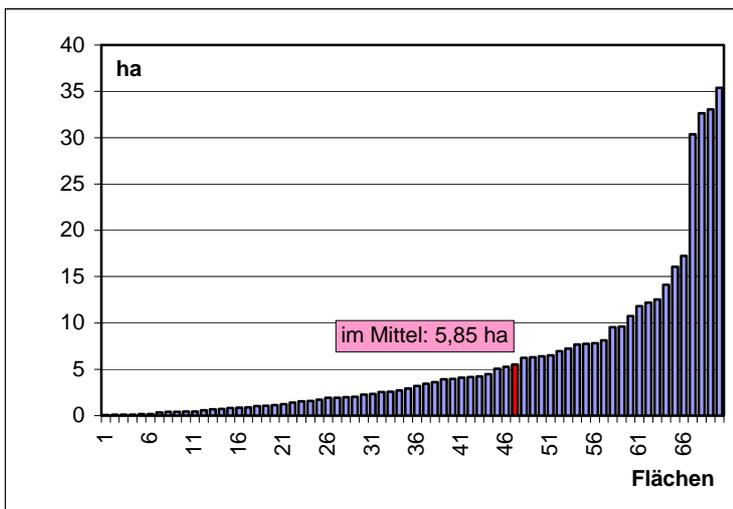


Abbildung 2: Verteilung der Flächengrößen der 70 Flächen

5.3 Sanierung und Entwicklung der in Berlin freigestellten Gewerbeflächen

Wie in den vorigen Beiträgen dargestellt, sind noch längst nicht alle Sanierungsmaßnahmen abgeschlossen und deshalb sind auch noch nicht alle Flächen baulich fertig entwickelt worden. So sind häufig Boden- und Bodenluftsanierungen abgeschlossen, die Grundwassersanierungen aber noch nicht, oder umgekehrt werden zur Gefahrenabwehr Grundwassersanierungen durchgeführt, ohne dass eine umfassende Bodensanierung erfolgt wäre. In dieser Situation stellt sich dann die Frage, wann eine Sanierung im engeren Sinne als überhaupt begonnen und wann gar als abgeschlossen betrachtet werden kann. Da dies nicht unsere Hauptfragestellung ist, begnügen wir uns mit den beiden Kategorien „Sanierung noch nicht begonnen“ und „Sanierung

laufend oder abgeschlossen“, wobei erstere durchaus die Durchführung von Maßnahmen akuter Gefahrenabwehr beinhalten kann.

Die Frage der Nutzung ist nicht weniger komplex und hier auf vier Kategorien beschränkt:

- Geringe oder Zwischennutzung: Flächen die noch brachliegen oder extensiv genutzt sind (Gebrauchtwagenhandel, „Westernstadt“ etc.), Gebäude, die leer stehen oder gering genutzt werden (typisch Autowerkstätten)
- Alte Nutzung fortgeführt: Fortführung der alten Produktionsstätten mit der gleichen Branche
- Neue Nutzung: Wechsel zu Dienstleistungen, Einzelhandel, Wohnungsbau
- Sehr konkrete Planung: Wie „Neue Nutzung“, jedoch erst Planungsstadium oder Beginn des Umbaus. Für einzelne Auswertungen wird diese Kategorie deswegen mit „Neue Nutzung“ zusammengefasst.

Bezugspunkt für frühere Nutzung ist das Jahr 1990, Sanierung und aktuelle Nutzung sind mit Stand Mai 2008 dargestellt. Eine Aufteilung aller 70 Flächen auf diese Kategorien zeigt die Tabelle 1.

Typ Nutzungswandel	ha (gesamt)	Anzahl Flächen	Mittlere Größe (ha)
Sanierung nicht begonnen	40,1	10	4,0
Geringe oder Zwischennutzung	51,4	8	6,4
Alte Nutzung fortgeführt	111,9	11	10,2
Neue Nutzung	169,4	35	4,8
Sehr konkrete Planung	35,7	6	6,0
Summe	408,5	70	

Tabelle 1: Aufgliederung der Flächen nach Nutzungswandel (Bezugsjahre für den Nutzungswandel sind 2008 gegenüber 1990).

Die zehn Flächen, auf denen noch keine Sanierung begonnen wurde, liegen überwiegend brach, zum Teil sind sie aber auch genutzt, wobei extensive Nutzungen wie Lagerflächen oder Abstellplätze typisch sind. Die frühere Nutzung wurde auf 11 sehr großen Flächen fortgeführt, so dass dieser Typus mehr als ¼ der Gesamtfläche ausmacht. Die Hälfte aller Flächen wurde umgenutzt; mit 169,4 ha sind das 41 % des Gesamtareals. Zählt man die Flächen mit sehr konkreter Planung dazu, das sind 6 Flächen, auf denen der Umbau begonnen hat oder z. B. ein vorhabenbezogener B-Plan erstellt wird, so ist auf der Hälfte des Gesamtareals eine neue Nutzung realisiert oder kurz vor der Realisierung (Abbildung 3).

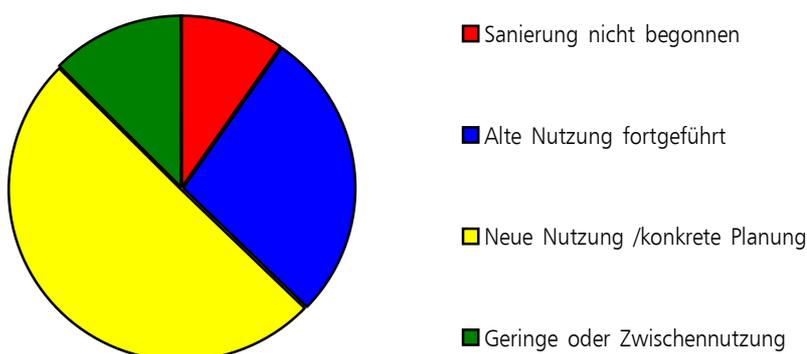


Abbildung 3: Anteil der verschiedenen Nutzungstypen am Gesamtareal

5.4 Nutzung der in Berlin freigestellten Flächen

Erwartungsgemäß sind die meisten Flächen gewerblich genutzt, wobei methodisch anzumerken ist, dass hier jede gewerbliche Nutzung – produzierendes Gewerbe, Dienstleistungen etc., aber ohne Einzelhandel – gemeint ist und dass auf einer ganzen Reihe Flächen Einzelhandel und andere Gewerbe sowie auch Wohnen

realisiert wurde. Hier wurde nur der Schwerpunkt der Nutzung berücksichtigt und bei annähernd gleicher Nutzung wurde mehrfach zugewiesen. Die Differenz zur Gesamtfläche bzw. Gesamtzahl ergibt sich aus Branchen und Leerstand.

Typ Nutzungswandel	Gewerbe		Einzelhandel		Wohnen		Leerstand	
	ha	n	ha	n	ha	n	ha	n
Sanierung nicht begonnen	7,8	1					32,3	9
Geringe oder Zwischennutzung	33,1	1					18,4	7
Alte Nutzung fortgeführt	111,9	11	3,5	1				
Neue Nutzung	108,5	18	53,7	10	40,8	15		
Sehr konkrete Planung	5,7	2	20,5	3	10,0	2		
Summe	266,9	33	77,7	13	50,7	17	50,7	16

Tabelle 2: Aufteilung der Flächen nach Größe (ha) und Anzahl auf drei Hauptnutzungskategorien. Doppelnennungen waren möglich.

Bei Nutzungsfortführung dominiert zwangsläufig die gewerbliche Nutzung, aber auch Umnutzungen sind hauptsächlich gewerblich geprägt, was der Intention des Freistellungsverfahrens entspricht. Die mittlere Flächengröße liegt bei gewerblicher Nutzung bei 8,1 ha, bei Einzelhandelnutzung bei 6,0 und bei Wohnnutzung mit 3,0 ha erwartungsgemäß am niedrigsten.

Obwohl die Lage im Stadtgebiet sicher eine wichtige Rolle spielt, kann sie hier nicht berücksichtigt werden. Betrachtet werden kann jedoch die Darstellung der Flächen im Flächennutzungsplan (FNP), der die Rahmenbedingungen für die Nutzungen festlegt. Es zeigt sich, dass mit 269,3 ha 2/3 der Gesamtfläche in einem als Gewerbegebiet dargestellten Bereich liegen, weitere 84,8 ha im Misch- und 51,5 ha im Wohngebiet liegen. Selbst die gewerblichen Flächen liegen oft in Wohngebieten; hierbei handelt es sich vorrangig um Angebote aus dem Dienstleistungsbereich.

Typ Nutzungswandel	G	M	W	Summe
Sanierung nicht begonnen	26,5	2,3	8,4	37,2
Geringe oder Zwischennutzung	45,5	2,6	6,0	54,2
Alte Nutzung fortgeführt	95,1	18,5	0,0	113,6
Neue Nutzung	102,2	56,2	26,8	185,1
Sehr konkrete Planung		5,3	10,3	15,5
Summe ha	269,3	84,8	51,5	405,6
Umnutzungen				
Wohnen	0,0	20,6	30,1	50,7
Einzelhandel	56,9	9,6	7,7	74,2
Gewerbe	51,6	51,2	11,5	114,2

Tabelle 3: oben: Aufteilung der Flächen (ha) auf die jeweiligen Ausweisungen als Gewerbe- (G), Misch- (M) oder Wohngebiet (W) im Flächennutzungsplan (2,9 ha eines jetzt als Grünfläche ausgewiesenen Standortes wurden nicht berücksichtigt)

unten: Aufteilung der Flächen (ha) auf die FNP-Ausweisungen getrennt nach Hauptnutzungskategorien (nur die umgenutzten Flächen sind berücksichtigt, also ohne Fortführung der alten Nutzung; Mehrfachnennungen sind möglich).

5.5 Sanierungskosten der öffentlichen Hand

Die Kosten, die der öffentlichen Hand (Bund und Land Berlin) bisher für die Sanierung dieser Flächen entstanden sind, belaufen sich auf über 125 Mio. EUR. Die Aufteilung dieser Mittel nach Sanierungsstand und Nutzungstyp zeigt die Tabelle 4. Der weit überwiegende Teil der Mittel (95,5 Mio. EUR) ist in gewerblich genutzte Flächen geflossen, Wohnen und Einzelhandel sind deutlich nachrangig. Die 2 Mio. EUR in der Rubrik „Sanierung noch nicht begonnen“ beinhalten Maßnahmen akuter Gefahrenabwehr oder erster, nur einleitender Maßnahmen. Problematischer sind die 9,7 Mio. EUR, die für Sanierungsmaßnahmen aufgewendet wurden, wo jedoch noch keine effektive Nutzung erfolgt.

Typ Nutzungswandel	Aktuelle Hauptnutzung					Summe
	Brache	Gewerbe	Einzelhandel	Wohnen	Gewerbe plus	
Sanierung nicht begonnen	2.085.299	73.427				2.158.726
Geringe oder Zwischennutzung	9.690.916	97.160				9.788.076
Alte Nutzung fortgeführt		41.888.560			1.326.233	43.214.793
Neue Nutzung		47.923.366	3.986.335	7.169.671	4.033.846	63.113.218
Sehr konkrete Planung		218.233	3.867.455	3.216.570	192.454	7.494.712
Summe	11.776.215	90.200.746	7.853.790	10.386.241	5.552.533	125.769.524

Tabelle 4: Aufteilung der öffentlichen finanziellen Aufwendungen nach Typus des Nutzungswandels und aktueller Nutzung (Gewerbe plus: Gewerbe plus gleichrangig viel Einzelhandel oder Wohnen)

Die Sanierungskosten pro Quadratmeter werden nur für Flächen mit laufender oder abgeschlossener Sanierung dargestellt (Abbildung 4); sie zeigen eine immense Streuweite: von „0“, z. B. bei hohem eigenen Sockelbetrag bis zu extrem hohen Kosten von > 1.000 EUR/m² bei zwei kleinen Flächen mit hohen LCKW-Belastungen im Grundwasser.

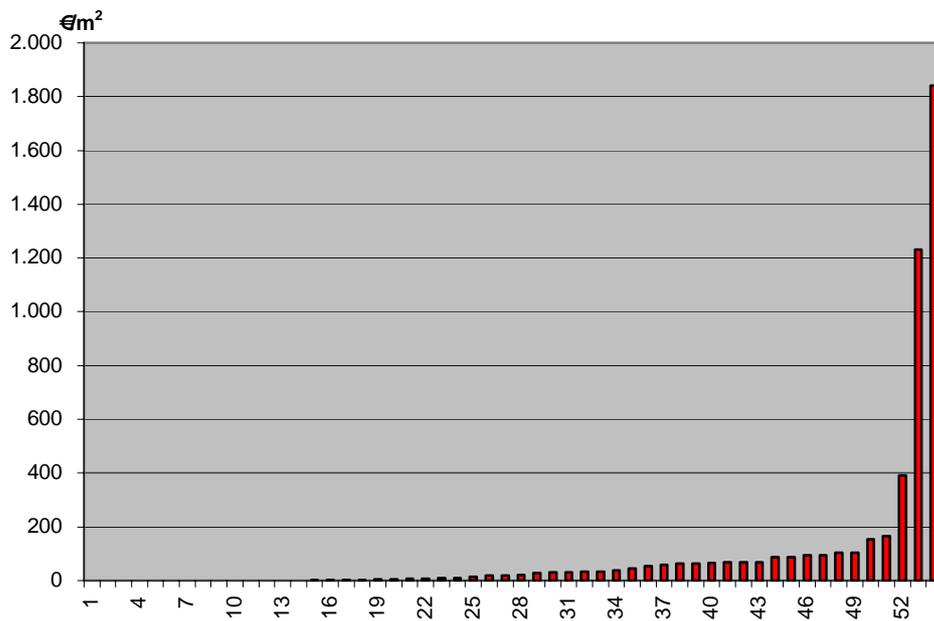


Abbildung 4: Flächenspezifische Sanierungskosten in EUR/m² für Flächen mit laufender oder abgeschlossener Sanierung.

Typ Nutzungswandel	Aktuelle Hauptnutzung					Mittel
	Brache	Gewerbe	Einzelhandel	Wohnen	Gewerbe plus	
Geringe oder Zwischennutzung	53,72	0,29				47,04
Alte Nutzung fortgeführt		28,95			38,37	29,81
Neue Nutzung		57,16	28,71	363,53 (70,28)	30,36	132,88 (47,81)
Sehr konkrete Planung		4,14	57,68	33,78	44,33	42,55
Mittel	53,72	39,34	37,40	333,56 (66,22)	32,56	93,50 (43,74)

Tabelle 5: Sanierungskosten in EUR/m² – aufgeschlüsselt nach Nutzungswandel und aktueller Nutzung. Für die noch nicht oder gerade erst begonnen Sanierungen werden die Werte nicht dargestellt. Werte in Klammern sind ohne die beiden Extremwerte > 1000 EUR/m² berechnet

Auf aktuelle Nutzung und Nutzungswandel heruntergebrochen zeigen sich leicht höhere Kosten bei der Wohnnutzung. Dies liegt wahrscheinlich aber nicht an den strengeren Standards und somit höheren Sanierungskosten; eher scheint es, als dass bei ähnlichen Belastungen die kleineren Flächen (s. Kapitel 3.2), die spezifischen Sanierungskosten steigen lassen. Diese höhere Tendenz von 66 EUR/m² gegenüber den anderen Nutzungen ist auch dann erkennbar, wenn die beiden Extremwerte von weit über 1.000 EUR/m² aus der Berechnung herausgelassen werden (Tabelle 5).

6. Schlussfolgerungen

Geht man noch einmal auf die Ausgangsfragen zurück, so lassen sich zwei wichtige Schlüsse ziehen: Die überwiegende neue Nutzung der sanierten Flächen dokumentiert, dass das mit dem Freistellungsverfahren gesetzte Ziel sowohl im Hinblick auf das Flächenrecycling als auch beim Erhalt von Arbeitsplätzen erreicht werden konnte. Flächenreserven in 10-facher Höhe des jährlichen Berliner „Flächenverbrauchs“ konnten so mobilisiert werden. Dass noch nicht auf allen Flächen eine neue Nutzung realisiert werden konnte, und dass Flächen, auf denen ehemals produzierendes Gewerbe beheimatet war, nun teilweise von großflächigem Einzelhandel mit ausgedehnten Parkplätzen genutzt wird, ist zwar nicht die beste Lösung, entspricht aber der wirtschaftlichen Situation Berlins und insgesamt dem wirtschaftlichen Wandel.

Von der Kostenseite aus betrachtet sind mittlere Sanierungskosten von 93,- EUR/m² (bzw. 44,- EUR/m², wenn die zwei Extremwerte ausgelassen werden) in einem durchaus adäquaten Verhältnis zu den Grundstückspreisen. Diese liegen bei gewerblichen Flächen oft um die 100,- EUR/m² und in der Innenstadt, wo oft kleinere Gewerbeflächen zum Wohnungsbau genutzt wurden, bei bis zu 500,- EUR/m². Damit wird deutlich, dass die Sanierungskosten im Verhältnis zu den Grundstückskosten insgesamt tatsächlich ein Investitionshemmnis darstellten, andererseits aber auch die Kosten nicht in einem unangemessenen Verhältnis zum ökonomischen Nutzen stehen. Davon unberührt ist natürlich ohnehin die Notwendigkeit der Sanierung zur Gefahrenabwehr.

Darstellung des ordnungsbehördlichen Rahmens für in-situ-Maßnahmen am Beispiel der Sanierung eines Lösemittelschadens

Dipl.-Geol. Sabine Hilbert, Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz

1. Einführung

Die in der bisherigen Altlastenbearbeitungspraxis diskutierten Schwierigkeiten und Probleme bei der Sanierung von besonders komplexen Grundwasserschadensfällen führten unter anderem dazu, dass der natürliche Abbau von Schadstoffen seit Mitte der 90er Jahre in Deutschland immer stärkere Beachtung unter den Fachleuten gefunden hat. Mit der Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderungsprozesse, insbesondere in der gesättigten Bodenzone entwickelte sich zwangsläufig der Wunsch, den natürlichen Abbau der Schadstoffe nicht nur zu beobachten und ihn abzuwartend zu begleiten, sondern ihn zu stimulieren und zu beschleunigen.

Dieser neuen Entwicklung Rechnung tragend, wurde durch die Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) im September 2003 ein ad-hoc-Unterausschuss beauftragt, sich mit der Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderungsprozesse im Kontext der in Deutschland gesetzlich geregelten Altlastenbearbeitung zu beschäftigen und ein länderübergreifendes Positionspapier zu erstellen.

Im Vordergrund standen dabei neben Fragestellungen der Begriffsbestimmung, der bodenschutzrechtlichen Einstufung sowie der Einordnung in die bodenschutzrechtliche Bearbeitungssystematik vor allem Fragen zu standortbezogenen Anforderungen an die Durchführung und Bewertung von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen und die Entwicklung des erforderlichen Prozessverständnisses. Dieses mit der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser abgestimmte Positionspapier wurde in 2005 von der Umweltministerkonferenz (UMK) zur Anwendung empfohlen.

Im gleichen Zeitraum wurde der BMBF-Förderschwerpunkt KORA (Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Böden) mit acht Themenverbänden begonnen und konnte Mitte dieses Jahres abgeschlossen werden. Insgesamt wurden auf 24 Standorten 74 Forschungsvorhaben mit Gesamtaufwendungen von ca. 33 Mio. EUR durchgeführt. Mit der Bearbeitung von Referenzstandorten konnte beispielhaft gezeigt werden, wie natürliche Schadstoffminderungsprozesse erfasst, bewertet und bei der Sanierung berücksichtigt werden können. In Handlungsempfehlungen und Branchenleitfäden sollen Anleitungen zur schadstoff- und standortspezifischen Berücksichtigung von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen bei der standortbezogenen Altlastenbearbeitung für den Einzelfall dargestellt werden.

In der bundesdeutschen Bodenschutzgesetzgebung finden Definitionen und Prozesse zur natürlichen Selbstreinigung des Bodens und des Grundwassers bisher keine Berücksichtigung. Jedoch wird inzwischen an einer Novellierung der Bundes-Bodenschutzverordnung gearbeitet, in welche die neuesten Erkenntnisse in einen entsprechenden rechtlichen Rahmen gefügt werden sollen.

Wie sieht es nun mit der Anwendung der Erkenntnisse über natürliche Schadstoffminderungsprozesse in der Altlastenbearbeitung des Landes Berlin aus?

Auf dem KORA-Statusseminar in Berlin im März 2006 mit den Vertretern des KORA-Lenkungsausschusses und den Kollegen des Referats „Bodenschutz und Altlastensanierung“ der Senatsverwaltung sowie der Umweltämter der Berliner Bezirksverwaltungen wurden zwei Berliner und weitere bundesdeutsche KORA-Projekte und deren Bearbeitungsstatus sowie ausgewählte in-situ-Pilotprojekte des Berliner Freistellungsverfahrens vorgestellt. Auf dieser Veranstaltung informierte unter anderem auch der Obmann des ALA-Unterausschusses, Herr Dr. Müller vom Niedersächsischen Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie über das Positionspapier der LABO, welches gemäß UMK-Beschluss auch den Berliner Bodenschutz- und Altlastenbehörden zur Anwendung empfohlen wurde.

Zwei Jahre später kann festgestellt werden, dass in der Zuständigkeit des Referats „Bodenschutz und Altlastensanierung“ der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz mittlerweile im Rahmen von 6 Projekten mit der Zielstellung, alternative innovative in-situ-Sanierungsverfahren zur Anwendung zu bringen, Labor- und Feldversuche durchgeführt und erste Schritte zur Sanierungsplanung veranlasst wurden. Mittlerweile gehören Untersuchungen zur Ermittlung des Abbaupotenzials von Schadstoffen, insbesondere von chlorierten Kohlenwasserstoffverbindungen quasi standardmäßig zum Untersuchungsprogramm, um die natürlichen Schadstoffminderungsprozesse in die Bewertung der Schadenssituation und in die weiteren Planungen einbeziehen zu können. Insbesondere auf den im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinie für das Berliner Stadtgebiet ausgewiesenen 103 signifikanten punktuellen Schadstoffquellen mit nachhaltigen Auswirkungen auf die Grundwasserbeschaffenheit wird die dringende Notwendigkeit gesehen, unter Nutzung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse, eine nachhaltige Sicherung und Sanierung der Grundwasserbelastungen zu erreichen.

Mit meinem heutigen Vortrag möchte ich verdeutlichen, auf welcher gesetzlichen und ordnungsbehördlichen Grundlage spezifische Anforderungen an toxikologische und ökotoxikologische Untersuchungen, Modelle, Beurteilungskriterien und Prognosen gestellt werden, um kontrollierte natürliche Schadstoffminderungsprozesse im Rahmen der ordnungsbehördlichen Tätigkeit für die in-situ-Sanierung von Boden- und Grundwasserbelastungen nach BBodSchG berücksichtigen und nutzen zu können.

2. Begriffsbestimmung

Für das Verständnis der ordnungsbehördlichen Tätigkeit soll hier eingangs eine Klärung der Begrifflichkeiten und Definitionen nach geltendem Bundesrecht vorgenommen werden: Als Sanierung werden nach § 2 Abs. 7 Nr. 1 und 2 des Bundes – Bodenschutz - und Altlastengesetzes Maßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung von Schadstoffen als Dekontaminationsmaßnahmen und Maßnahmen zur langfristigen Verhinderung oder Verminderung der Ausbreitung von Schadstoffen als Sicherungsmaßnahmen definiert. In § 5 Abs.1 BBodSchV wird der Begriff Sanierung dahingehend konkretisiert, dass darunter der Einsatz von technisch und wirtschaftlich durchführbaren Verfahren verstanden wird, deren praktische Eignung zur umweltverträglichen Beseitigung oder Verminderung von Schadstoffen gesichert ist. Sowohl die Sicherung als auch die Sanierung von Kontaminationen des Untergrundes stellen somit aktive, d. h. gesteuerte technische Maßnahmen dar. Im Zusammenhang mit der Nutzung von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen (NA), auch wenn sie von einem – vielleicht sogar umfangreichen - Monitoring-Programm (MNA) begleitet werden, kann ohne aktives menschliches Zutun nicht von Sanierungs- bzw. Sicherungsmaßnahmen im Sinne des BBodSchG gesprochen werden. Diese rechtliche Einstufung von NA oder MNA bedeutet jedoch nicht, dass natürliche Schadstoffminderungsprozesse keine Berücksichtigung bei der Altlastenbearbeitung im Rahmen der geltenden bodenschutzrechtlichen Gesetzgebung finden sollen. Im Gegenteil, gerade weil die Ordnungsbehörden in den Ländern mit den als beispielhaften Standardverfahren geltenden pump&reat-Maßnahmen in vielen Sanierungsfällen an die Grenzen der Auskömmlichkeit und Verhältnismäßigkeit gelangt sind, werden die natürlichen Untergrundprozesse mittlerweile zunehmend in die verschiedenen Stufen der Altlastenbearbeitung im Rahmen der Gefährdungsabschätzung, einer Sanierungsuntersuchung, der Sanierungsplanung, Sanierung oder in die Nachsorgephasen integriert. Dies soll in die Novellierung der BBodSchV im § 5 mit folgendem Passus einfließen: „Bei der Entscheidung über Sanierungsmaßnahmen oder über Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen ist auch die natürliche Schadstoffminderung zu berücksichtigen.“ Dabei wird im § 2 der BBodSchV folgende Begriffsbestimmung für NA vorgenommen: „Natürliche Schadstoffminderung: das Ergebnis von biologischen, physikalischen und chemischen Prozessen, die ohne menschliches Eingreifen zu einer Verringerung der Masse, der Toxizität, des Volumens, der Konzentration, der Fracht oder der Mobilität von Schadstoffen im Boden oder im Grundwasser führen.“ Damit wird die Novellierung der Bundes-Bodenschutz-Verordnung der Regelung des Umweltschadengesetzes (USchadG) folgen, nach welcher bei „Schaden oder Schädigung, also einer feststellbaren nachteiligen Veränderung einer natürlichen Ressource (Arten und natürliche Lebensräume, Gewässer und Boden) ... die zuständige Behörde ... nach Maßgabe der fachrechtlichen Vorschriften über Art und Umfang der durchzuführenden Sanierungsmaßnahmen entscheidet“ (§ 8 Abs. 1).

Hierzu ist nach dem aktuellen Erkenntnisstand in besonderem Maße die aktive Einbeziehung natürlicher Schadstoffrückhalte- und -abbauprozesse in technische Sanierungsmaßnahmen und dabei insbesondere bei

deren Stimulierung und Beschleunigung durch gezielte in-situ-Sanierungsmaßnahmen, den sogenannten ENA – Sanierungsmaßnahmen zu zählen. Die ordnungsbehördliche Entscheidung über die Anwendung von ENA stellt dabei ebenso eine erlaubnispflichtige Gewässerbenutzung im Sinne von § 3 Abs. 1 Nr. 5 und Abs. 2 Nr. 2 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) dar, wie die bisher zur Anwendung kommenden Standardsanierungsverfahren.

3. Bodenschutzrechtliche Bearbeitungssystematik bei in-situ-Sanierungen

Nach der bisherigen Verwaltungspraxis des Landes Berlin werden Gefährdungsabschätzungen und Untersuchungsanordnungen für die Altlastenbearbeitung auf der Grundlage des § 9 Abs. 2 BBodSchG umgesetzt. Nach dieser Vorschrift kann die zuständige Behörde dem nach § 4 Abs. 3 BBodSchG Verantwortlichen gegenüber anordnen, dass er die notwendigen Untersuchungen zur Gefährdungsabschätzung durchzuführen hat, wenn aufgrund konkreter Anhaltspunkte der hinreichende Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast besteht. Bestehen nach vorliegenden Erkenntnissen aus den Gefährdungsabschätzungen aufgrund der Art, Ausbreitung oder Menge der Schadstoffe insbesondere Gefahren für den Einzelnen oder die Allgemeinheit, so werden durch die zuständige Behörde nach § 13 Abs. 1 BBodSchG Sanierungsuntersuchungen sowie im Einzelfall die Vorlage eines Sanierungsplans gefordert.

Wird in diesem Zusammenhang von Seiten der zuständigen Behörde das Erfordernis eingeschätzt, dass standortbezogene natürliche Schadstoffminderungsprozesse in die Gefährdungsabschätzung und Sanierungsuntersuchung einzubeziehen und zu bewerten sind, so werden die hierzu notwendigen Untersuchungen in die Anordnungen aufgenommen. Dies betrifft in den meisten Fällen insbesondere die Erweiterung des laboranalytischen Untersuchungsspektrums für die Charakterisierung z.B. der Abbau- und Endprodukte des aeroben und anaeroben Abbaus chlorierter Kohlenwasserstoffverbindungen, der im allgemeinen gut abbaubaren Mineralölkohlenwasserstoffverbindungen, des Rückhaltevermögens des Bodens für relativ immobile Schadstoffe (z.B. Schwermetalle) sowie des Untergrundmilieus in der ungesättigten und gesättigten Bodenzone. Dazu sind standortspezifisch für das Grundwasser auf jeden Fall die Feldparameter (Milieuparameter), die Redoxparameter (Elektronenakzeptoren und –donatoren, Reaktionsprodukte), spezifische Schadstoffparameter wie Ethen und Methan aus der Abbaukette der LCKW, Eisen (II)- und Eisen (III)-Verbindungen, Sulfat, Chlorid, Ammonium, Nitrit, Nitrat und Metabolite der Ausgangsstoffe sowie spezifische mikrobiologische Untersuchungen zu zählen.

Umfassende hydrogeologische und hydrochemische Untersuchungsergebnisse aus der Phase der Detailerkundung liefern in der Regel bereits wertvolle Grundlagen für die Abschätzung des Stoffeintrags aus den kontaminierten Flächen in das Grundwasser sowie für eine erste Charakterisierung vorhandener NA-Prozesse wie Verflüchtigung, Sorption, Lösung und Abbau von Schadstoffen im Untergrund. Nachweisbare Abnahmen von Schadstoffkonzentrationen und Elektronenakzeptoren bei gleichzeitiger Zunahme von Metaboliten und Reaktionsprodukten stellen für die Ordnungsbehörde klare Ansatzpunkte dar, die natürlichen Schadstoffminderungsprozesse gezielt für weitere Untersuchungen, die Sanierungsplanung bzw. die standortbezogene Sanierung zu nutzen.

In Abhängigkeit vom konkreten Einzelfall werden in der Verwaltungspraxis der Berliner Altlastenbehörde die Anforderungen an die Berücksichtigung der NA-Prozesse bei der Sanierungsplanung und späteren Sanierung entweder mit einem öffentlich-rechtlichen Vertrag im Sinne von § 13 Abs. 4 BBodSchG zwischen der zuständigen Behörde und dem Sanierungspflichtigen oder in einer Sanierungsanordnung nach §§ 10 und 16 BBodSchG gegenüber dem Sanierungspflichtigen geregelt.

Schädliche Bodenveränderungen oder Altlasten und dadurch verursachte Gewässerverunreinigungen sind gemäß § 4 Abs. 3 BBodSchG durch den Pflichtigen so zu sanieren, dass dauerhaft keine Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen. Da der Sanierungspflichtige in der Regel nicht wissen kann, welche konkreten Maßnahmen er im Einzelnen zu ergreifen hat, sind diese durch die Vollzugsbehörde in der Sanierungsanordnung bzw. in einem öffentlich-rechtlichen Vertrag hinreichend konkret zu beschreiben. Hierzu ermächtigt § 10 Abs. 1 des BBodSchG die zuständige Behörde, die „notwendigen Maßnahmen“ zu treffen. Vorbild für diese Regelung waren die polizei- und ord-

nungsrechtlichen Generalklauseln der Länder. In § 40 VwVfG wird geregelt, dass die zuständige Behörde die gesetzlichen Grenzen des Ermessens einzuhalten und entsprechend dem Zweck der Ermächtigung auszuüben hat. Dies bedeutet in jedem konkreten Einzelfall, dass in drei Stufen die Anforderungen des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes zu beachten sind. Eine angeordnete behördliche in-situ-Maßnahme muss demnach

- **geeignet sein**, den gewünschten Maßnahmenerfolg zu erreichen. Alle anderen bisher bekannten Standardverfahren lassen dies demzufolge nicht in dem erforderlichen Maße erwarten.
- **erforderlich sein**, weil kein anderes gleich geeignetes oder den Einzelnen und die Allgemeinheit weniger beeinträchtigendes Mittel zur Verfügung steht. Hier spielt insbesondere die Berücksichtigung der Kostenfrage eine große Rolle bei der Wahl des sogenannten „milderen Mittels“, das zu geringeren Nachteilen führt und letztendlich genauso geeignet ist, den verfolgten Zweck zu erreichen.
- **angemessen sein**, dass heißt, die Maßnahme darf nicht außer Verhältnis zum angestrebten Erfolg stehen. Dies bedeutet aber auch, dass je höher das mit der Maßnahme zu schützende Rechtsgut ist, desto höher ist die vom Verpflichteten hinzunehmende Belastung. Zur Abwehr und Beseitigung von Gefahren, erheblicher Nachteile oder erheblicher Belästigungen der Allgemeinheit aufgrund von Gewässerverunreinigungen und einer nachhaltigen Beeinträchtigung der Grundwasserbeschaffenheit können durch die zuständige Behörde demzufolge strenge Anforderungen gestellt werden.

Die bisherigen Ausführungen haben umfassend belegt, dass der aktuelle Stand der Altlastengesetzgebung der zuständigen Behörde bereits die entscheidenden Grundlagen bietet, natürliche Schadstoffminderungsprozesse und deren Stimulierung durch technische Verfahren sowohl in das gestufte Verfahren der Altlastenuntersuchung als auch in die Altlastensanierung einzubeziehen. Die behördliche Abwägung der Verhältnismäßigkeit der altlastenrelevanten Maßnahmen schließt die Forderung nach der eingehenden Prüfung **aller** mit den Maßnahmen in Zusammenhang stehenden Merkmalen und Bedingungen ein. Dazu zählt aufgrund des aktuellen Stands der Technik und des naturwissenschaftlichen Wissens im 21. Jahrhundert zwingend die Berücksichtigung von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen bei der Altlastenbearbeitung.

Welche behördlich-administrativen und technischen Schritte sind denn nun konkret erforderlich, um eine in-situ-Sanierungsmaßnahme zu planen und umzusetzen? Dies soll im Folgenden an einem konkreten Beispiel aus der Berliner Altlastenpraxis demonstriert werden.

4. Die Entwicklung von einer pump&reat-Maßnahme gemäß Sanierungsanordnung zu einer in-situ-Sanierungsmaßnahme im Rahmen eines öffentlich-rechtlichen Vertrages

4.1 Darstellung der Schadenssituation und der geologisch-hydrogeologischen Randbedingungen

Aufgrund der langjährigen industriellen Nutzung auf dem Grundstück eines ehemaligen VEB Aufzugs- und Fahrtreppenbaus in Berlin-Pankow kam es im Bereich der ehemaligen Entfettung zum massiven Eintrag von Lösemitteln (LCKW). Bereits die ersten Untersuchungen des Bodens, der Bodenluft und des Grundwassers Anfang der 90er Jahre bestätigten eine nachhaltige Grundwasserverunreinigung der grundwasserleitenden Schichten (Stauwasserhorizont, 1. und 2. GWL) mit chlorierten Kohlenwasserstoffverbindungen. Die ungesättigte Bodenzone wurde 1992 mit Hilfe einer Bodenluftabsaugung teilsaniert. Für die Abreinigung des Hauptschadensbereichs mit ca. 120.000 µg/l LCKW wurde der Sanierungsbrunnen SB 1 in Betrieb genommen und mit einer Förderleistung von ca. 3 bis 5 m³/h betrieben. Das kontaminierte Grundwasser wurde in einer Grundwasserreinigungsanlage abgereinigt. In den Folgejahren wurden zwei weitere Sanierungsbrunnen im unmittelbaren Abstrom des Schadenszentrums gesetzt, um die Sanierung zu effektiveren. Aufgrund der komplizierten geologischen Bedingungen auf der Barnim-Hochfläche mit Wechsellagerungen von Geschiebemergel und sandigen Zwischenschichten zeigte der Betriebsverlauf trotz der bis 2001 geförderten ca. 2,5 t Schadstoffe nicht den gewünschten Sanierungserfolg. 2001 wurde daraufhin mit ergänzenden sanierungsbegleitenden Untersuchungen der geologisch-hydrogeologischen Randbedingungen und des Grundwassers begonnen. Dabei wurde das Messnetz verdichtet und ein weiterer Sanierungsbrunnen gesetzt. Die Untersuchungen bestätigten im Schadenszentrum nachhaltige Belastungen des 1. GWL mit bis zu 115.000 µg/l LCKW sowie LCKW - Be-

lastungen im Abstrom des Grundstücks mit bis zu 3.000 µg/l. Bis Ende 2002 wurden mit dem pump&treat-Verfahren ca. 3,5 t Schadstoffe aus dem Untergrund des Schadenszentrums entfernt.

4.2 Erste ordnungsbehördliche Maßnahmen

Zur akuten Gefahrenabwehr für das Grundwasser und zur Verhinderung der weiteren Schadstoffausbreitung im Rahmen des Baus der U-Bahnlinie U2 wurde der Grundstückseigentümerin 1993 von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz auf der Grundlage §§ 1a, 19g WHG in Verbindung mit §§ 14, 17 ASOG Bln. und § 23a Abs. 4 BWG eine Grundwassersanierung, ein begleitendes Grundwassermonitoring für die Sanierungs- und Abwehrbrunnen sowie 15 grundstücksbezogene, in unterschiedlichen Teufen verfilterte Grundwassermessstellen sowie die Überwachung der Ablaufwerte der GWRA zur Einleitung in den R-Kanal angeordnet. Als Sanierungszielwert für das Grundwasser wurde ein Wert von 10 µg/l LCKWges. vorgegeben. Die Reinigung des gehobenen Grundwassers hatte über eine Grundwasserstrippanlage zu erfolgen. Die pump&treat-Maßnahme war durch ein halbjährliches Grundwassermonitoring zu begleiten, in dessen Rahmen folgende Parameter zu untersuchen waren: Arsen, Blei, Cyanide, Ammonium, Nitrat, Phosphat, AOX sowie chlorierte und aromatische Kohlenwasserstoffverbindungen.

Die Errichtung weiterer Sanierungsbrunnen sowie die benannten ergänzenden Untersuchungen des Schadenszentrums sowie der Schadstofffahne erfolgten durch die Sanierungspflichtige in Abstimmung mit der zuständigen Altlastenbehörde, jedoch ohne weitere behördliche Anordnungen.

Aufgrund nachhaltiger Überschreitungen der Ableitungswerte in den R-Kanal wurde die GWRA Ende 2002 auf Anweisung der Ordnungsbehörde vorläufig außer Betrieb genommen.

Auf der Grundlage der Anordnung von 1993 wurde die GWRA somit fast zehn Jahre lang unter nahezu unveränderten technischen Randbedingungen betrieben.

4.3 Neubewertung der Schadenssituation unter Berücksichtigung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse und die Prüfung geeigneter in situ-Sanierungsverfahren

Innerhalb von knapp 10 Jahren 3,5 t Lösemittel (entspricht ca. < 1 kg/d) mit einer pump&treat-Maßnahme aus einem komplizierten geologischen Untergrund zu eliminieren, ist einerseits ein solider Sanierungserfolg, denn auch der Abstrom weiterer Schadstofffrachten vom Grundstück wurde nachhaltig unterbunden, andererseits weisen die anhaltend hohen Schadstoffbelastungen in Größenordnungen von über 100.000 µg/l im 1. Grundwasserleiter im Schadenszentrum jedoch nicht darauf hin, dass man dem 1993 formulierten Sanierungszielwert von 10 µg/l LCKW im Grundwasser auch nur im geringsten näher gekommen war.

Bei der Bestandsaufnahme und Neubewertung der bisherigen Untersuchungsergebnisse und Erkenntnisse zeigten sich deutliche Defizite hinsichtlich

- der spezifischen Standortuntersuchungen mit der Eingrenzung des Quellbereiches und der Schadstofffahne,
- der Präzisierung der geologisch-hydrogeologischen Randbedingungen,
- der Optimierung des Messstellennetzes,
- der Optimierung der Untersuchungsparameter,
- der Potenzialabschätzung für natürliche Schadstoffminderungsprozesse,
- der Prüfung von Sanierungsvarianten unter Einbeziehung innovativer Sanierungsverfahren.

Seit 2003 wurden nunmehr durch die Sanierungspflichtige in enger Abstimmung mit der Ordnungsbehörde umfangreiche sanierungsvorbereitende Untersuchungen durchgeführt, mit dem Ziel, im Rahmen einer Sanierungsvorplanung den Einsatz alternativer Sanierungsverfahren für diesen komplexen Schadensfall zu prüfen.

Voraussetzung hierfür waren schrittweise weitere Erkundungsarbeiten und Untersuchungen.

- seit 2003 - die Erweiterung des Parameterspektrums für das halbjährliche Grundwassermonitoring um die milieuspezifischen Parameter und LCKW-Abbauprodukte,
- in 2004 - ein Bodenluftabsaug- und Pumpversuch im Schadenszentrum,

- in 2005/2006 - Laborversuche zum Einsatz der Nano-Eisen-Technologie, der chemischen Oxidations-, der mikrobiologischen in-situ-Sanierungsverfahren sowie
- in 2007 - ein Feldversuch mit dem in-situ chemischen Oxidationsverfahren unter Einsatz von Natrium-Permanganat.

Die neuen Untersuchungsergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen: Der Quellterm wurde eingegrenzt und beschränkt sich auf eine Fläche von ca. 65 m² in der Werkhalle, im unmittelbaren Bereich der ehemaligen Entfettung. Der Hauptbelastungsbereich weist eine Tiefe von ca. 5 m auf. Im Stauwasserhorizont wurden Schadstoffgehalte gelöst im Grundwasser von 25.000 µg/l bis zu > 400.000 µg/l detektiert. Die Belastungen im 1. GWL betragen ca. 100.000 µg/l, im 2. GWL bis zu 25.000 µg/l LCKW. Die Ausbreitung der Kontamination erfolgte hier entlang der Morphologie der Geschiebemergeloberkante unabhängig von der Grundwasserfließrichtung im 1. und 2. Grundwasserleiter. Die Schadstofffahne im 1. GWL weist eine Länge von ca. 140 m auf. Im 2. GWL beschränkt sich die Ausbreitung der Belastungen auf den herdnahen Bereich. Die laboranalytischen Untersuchungen bestätigten eine deutliche Abnahme des Primärschadstoffs Tetrachlorethen (PCE) und eine Zunahme von Trichlorethen (TCE) und cis-1,2-Dichlorethen (cDCE). Der Anteil an Vinylchlorid (VC) liegt bei unter 2,5 mol-% und zeigt keinen signifikanten Anstieg im Abstrom. Eine vollständige Dechlorierung zu Ethen war vereinzelt nachweisbar. Anhand der untersuchten Milieuparameter waren Abbauprozesse der anaeroben reduktiven Dechlorierung der LCKW sowohl im 1. als auch im 2. GWL nachweisbar. Die Bodenluftuntersuchungen ergaben kein erhöhtes Ausgasungspotenzial in die ungesättigte Bodenzone. Der Pumpversuch im 1. GWL bestätigte hydraulische Kurzschlüsse zwischen Stauwasserhorizont und 1. GWL.

An die technischen Erkundungsarbeiten des Standortes schlossen sich Laborversuche in Form von Batch- und Säulenversuchen und mikrobiologischen Untersuchungen an. Dabei wurden repräsentative Boden- und Grundwasserproben aus den grundwasserleitenden Schichten zur Prüfung der Anwendbarkeit von in-situ-Sanierungsverfahren mit verschiedenen Oxidationsmitteln (Wasserstoffperoxid, Fentons Reagenz und K-/Na-Permanganat) sowie mit dem Reduktionsmittel Nano-Eisen beaufschlagt. Neben der Geeignetheit der Verfahren wurden hierbei auch der Oxidationsmittelverbrauch für die Bodenmatrix und das Grundwasser sowie der Einfluss auf die mikrobiologische Aktivität mit folgenden Ergebnissen untersucht: Sowohl für Permanganat als auch für Fentons Reagenz konnten gute LCKW-Abbauleistungen erzielt werden. Fentons Reagenz hatte allerdings den Nachteil, dass Schwermetalle, insbesondere das toxische Chrom VI freigesetzt wurden. Für Permanganat wurden wiederum Ausfällungen von Braunstein nachgewiesen, die möglicherweise die Durchlässigkeit des Aquifers herabsetzen können. Bei zusätzlichen Laborversuchen mit Permanganat wurde allerdings erst gegen Versuchsende eine geringfügige Verblockung der grundwasserleitenden Schichten ermittelt. Die Versuche mit Nano-Eisen ergaben keine signifikante LCKW-Reduzierung. Aus Kosten- und Handhabungsgründen wurde für die Feldanwendung Natrium-Permanganat als geeigneteres Oxidationsmittel ausgewählt. Im Ergebnis der Laborversuche wurde die Durchführung eines Feldversuchs im Schadenszentrum im 1. Grundwasserleiter vorgeschlagen. Anhand der Säulenversuche konnte die maximal erforderliche Na-Permanganatmenge von ca. 5,5 g pro kg Boden (inkl. Porenwasser) ermittelt werden. Bei der Infiltration sollte die Lösungskonzentration des Na-Permanganat-Wasser-Gemisches von maximal 10 g/l (10 kg/m³) nicht überschritten werden.

Dem Feldversuch im Mai 2007 lag folgende Projektierung zu Grunde:

- Errichtung einer Monitoringmessstelle sowie Aufbau einer Grundwasserreinigungsanlage (GWRA),
- Grundwasserförderung an einem abstromig gelegenen Sanierungsbrunnen mit 1 m³/h für drei Tage zur Einstellung stationärer Strömungsverhältnisse,
- Durchführung eines Tracer-Versuchs mit Uranin (10-12 Tage),
- Infiltration einer definierten Permanganat-Lösung in eine vorhandene Messstelle über einen Zeitraum von ca. 30 Tagen,
- Nach Ruhephase – Untersuchung ausgewählter Grundwassermessstellen (GWM),
- Untersuchungsspektrum: Vorort-Parameter, LHKW gem. Berliner Liste (2005), einschließlich Chlorethen, Metalle/Schwermetalle (As, Pb, Cr ges., Cu, Ni, Hg, Zn), Milieuparameter, Na-Permanganat,
- Ableitung des geförderten und gereinigten Grundwassers in die R-Kanalisation.

Wesentliche Zielstellungen des Feldversuchs waren die Untersuchung der Verteilung und der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Oxidationsmittels im 1. Grundwasserleiter sowie die Bemessung des Verbrauchs an Oxidationsmittelmenge unter realen Bedingungen.

Die Ergebnisse des Feldversuchs lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Schadstoffinfiltration von ca. 170 kg Natrium-Permanganat in zwei Infiltrationszyklen (15 Tage),
- Starke heterogene Ausbreitung des Oxidationsmittels aufgrund der komplizierten geologisch-hydrogeologischen Untergrundverhältnisse, maximale Reichweite ca. 40 m, nachweisbare Schadstoffreduzierung auch im 2. GWL,
- Schneller und effizienter Schadstoffabbau (50% bis 85%) im Bereich der Infiltration im 1. GWL,
- nachhaltige und signifikante Reboundeffekte.

Es ist somit festzuhalten, dass der Einsatz von Natrium-Permanganat ein geeignetes Verfahren zur Abreinigung des LCKW-Schadens darstellt. Allerdings ist bei den derzeit vorherrschenden hohen Schadstoffbelastungen im Schadensherd und aufgrund der Bindung der Schadstoffe in den bindigen Geschiebemergelablagerungen eine der in-situ-Sanierung vorlaufende Bodensanierung im Schadenszentrum umzusetzen, um mittel- und langfristige Rekontaminationsprozesse des Grundwassers aus diesem Bereich auszuschließen und die Verhältnismäßigkeit der in-situ-chemischen Sanierung zu wahren.

Unter Abwägung aller vorliegender Erkenntnisse über die natürlichen Randbedingungen, die technische Machbarkeit sowie die Verhältnismäßigkeit der möglichen Maßnahmen auf dem Standort wurde im Rahmen eines öffentlich-rechtlichen Vertrages die Umsetzung folgender Sanierungsmaßnahmen festgelegt:

1. Teilweiser Werkhallenrückbau für einen selektiven Bodenaushub auf einer Fläche von ca. 65 m² bis in eine Tiefe von 8 m u. GOK mittels dem Großlochbohrverfahren, Wiedereinbau von Z0-Material.
2. Begleitende Grundwassersanierung, Förderung über die vorhandenen Sanierungsbrunnen und Ableitung über eine Grundwasserreinigungsanlage.
3. Durchführung von 12 Infiltrationszyklen mit Na-Permanganat über einen Zeitraum von 2 Jahren an 11 Infiltrationslanzen sowie unter Nutzung ausgewählter GWM.
4. Festlegung von Sanierungszielwerten
 - a. Für das Schadenszentrum: LCKW gesamt – 500 µg/l, VC – 12,5 µg/l,
 - b. Für den Abstrom/Grundstücksgrenze: LCKW gesamt – 100 µg/l, VC – 2,5 µg/l.
5. Nachsorgende Maßnahmen: Nutzung mikrobiologischer Aktivität im Untergrund mit der Umsetzung von ENA-Maßnahmen durch Nährstoffzugaben.
6. Grundwassermonitoring an ausgewählten GMW über einen Zeitraum von 5 Jahren.

Insbesondere bei der Festlegung der Sanierungszielwerte wurde im Rahmen der Abwägung Verhältnismäßigkeit durch die Ordnungsbehörde berücksichtigt, dass sich das Grundstück auf der Hochfläche und außerhalb eines Trinkwasserschutzgebietes der Berliner Wasserwerke befindet.

Mit diesem hinreichend konkreten Maßnahmenkatalog besteht zum einen für die zuständige Behörde die Sicherheit, dass zielführend in einem zeitlich überschaubaren Rahmen die notwendigen Boden- und Grundwassersanierungsmaßnahmen umgesetzt werden und zum anderen besteht für den Sanierungspflichtigen bzw. einen potentiellen Investor Finanzierungs- und Planungssicherheit.

4.4 Der öffentlich – rechtliche Vertrag für den administrativen behördlichen Vollzug

Die beschriebenen technischen Erkundungs- und sanierungsvorbereitenden Maßnahmen auf dem Grundstück, angefangen von den eingrenzenden Untersuchungen des Schadensherdes, über die Laborversuche bis hin zum Feldversuch wurden in enger Abstimmung zwischen Ordnungsbehörde und Sanierungspflichtigem umgesetzt. Dies erfolgte nach Vorlage aktueller Untersuchungsergebnisse im Rahmen von gemeinsamen Projektbesprechungen.

Aufgrund der Zuständigkeitsregelung im Land Berlin wurde hier im konkreten Fall die wasserbehördliche Erlaubnis für die Infiltration von Na-Permanganat in den Untergrund, nach hausinterner Abstimmung mit der

Wasserbehörde, durch die für die Altlastensanierung zuständige Ordnungsbehörde erteilt. Die Infiltration von Stoffen in den Untergrund stellt eine erlaubnispflichtige Gewässerbenutzung nach § 3 Abs. 1 Nr. 5 und Abs. 2 Nr. 2 WHG dar.

Als rechtliche Grundlage der altlastenrelevanten Maßnahmen diente im Prinzip immer noch die zu vollziehende Sanierungsanordnung der zuständigen Ordnungsbehörde aus dem Jahr 1993.

Auf der Grundlage der neuesten Erkenntnisse und Prognosen wurde durch die zuständige Ordnungsbehörde im Oktober 2007 eine neue Sanierungsanordnung vorbereitet. Der sogenannte Technische Teil dieser Anordnung wurde der Sanierungspflichtigen auf ihre Bitte vorab zur Verfügung gestellt, um ihr die Möglichkeit zu geben, auf dieser Basis einen Entwurf eines öffentlich-rechtlichen Vertrages zu erarbeiten. Nach dem ersten Entwurf des ÖRV von Ende November 2007 wurden insgesamt drei weitere Entwürfe sowie Ergänzungen der technischen Maßnahmen und kartographischen Darstellungen in den Anlagen diskutiert. Seit April 2008 liegt nunmehr ein einvernehmlich abgestimmter, öffentlich-rechtlicher Vertragsentwurf vor, der zur Unterzeichnung vorbereitet wird. Neben der eindeutigen und unzweifelhaften Beschreibung der technischen sanierungsrelevanten Maßnahmen auf dem Grundstück lagen die Schwerpunkte der Diskussion insbesondere bei der Festlegung der Sanierungsziele sowie bei der zeitlichen Begrenzung der Sanierungs- und Überwachungsmaßnahmen. Bei der Festlegung des Sanierungszielwertes von 500 µg/l LCKW im Schadenszentrum, einem Wert, der das Fünffache des Schadenswertes der Berliner Liste 2005 (100 µg/l) darstellt, damit aber den Vorschlag der Sanierungspflichtigen wiederum um das Zehnfache (5.000 µg/l) unterschritt, ging die zuständige Ordnungsbehörde von folgenden Überlegungen aus:

1. Die Schadstoffquelle wird durch eine Bodensanierungsmaßnahme mit dem Großlochbohrverfahren liquidiert. Es erfolgt eine begleitende aktive Grundwassersanierungsmaßnahme.
2. Durch die nachfolgende in-situ-Sanierung mit dem Oxidationsmittel Natrium-Permanganat über einen Zeitraum von 2 Jahren werden die im Grundwasser gelösten chlorierten Kohlenwasserstoffverbindungen soweit abgebaut bzw. dechloriert, dass von dem Grundstück dauerhaft keine Gefährdung für die Umwelt mehr ausgehen kann und auch die Einhaltung des Sanierungszielwertes von 100 µg/l LCKW gesamt an der Grundstücksgrenze erreicht wird.
3. Durch den nachsorgenden Einsatz einer Maßnahme zur Stimulation des mikrobiologischen Abbaus können die gestellten Zielwerte mittelfristig erreicht werden.
4. Mit einem regelmäßigen halbjährlichen Monitoring wird die kontinuierliche Überwachung der ablaufenden hydrochemischen und Milieuprozesse gewährleistet. Dies gestattet ein rechtzeitiges ordnungsbehördliches Eingreifen im Falle der Erfolglosigkeit der ausgewählten Verfahren, falls die mit der Vertragsanpassung festgelegten Verfahrensweisen keinen Erfolg zeigen sollten.
5. Die Sanierungspflichtige hat aufgrund der klaren örtlichen Zuordnung der Maßnahmen und deren zeitlicher Befristung Planungssicherheit für die Entwicklung des Grundstücks gewonnen.

5. Schlussfolgerungen

Die gewonnenen Erfahrungen machen deutlich, dass eine gezielte Nutzung und Stimulierung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse in der Praxis der Altlastenbearbeitung nur auf der Grundlage umfangreicher Erkundungen des Standortes mit der Erfassung der geologisch-hydrogeologischen und hydrochemischen Untergrundverhältnisse, der Schadstoffquelle und der Schadstofffahne sowie auf der Grundlage umfassender Labor- und Feldversuche entsprechend der Bearbeitungssystematik nach BBodSchG möglich ist. Ermessensausübung und Verhältnismäßigkeitsprüfung beim Einsatz von in-situ-Sanierungsverfahren durch die zuständige Behörde stellt immer eine Einzelfallentscheidung dar, die in enger Abstimmung zwischen den Sanierungspflichtigen und der Behörde getroffen wird.

ISCO-Sanierung eines Alkylphenolschadens auf der Halbinsel Stralau

Dipl.-Ing. Angela Rümmler, Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz

1. Ausgangssituation

Seit 1992 sind auf der Halbinsel Stralau auf dem Betriebsgelände der ehemaligen Glashütte Stralau (heute Industriebrache) Untergrundverunreinigungen durch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Alkylphenole, Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW) und monozyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX) bekannt, die auf die jahrzehntelange industrielle Nutzung, insbesondere auf die Entsorgung von Rückständen aus der Generatorgasproduktion auf dem Betriebsgelände zurückzuführen sind. Die nachgewiesenen Belastungen gliedern sich in drei Hauptschadensbereiche, nördlich und südlich des ehemaligen Eisgrabens, ehemaliges Hafenbecken und entlang der Straßenzüge Glasbläserallee und Fischzug (Zentraler Bereich).

Der Boden in den Bereichen entlang des Eisgrabens und des ehemaligen Hafenbeckens wurde von Dezember 1999 bis Mai 2000 saniert. Im Zentralen Bereich wurde in 2004 eine Bodensanierung mittels Großlochbohrung an den Teergruben I und II durchgeführt.

Sanierungsbereich	Fläche	Schadstoffbilanz	MKW	PAK	Phenole
Eisgraben/ Hafenbecken	ca. 1.500 m ²	Austausch vom 5.000 t Boden	14 t	2,6 t	7 t Alkylphenole 2 t Chlorphenole
Teergruben I und II	ca. 150 m ²	Austausch von 1.600 t Boden	5,1 t	0,12 t	0,14 t Alkylphenole

Tabelle 1: Bilanz der Bodensanierung

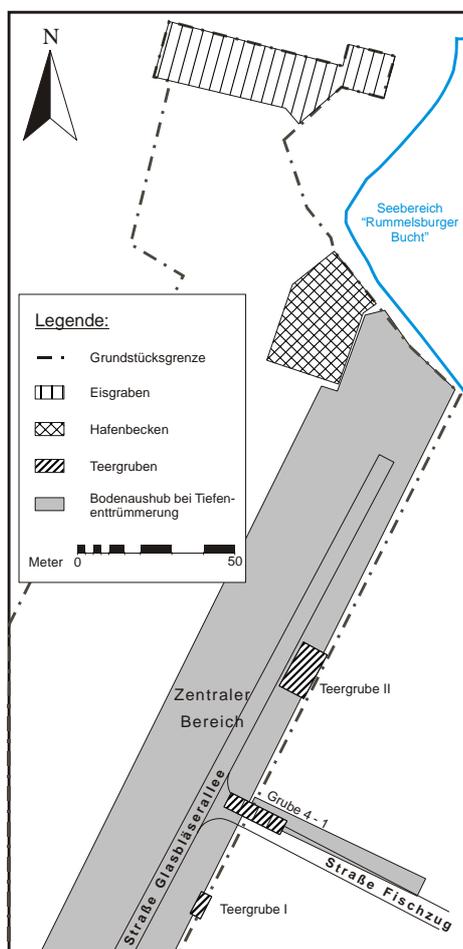


Abbildung 1: Lageplan Bodensanierungsmaßnahmen

Unabhängig von den gezielten Bodensanierungsmaßnahmen wurde über das gesamte Betriebsgelände verteilt im Rahmen von Tiefenentrummerungen belasteter Boden bis ca. 1,5 m unter Geländeoberkante (GOK) ausgehoben und durch unbelasteten Boden ersetzt.

Die Maßnahmen wurden durchgeführt, um die vom Gelände ausgehenden Gefahren nachhaltig zu reduzieren in dem u. a. das Nachlieferungspotential für das Grundwasser herabgesetzt wird. Während für die Sanierungsbereiche Eisgraben und Hafenbecken ein deutlicher Rückgang der Schadstoffgehalte im Grundwasser zu verzeichnen ist, bewegen sich die Grundwasserbelastungen im Einflussbereich der ehemaligen Teergruben (Zentraler Bereich) weiterhin auf dem Niveau wie vor der Bodensanierung.

Das Grundwasser im Zentralen Bereich war nach Abschluss der Sanierung durch PAK (max. 400 µg/l), Alkylphenole (max. 150.000 µg/l), MKW (max. 900 µg/l) und BTEX (max. 300 µg/l) belastet. Die Belastungen des Grundwassers werden durch ein ½ jährliches Monitoring überprüft.

Aufgrund des geringen Flurabstandes von ca. 1,7 m unter GOK stellen die Belastungen, sowohl für die zukünftige Nutzung des verunreinigten Areals, als auch für die in der südwärts gerichteten Abstromrichtung gelegenen Altbebauung, eine Gefährdung durch Ausgasung der Schadstoffe aus dem belasteten Grundwasser (z.B. in die

Kellergeschosse) dar. In Anbetracht dieser Gefährdung sowie der Tatsache, dass sich bei einem Pumpversuch die geologischen Verhältnisse als ungünstig für die Durchführung einer hydraulischen Sanierung mittels eines ‚Pump-and-Treat‘ Verfahrens erwiesen haben, wurden in 2006 sowohl Laborversuche zu in-situ-Grundwassersanierungsverfahren (ISCO mit Kaliumpermanganat, Fenton-Reagenz und Wasserstoffperoxid) als auch mikrobiologische Abbauprobe durchgeföhrt, um die Möglichkeiten einer nachhaltigen Schadstoffreduzierung im Grundwasser zu klären.

Die Laborversuche mit dem Verfahren der in-situ-chemischen Oxidation (ISCO) ergaben, dass Alkylphenole an diesem Standort im Grundwasser durch Zugabe vom Kaliumpermanganat (KMnO₄) entfernt werden können. In Batch- und Säulenversuchen mit kontaminiertem Boden und Grundwasser aus dem Sanierungsbereich wurden die Alkylphenole signifikant (> 90%) und rasch (innerhalb von 6 Tagen) eliminiert. Über die Laborversuche zum biologischen Abbau konnte ermittelt werden, dass Alkylphenole im Grundwasser aus dem Sanierungsbereich bei Konzentrationen ≤ 2.300 µg/l zu mehr als 90 % mikrobiell abgebaut werden können.

In Konsequenz der Ergebnisse aus den Laborversuchen wurde dem Sanierungspflichtigen die Umsetzung einer in-situ-chemischen Oxidation (ISCO) mit dem Ziel angeordnet, die Hauptbelastung im Zentralen Bereich soweit zu reduzieren, dass die verbleibende Restbelastung im Rahmen von biologischen Abbauprozessen nachhaltig beseitigt werden kann.

2. In-situ-Grundwassersanierung im Zentralen Bereich

2.1 Feldversuch im Rahmen der ISCO Sanierung

Im Rahmen eines Feldversuches wurde in zwei Testfeldern innerhalb des zu sanierenden Bereiches die Möglichkeit einer zeitnahen Sanierung mit dem ISCO- Verfahren überprüft. Ziel des Feldversuches war die Ermittlung des Bedarfs an KMnO₄ und die Reichweite der Injektionen. Außerdem sollten in einem Bericht Empfehlungen zur Lage der Injektionspunkte, der Injektionstiefen und –volumina im Rahmen der Sanierung gegeben werden.

Die beiden Testfelder sind um vorhandene Grundwassermessstellen angeordnet. Das Testfeld 1 liegt im Bereich der ehemaligen Teergrube II, umfasst 40 m² und reicht bis 7 m unter GOK. Auf dem Testfeld wurden drei Injektionspunkte mit jeweils drei Injektionslanzen, die in unterschiedlichen Tiefen verfiltert wurden, in ca. 2 m Abstand zur Grundwassermessstelle (GWM) errichtet. Testfeld 2 umfasst ca. 50 m² und liegt in einem Bereich mit gewachsenem Boden (Mittelsand über Grobsand) unter einer ca. 1,9 m mächtigen Auffüllung aus Mittelsand mit steinigen Anteilen. In diesem Testfeld wurden um zwei GWM bis max. 7 m unter GOK fünf Injektionspunkte im Abstand von 1,5 bis 2,25 m errichtet. Pro Injektionspunkt wurden jeweils drei Injektionslanzen (flach: 3,30 m, mittel: 5,10 m, tief: 6,90 m unter GOK) errichtet. Damit wird der Grundwasserleiter über eine Tiefe von 5,20 m abgedeckt.

Im Rahmen des Feldversuches wurden an den Injektionspunkten im Abstand von 3 Wochen zwei Injektionszyklen durchgeföhrt. Insgesamt wurden 637 kg KMnO₄ in Lösung (42 g/l) gebracht und injiziert.

Die Ergebnisse aus dem Feldversuch bestätigen weitgehend die Ergebnisse aus den Laborversuchen. Die Alkylphenolkonzentrationen konnten an den Referenzmessstellen deutlich reduziert werden. Die geschätzte mittlere Reichweite von mindestens 2 m wurde im Feldversuch bestätigt.

GWM	vorher	1. Zyklus	2. Zyklus
10/05	22.560 µg/l	19.940 µg/l	1.669 µg/l
12/07	31.705 µg/l	32.530 µg/l	11 µg/l
13/07	24.325 µg/l	12.275 µg/l	3.729 µg/l

Tabelle 2: Alkylphenolkonzentrationen an den Referenzmessstellen

An insgesamt 7 Lanzen trat während der Injektion oberflächlich Kaliumpermanganatlösung aus, wobei es auch zu Kurzschlüssen zwischen Lanzen unterschiedlicher Tiefen kam. Als Ursache wurde sowohl der Bau-Grund als auch das Einbauverfahren vermutet. Beim Einbau der Lanzen im Spülverfahren wurde ein Spülrohr mit einem fast doppelt so großen Durchmesser wie die eigentliche Lanze verwendet (120 mm zu 63 mm). Dadurch kam es nach Entfernen des Spülrohrs im Ringraum zu Hohlraumbildungen, die Wegbarkeiten für eine ungleichmäßige Verteilung der Injektionslösung schufen.

Trotz der aufgetretenen Mängel in der Verteilung der KMnO_4 – Lösung wurde das ISCO – Verfahren im Ergebnis als geeignet für eine Reduzierung des Alkylphenolschadens eingestuft und mit der Umsetzung der Sanierung auf dem gesamten Sanierungsbereich begonnen.

2.2 Erster und zweiter Injektionszyklus im Rahmen der ISCO Sanierung

Das Sanierungsfeld befindet sich auf einem Grünstreifen der ausgehend vom Kreuzungsbereich parallel zur Straße verläuft.

Die gesamte Sanierungsfläche umfasst ca. 600 m² (10 m x 60 m) und reicht bis in 7 m Tiefe. Auf der Fläche befinden sich fünf Grundwassermessstellen (GWM). Über den Bodenaufbau teilt sich das Sanierungsfeld in zwei Bereiche. Der eine Bereich umfasst die Fläche auf der bereits Bodensanierung statt fand, hier herrschen Mittelsande mit feinsandigen bis schluffigen Anteilen vor. Während der andere Bereich außerhalb des Sanierungsbereiches liegt, hier herrschen Mittelsande vor, die zur Tiefe hin zu Grobsanden wechseln.

Um die Fehler, die sich im Feldversuch aus dem Einbau der Injektionslanzen ergaben, zu vermeiden, wurden die im Rahmen der Sanierung gesetzten Lanzen mittels verrohrter Trockenbohrungen errichtet. Die Lanzen wurden in drei Reihen unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Lanzen gleichmäßig über die Sanierungsfläche verteilt. Insgesamt erfolgte der Neubau von 43 Injektionspunkten bestehend aus jeweils drei Lanzen. Jede Lanze wurde über 2 m verfiltert, wobei die Lanzen wie im Feldversuch Endteufen von 3,30 m, 5,10 m und 6,90 m aufweisen.

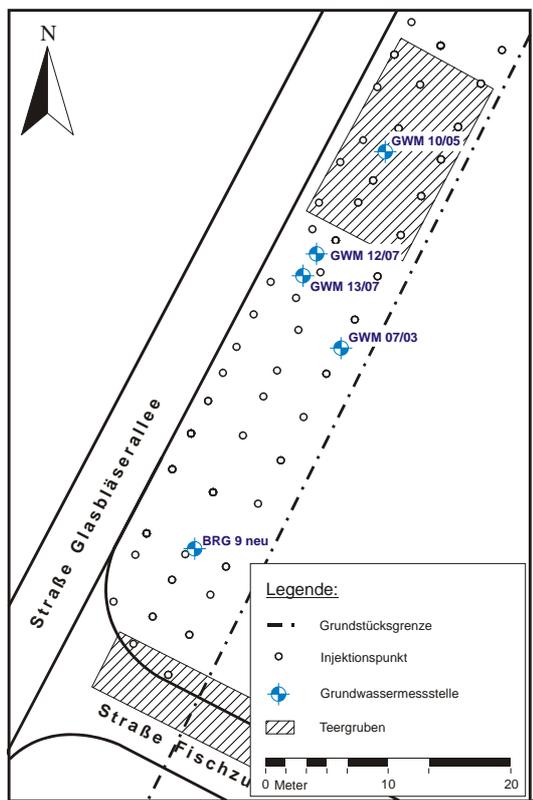


Abbildung 2: Sanierungsfeld mit Injektionspunkten

Die Lanzen aus dem Feldversuch wurden im Rahmen der Sanierung von der Injektion ausgeklammert. Analog zum Feldversuch wurde zur Injektion eine mobile Dosierstation mit sechs Verteilern genutzt. Die Kaliumpermanganatlösung wurde auf dem Gelände chargenweise hergestellt.

1. Injektionszyklus

Insgesamt wurden im Rahmen der 1. Injektion 40 m³ Lösung mit 1.635 kg KMnO_4 angesetzt und injiziert (40 g/l). In 119 der 129 Lanzen konnte das Zielvolumen (325 l) innerhalb von einer Stunde mit einem Volumenstrom von 6-13 l/min injiziert werden. An den übrigen Lanzen konnten nur 24 bis 234 l infiltriert werden, diese Lanzen liegen alle im Bereich der ehemaligen Bodensanierung, hier gab es auch schon im Feldversuch Schwierigkeiten bei der Injektion. Angepasst an die Verhältnisse vor Ort wurden die Restmengen randlich des betroffenen Bereichs zusätzlich auf die dortigen Lanzen verteilt, so dass hier zwischen 475 l und 532 l injiziert wurden.

2. Injektionszyklus

Innerhalb des 2. Injektionszyklus wurden 39 m³ Lösung mit 1.558 kg KMnO₄ angesetzt und infiltriert. Bei dieser Injektion wurde das Zielvolumen von 325 l an 110 von 129 Lanzen problemlos erreicht. An den übrigen Lanzen konnten durch manuelles Befüllen der Lanzen 139 l bis 245 l injiziert werden.

10 Tage nach der 2. Injektion wurde die Alkylphenolbelastung durch eine Beprobung des Grundwassers überprüft. Eine Beprobung einzelner Lanzen wie im Feldversuch erfolgte nicht. Im Rahmen der Beprobung wurden vier Messstellen im Sanierungsbereich sowie zwei weitere Messstellen im unmittelbaren Grundwasserabstrom beprobt.

Die Messstellen außerhalb des Sanierungsbereiches zeigen gegenüber dem letzten regulären Grundwassermontoring eine geringfügige Reduzierung des Alkylphenolgehaltes. Während die GWM im Bereich des Feldversuches einen deutlichen Rebound – Effekt aufweisen, hier sind die Gehalte der GWM 10/05 von 1.669 µg/l auf 20.603 µg/l und bei der GWM 12/07 von 11 µg/l auf 49.800 µg/l angestiegen, zeigen sich die Werte im restlichen Sanierungsbereich uneinheitlich.

Die GWM 7/03 zeigt einen Alkylphenolgehalt von 50.150 µg/l und wurde entweder durch die beiden Injektionen nicht erreicht oder die injizierten KMnO₄ – Mengen waren nicht ausreichend. Im Gegensatz dazu weist die GWM BRG 9 neu nur noch geringe Alkylphenolgehalte auf, hier sanken die Gehalte von 14.196 µg/l auf 694 µg/l.

Sowohl im Sanierungsbereich als auch im Abstrom wurde im Grundwasser kein Kaliumpermanganat nachgewiesen.

Nach Durchführung des 1. und 2. Injektionszyklus ist noch keine flächendeckende Reduzierung des Alkylphenolgehaltes erreicht, der Übergang zur biologischen Sanierung ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht sinnvoll. Durch die Sanierungsbeteiligten wird eingeschätzt, dass ein weiterer Injektionszyklus, diesmal auch im Bereich des Feldversuches, bei gleichzeitiger Erhöhung des Injektionsvolumens zu einem signifikanten Rückgang der Alkylphenolgehalte führt. Der Sanierungserfolg wird zusätzlich zu den Grundwassermessstellen an sechs ausgesuchten Lanzen überprüft, um eine bessere Differenzierung des Schadensbildes zu erreichen.

2.3 Dritter Injektionszyklus im Rahmen der ISCO Sanierung

Insgesamt wurden im Rahmen der 3. Injektion 50,06 m³ Lösung mit 2.002 kg KMnO₄ angesetzt und injiziert. Auf Grundlage der Ergebnisse der vorhergehenden Injektionen wurde das Zielvolumen für die einzelnen Lanzen individuell angepasst. Die Kriterien für die Anpassung waren die Aufnahmefähigkeit des Untergrundes und die Restmengen an unverbrauchtem Kaliumpermanganat in der einzelnen Lanze. An fünf Injektionspunkten wurde keine KMnO₄ – Lösung injiziert, da im Vorfeld noch große Restmengen KMnO₄ – Lösung (dunkelviolette Färbung) in diesen Lanzen nachgewiesen wurden. In 123 von 138 Lanzen konnte das Zielvolumen von mindestens 175 bzw. 400 l mit der Dosiervorrichtung injiziert werden, in den übrigen Lanzen wurde das Zielvolumen manuell injiziert.

Im Rahmen des 3. Injektionszyklus wurden vier GWM und drei Injektionspunkte (alle Lanzen) im Sanierungsfeld sowohl vor Beginn der Injektion als auch eine Woche nach der Injektion beprobt und die Grundwasserproben auf Alkylphenole analysiert. Durch den 3. Injektionszyklus wurden die Alkylphenole an den Lanzen eliminiert. An der GWM innerhalb des Bereichs der Bodensanierung waren die Alkylphenolgehalte vor und nach der 3. Injektion nahezu unverändert, während an den anderen Messstellen nach einem Anstieg der Konzentration an zwei der drei Messstellen zwischen dem 2. und 3. Injektionszyklus die Alkylphenolgehalte mit der 3. Injektion signifikant (bis zu 72 %) reduziert werden konnten.

	nach 1.+ 2. Injektion	vor 3. Injektion	nach 3. Injektion
GWM 07/03	52.150 µg/l	24.891 µg/l	12.370 µg/l
BRG 9-neu	694 µg/l	93.555 µg/l	50.334 µg/l
GWM 10/05	20.603 µg/l	17.757 µg/l	21.476 µg/l
GWM 12/07	47.520 µg/l	40.027 µg/l	28.830 µg/l

Tabelle 3: Alkylphenolkonzentrationen an den Referenzmessstellen vor und nach 3. Injektion

Auch nach der 3. Injektion zeigt sich kein einheitliches Bild bei der Reduzierung der Alkylphenolkonzentrationen, deshalb wurde das Sanierungsfeld zur Bewertung räumlich in drei Bereiche unterteilt.

Teilbereich 1

Der Bereich umfasst die GWM 10/05 innerhalb der Bodensanierungszone. Dieser Teilbereich ist wie folgt zu charakterisieren:

- Der Untergrund ist stark verdichtet, dies führt zu Beschränkungen in Injektionsmenge und Wirkradius.
- Die Restmenge an Kaliumpermanganat in den Lanzen ist hier am höchsten.
- Die 3. Injektion zeigt keinen nachweisbaren Effekt auf die Konzentration an der Referenzmessstelle.

In diesem Bereich scheint der Wirkradius des Kaliumpermanganats um die Lanzen nicht auszureichen. Eine 4. Injektion ist in diesem Bereich nur mit Unterstützung durch eine gleichzeitige Grundwasserentnahme zur Erhöhung des hydraulischen Gradienten sinnvoll.

Teilbereich 2

Bereich um die GWM 12/07 und GWM 07/03. Er ist wie folgt gekennzeichnet:

- Es ist weitgehend gewachsener Boden unter einer Auffüllungsschicht vorhanden.
- Es konnte eine gute Verteilung der Kaliumpermanganatlösung erzielt werden. Die Kaliumpermanganatgehalte in den Lanzen liegen deutlich unter denen im Teilbereich 1
- Die dritte Injektion hat eine signifikante Reduzierung der Alkylphenolbelastung an den Referenzmessstellen bewirkt. Der Durchschnittswert liegt jetzt bei ca. 14 mg/l gegenüber 34 mg/l vor der letzten Injektion.

Hier wäre der Übergang zur biologischen Sanierung möglich.

Teilbereich3

Bereich um die GWM BRG 9 neu. Dieser Bereich ist wie folgt skizziert:

- Unter einer Auffüllungsschicht befindet sich weitgehend gewachsener Boden. Dieser nimmt die Injektionslösung am besten auf.
- Nach Südwesten grenzt an diesen Bereich ein weiterer Bereich mit Bodensanierung (Grube 1-4), hier wurden auch nach der Sanierung hohe Mineralölkohlenwasserstoff-Gehalte im Grammbereich festgestellt. Während der Arbeiten an den Lanzen wurden auch im Bereich drei organische Belastungen festgestellt.
- Die Kaliumpermanganatgehalte in den Lanzen waren hier am geringsten, was neben einer guten Durchlässigkeit auch auf hohe Schadstoffkonzentrationen hinweisen kann.
- Die Referenzmessstelle BRG 9 neu weist trotz deutlichem Rückgang (53 %) noch die höchsten Alkylphenolgehalte auf. In der Ruhephase zwischen dem 2. und 3. Injektionszyklus kam es hier zu einem Anstieg der Alkylphenolkonzentrationen von 694 µg/l auf 93.555 µg/l.

In diesem Bereich ist eine 4. Injektion durchaus sinnvoll, da hier die Reichweite nicht nur vom Untergrund sondern auch durch die hohe organische Gesamtbelastung beeinflusst wird.

Auf Grund der im gesamten Sanierungsfeld sehr schwankenden Wirkradien der durchgeführten Injektionen mit unterschiedlichem Einfluss auf die Referenzmessstellen, sowie der Tatsache, dass die aktuelle Schadstoffverteilung zwischen den Lanzen und den GWM bzw. zwischen einzelnen Lanzen anhand der vorliegenden

Ergebnisse nicht festgestellt werden kann, wurde entschieden, dieses Kenntnisdefizit durch weitere Untersuchungen zu reduzieren. Hierfür ist die Durchführung von Linerprobenahmen im Boden sowie die Errichtung von Grundwassermessstellen entlang von vier Schnitten in den einzelnen Sanierungsteilbereichen vorgesehen. Nach Durchführung der Untersuchung wird erneut über den weiteren Sanierungsverlauf entschieden.

2.4 Nacherkundung zur ISCO Sanierung

Im Rahmen der Nacherkundung zur ISCO Sanierung wurden in den drei Teilbereichen vier Profilschnitte realisiert, wobei im Teilbereich 2 zwei Profile und in den beiden anderen jeweils ein Profil gelegt wurde. Die Profile zwischen GWM und Injektionspunkt weisen jeweils zwei Entnahmepunkte und die Profile zwischen zwei Injektionspunkten jeweils drei Entnahmepunkte auf.

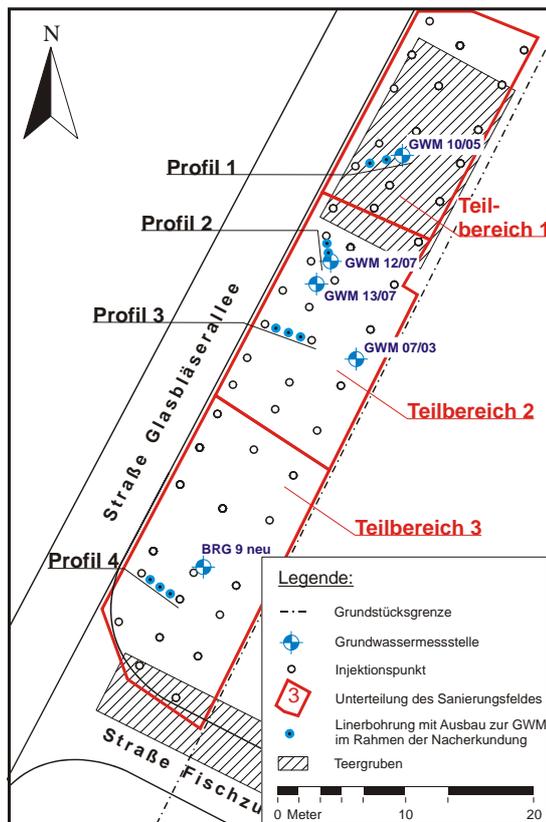


Abbildung 3: Lageplan Sanierungsbereich mit Profilschnitten

Entlang der vier Profile wurden zunächst Bodenproben aus allen drei Injektionsstufen im Linerverfahren entnommen und die Bohrungen anschließend zu Grundwassermessstellen (GWM) ausgebaut. Die 30 entnommenen Bodenmischproben wurden auf Mangan, MKW und Alkylphenole untersucht, des Weiteren wurden an ausgewählten Bodenproben mikrobiologische Untersuchungen durchgeführt. Die Untersuchung auf MKW soll das noch im Boden vorhandene oxidierbare Potential beschreiben. Durch die Mangan - Untersuchungen sollen die Bereiche im Boden ermittelt werden, an denen Braunstein (MnO_2) im Ergebnis der Reduktion von $KMnO_4$ ausgefallen ist.

Die aus den 10 Messstellen entnommenen Grundwasserproben wurden auf Kalium, Permanganat und Alkylphenole analysiert. Über den Parameter Kalium wird die Reichweite der Injektionen ermittelt. Der Permanganatgehalt vermittelt einen Eindruck über die Effektivität der eingesetzten Injektionslösung.

Teilbereich 1

In diesem Teilbereich liegt das Profil 1. Mit zunehmender Entfernung vom Injektionspunkt nehmen die Mangangehalte im Boden schnell ab, während die Kaliumgehalte im Wasser hoch bleiben. In 1,5 m Entfernung von der Injektion liegen die Mangangehalte bereits auf dem Niveau des geogenen Hintergrundgehalts. Dies deutet daraufhin, dass das Permanganat im Wesentlichen nicht bis zu dieser Entfernung wirkte. Die Bodensprache der geöffneten Liner ergab nur einen Nachweis von Braunsteinausfällung. Dieser ist scharf vom unverfärbten Boden abgegrenzt. Dies deutet auf eine heterogene Verteilung der Injektionslösung im Grundwasser-raum hin.

Die Alkylphenolgehalte im Grundwasser bleiben von den Injektionen unbeeinflusst. Die Restgehalte an MKW und Alkylphenolen im Boden sind jedoch sehr niedrig, insbesondere im Vergleich zu früheren Untersuchungen vor Beginn der ISCO Sanierung. Die Ergebnisse aus der Nacherkundung bestätigen die geringe Reichweite der $KMnO_4$ - Lösung.

Teilbereich 2

Hier wurden die Profile 2 und 3 erstellt. Der südliche Bereich mit dem Profil 3 zeigt eine homogene Durchdringung mit KMnO_4 – Lösung über den gesamten Teufenbereich, die visuell durch Braunsteinausfällungen und teilweise durch violette KMnO_4 – Lösung prägnant ausfällt. Beide Profile zeigen eine deutliche Abhängigkeit des Alkylphenolgehaltes von der Entfernung zum Injektionspunkt. Beim nördlich gelegenen Profil 2 treten noch Alkylphenolgehalte von über $10.000 \mu\text{g/l}$ im oberen und mittleren Teufenbereich auf, während beim Profil 3 die Gehalte durchweg unter $2.000 \mu\text{g/l}$ liegen. Die nachgewiesenen Belastungen beschränken sich allerdings auf das Grundwasser, im Boden wurden weder MKW noch Alkylphenole nachgewiesen. Im tiefen Bereich wurden auch im Grundwasser keine Alkylphenole mehr nachgewiesen.

Die Injektion hat sich teilweise in breiter Front durch das Sediment bewegt, teilweise aber auch entlang bevorzugter Bahnen. Die Reichweite der Injektionslösung ist hier deutlich besser als im Teilbereich 1.

Teilbereich 3

In diesem Bereich liegt das Profil 4. In unmittelbarer Entfernung zu dem Injektionspunkt (mindestens 75 cm) erfolgte eine gute Durchdringung des Sediments. Hier liegen die Alkylphenolgehalte bei $1.700 \mu\text{g/l}$. Im Boden sind weder Alkylphenole noch MKW nachweisbar. Eventuell vorhandene kleine Schadstoffnester, die durch die Sanierung noch nicht erreicht wurden, sind vermutlich für die Belastung des Grundwassers mit $6.500 \mu\text{g/l}$ Alkylphenol verantwortlich.

Aufgrund der geringen anderen organischen Belastung in der Mitte des Profils reichte die bis hier gelangte Injektionslösung aus, um die Alkylphenolkonzentration ausreichend zu reduzieren.

Im Ergebnis der durchgeführten Nachuntersuchungen wurden folgende Maßnahmen zur Fortführung der ISCO Sanierung beschlossen:

Teilbereich 1

4. Injektionszyklus mit KMnO_4 – Lösung an 7 Injektionspunkten (Wirkfläche ca. 40% des Teilbereiches) mit gleichzeitiger Grundwasserentnahme aus der Messstelle 10/05. Im Anschluss Beginn der biologischen Sanierung bei ausreichender Reduzierung der Belastung in der Wirkfläche. Der Teilbereich 1 kann somit auf Grund der ungünstigen geologischen Bedingungen nur teilweise in die biologische Sanierung überführt werden.

Teilbereich2

4. Injektionszyklus im nördlichen Bereich an den flachen und mittleren Lanzen von 11 Injektionspunkten. Nach erfolgter Reduktion des Kaliumpermanganat Beginn der biologischen Sanierung im oberen und mittleren Teufenbereich auf der Gesamtfläche.

Teilbereich 3

Im Gegensatz zu den Annahmen vor der Nacherkundung ist in diesem Teilbereich ein weiterer Injektionszyklus nicht sinnvoll. Beginn der biologischen Sanierung über den gesamten Teufenbereich.

Der 4. Injektionszyklus wurde in der ersten Aprilwoche durchgeführt. Der Übergang zur biologischen Sanierung erfolgte in der zweiten Mai Woche. Erste Grundwasserbeprobung findet während des nächsten Grundwassermonitorings drei Wochen nach Beginn der biologischen Sanierung statt.

3. Bilanz und Ausblick

Die ISCO Sanierung im Zentralen Bereich wurde innerhalb von nur einem Jahr mit dem Übergang zur biologischen Sanierung bei einer deutlichen Reduzierung des Alkylphenolgehaltes beendet. Ob das gesetzte Sanierungsziel, die Hauptbelastung soweit zu reduzieren, dass im gesamten Sanierungsbereich ein Übergang zu einer biologischen Sanierung möglich ist, tatsächlich erreicht wurde, lässt sich erst mit den nächsten analytischen Ergebnissen sagen. Für einen Großteil der Sanierungsfläche, die Teilbereiche 2 und 3, wurde dies erreicht. (Dort wurde der Alkylphenolgehalt von ehemals bis zu 150.000 µg/l auf durchschnittlich unter 3.000 µg/l gesenkt.)

Trotz relativ guter Kenntnisse des Untergrundes erwies sich der Untergrund im Detail doch als sehr inhomogen, was den Sanierungsverlauf sowohl in der technischen Durchführung als auch im Erfolg der einzelnen Injektionen stark beeinflusste. Überdies erweisen sich Kontaminationen mit anderen organischen Schadstoffen wie MKW als limitierend auf den Sanierungserfolg.

Durch diese Faktoren wurde auch die Reichweite der einzelnen Injektionen begrenzt, so dass in dem relativ kleinen Sanierungsbereich (600 m²) mit 153 Lanzen an 51 Injektionspunkten eine beträchtliche Anzahl von Lanzen errichtet werden musste. Dies führte zu einem nicht unerheblichen technischen Aufwand bei der Durchführung der einzelnen Injektionen. Weiterhin war die geringe Reichweite der Injektionen auch Grund dafür, dass neben den vorhandenen Referenzmessstellen sinnvollerweise auch Lanzen und die im Rahmen der Nacherkundung errichteten Grundwassermessstellen in die Erfolgskontrollen mit einbezogen wurden.

Ungeachtet der aufgetretenen technischen Probleme, die sich Dank des Einsatzes der beteiligten Firmen im Sanierungsverlauf als lösbar erwiesen, stellt die ISCO Sanierung eine kostengünstige, schnelle Variante zur Schadstoffreduzierung bei in-situ Sanierungen dar. Bei Kosten von ca. 175.000,00 EUR (inklusive Laborversuche, Begleitanalytik und Sanierungsdurchführung) ist die ISCO Sanierung um ca. 40 % günstiger als eine hydraulische Sanierung an diesem Standort. Die geringen Kosten sind nicht zuletzt auf eine strikte Kostenkontrolle während der Sanierungsdurchführung zurückzuführen.

Bei Erfolg der biologischen Sanierung im Zentralen Bereich sollte über die Möglichkeiten einer gezielten Stimulierung des biologischen Abbaus auch im weiteren Abstrom nachgedacht werden, wenn auf diesem Weg die Sanierungsdauer unter Einhaltung des Kosten – Leistungsverhältnisses deutlich verringert werden kann.

Unterstützung einer hydraulischen Sanierungsmaßnahme durch den Einsatz des Airsparging – Verfahrens am Beispiel eines LCKW-Schadens auf einem ehemaligen Produktionsstandort für den medizinischen Gerätebau

Dipl.-Chem. Carola Blankenburg, ISAC GmbH

1. Einleitung

1.1 Lage, Historie

Der Untersuchungsstandort liegt in der Trinkwasserschutzzone III des Wasserwerkes Berlin Johannisthal in ca. 900 m Entfernung zu den Brunnen der südlichen Fördergalerie.

Der Standort unterliegt seit ca. 100 Jahren einer intensiven industriellen Nutzung. Im Zeitraum von 1910 – 1945 waren dort die Albatroswerke mit der Produktion von Flugzeugteilen angesiedelt. Nach dem zweiten Weltkrieg bis 1990 wurde die Fläche als Entwicklungs- und Produktionsstandort von medizinischen Geräten genutzt. Im Rahmen des Produktionsprozesses des medizinischen Gerätebaus kam es insbesondere in den letzten 3 Jahrzehnten dieser Nutzung zu erheblichen Einträgen von Perchlorethylen (PCE) in den Untergrund, welche zur Kontamination von Boden, Grundwasser und Bodenluft führten.

1.2 Schadenssituation

In den Jahren 1992 bis 1994 wurden auf dem Standort umfangreiche Erkundungsarbeiten durchgeführt, in deren Ergebnis 2 Eintragsbereiche lokalisiert wurden (ehemalige Per-Anlage und Lösungsmittellager), von denen der Standort der ehemaligen Per-Anlage den Haupteintragsbereich darstellte. Dort wurden massive PCE-Belastungen der Bodenluft mit Maximalgehalten von 8.400 mg/m^3 sowie Grundwasserkontaminationen mit bis $81.000 \mu\text{g/l}$ PCE nachgewiesen. Diese Kontamination führte im Grundwasser zur Ausbildung einer Schadstofffahne, die bis zu den 900 m entfernten Wasserwerksbrunnen reichte, die seit 1995 aus diesem Grund als Abwehrbrunnen betrieben werden.

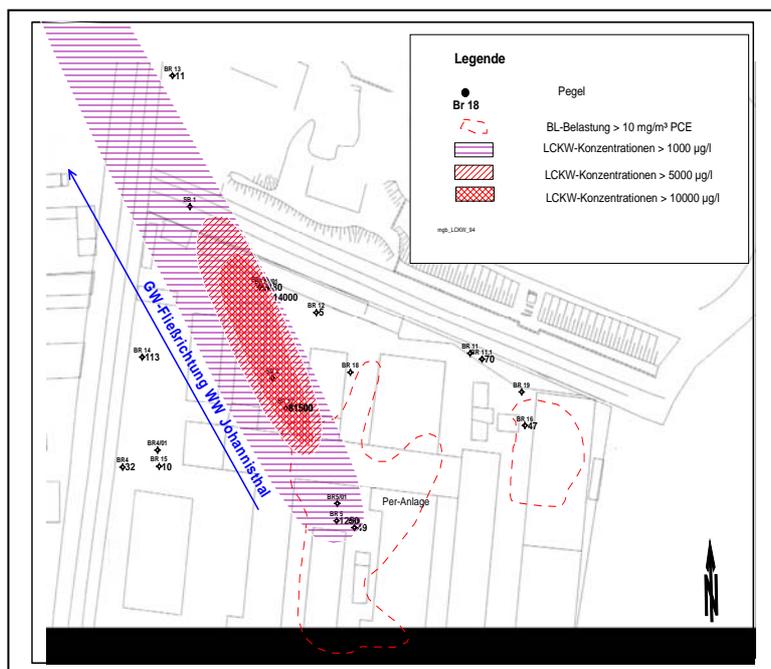


Abbildung 1: Kontaminationssituation 1994

2. Durchgeführte Maßnahmen

Basierend auf dem nach Abschluss der Detailerkundung skizzierten Schadensbild und nach Durchführung von Pumpversuchen und Grundwassermodellierungen wurde 1994 ein Konzept zur Bodenluft- und Grundwasseranierung aufgestellt und 1995 mit dessen Umsetzung begonnen:

- 1/1995 – 5/1997 Durchführung der Bodenluftsanierung (Betrieb von 4 Absauganlagen)-Austrag von 300 kg PCE
- 1/1995 Beginn der hydraulischen Sicherungsmaßnahme über SB1 an der nordwestlichen Grundstücksgrenze
- 8/1996 Inbetriebnahme eines Sanierungsbrunnens SB2 im Hauptschadensbereich

2.1 Bilanz der hydraulischen Maßnahme

Die hydraulische Maßnahme wird seit 1995/1996 mit Entnahmeraten von insgesamt ca. 25 m³/h betrieben. Der Sanierungsbrunnen wurde dabei mit einer Förderrate von 15 m³/h, der Sicherungsbrunnen mit 10 m³/h gefahren. Bis Dezember 2007 wurden insgesamt 2,9 Mio. m³ Grundwasser entnommen und abgereinigt. Die Grundwasserreinigung erfolgte dabei über eine doppelstufige Stripanlage mit Reinigung der Striplotluft über Aktivkohle. Im genannten Zeitraum wurden ca. 2,6 t LCKW aus dem Grundwasser entfernt.

Mit der Sicherung der Grundstücksgrenze konnte der Transferpfad der Schadstofffahne in Richtung Wasserwerk unterbunden und ein weiteres Abströmen von Schadstoffen verhindert werden.

Auf dem Grundstück führte der Betrieb des Sanierungsbrunnens zu einer deutlichen Reduzierung der LCKW-Gehalte, die jedoch 2003 im Abstrom der ehemaligen PER-Anlage immer noch Belastungen von 4.000 - 7.000 µg/l LCKW aufwiesen, und damit ca. um den Faktor 5 höher lagen als im ehemaligen Eintragsbereich. Für den Sanierungsbrunnen selbst war dabei ein stetiger Rückgang der LCKW-Konzentrationen zu beobachten. Mehrfache Optimierungen von Lage und Brunnenausbau führten immer nur zu einer zeitlich begrenzten Erhöhung der Austragsraten.

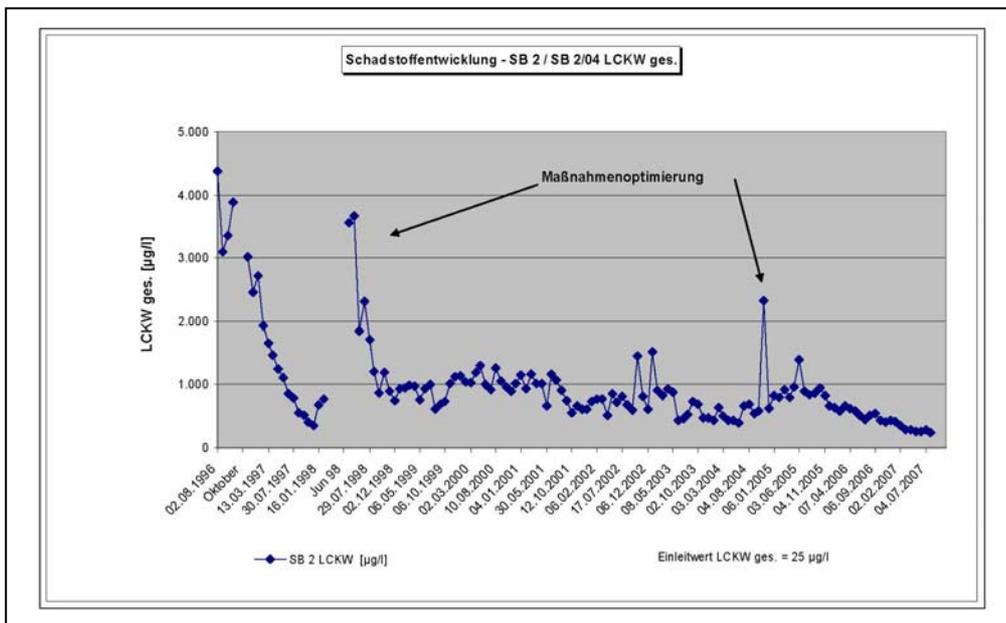


Abbildung 2: Konzentrationsverlauf im Sanierungsbrunnen SB2/SB2/04

Im Ergebnis der Errichtung und Beprobung weiterer Grundwasseraufschlüsse (2004) wurde festgestellt, dass sich unterhalb des bisher noch nicht aufgeschlossenen Hallenkomplexes der ehemaligen Werkshalle nach nunmehr 8 Jahren hydraulischer Sanierung noch oberflächennahe Grundwasserbelastungen von 20.000 - 50.000 µg/l PCE befanden. Mit Hilfe einer in diesem Hauptschadensbereich (B33/04) abgeteufelten Linerbohrung wurde darüber hinaus die Höhe und vertikale Verteilung der LCKW in der Bodenmatrix bestimmt.

Es wurde eine sehr inhomogene Verteilung der LCKW-Belastung über das Bodenprofil dieser Linerbohrung festgestellt, die sich auch in den benachbarten horizontalen Grundwasserbeprobungen widerspiegelte. Im Ergebnis zeigte sich, dass der Schadstoff (PCE) in Bodenbereichen akkumuliert ist, die bislang hydraulisch nicht erreicht wurden bzw. ggf. nicht erreichbar sind.

Dies sind insbesondere Bodenhorizonte mit

- o einem hohen Anteil an organischen Bestandteilen (in diesem Fall schmale Kohlebänder) bzw.
- o einem erhöhten Anteil an Feinsanden und einer geringeren hydraulischen Durchlässigkeit.

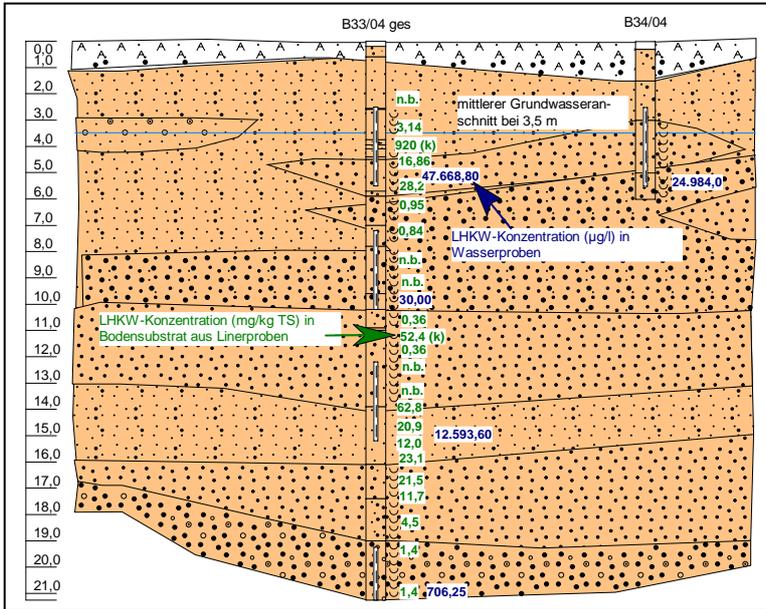


Abbildung 3: Tiefenverteilung LCKW-Belastungen Boden an B33/04

Die kohlehaltigen Schichten haben das PCE adsorbiert und sind daher stark kontaminiert. In Abhängigkeit der Irreversibilität dieser Adsorptionsvorgänge, stellen die in diesen Schichten gespeicherten Schadstoffe ein Nachlieferungspotenzial über längere Zeiträume dar.

Die hoch belasteten feinsandigen Bereiche wurden bei der hydraulischen Sanierung nur ungenügend erfasst, da der Sanierungsbrunnen SB2 (ausgebaut von 6-15 m u. GOK) bzw. der spätere Ersatzbrunnen SB2/04 (ausgebaut von 5-10 m u. GOK) vorzugsweise aus den im Filterbereich zwischengeschalteten besser durchlässigen Schichten fördert.

Es war deshalb die Frage zu stellen, ob der Schaden im Eintragsbereich des MGB-Geländes überhaupt hydraulisch sanierbar ist. In Anbetracht der bereits 10-jährigen Sanierungsdauer bestehen hierüber begründete Zweifel.

3. Ergebnisse von Ausgrenzungsuntersuchungen

Mit Hilfe von 19 Linersondierungen bis ca. 20 m u. GOK und Untersuchung von 10-11 Bodenproben sowie der Entnahme von je 4 teufenorientierten Grundwasserproben (direct - push - Verfahren) aus jedem Ansatzpunkt erfolgte 2005/2006 eine Auskartierung des aktuellen Belastungsbildes im Boden und im Grundwasser.

Im Ergebnis der Untersuchungen war festzustellen, dass das Hauptbelastungspotenzial im oberen Teufenbereich zwischen 2-6 m u. GOK liegt. In diesem Teufenbereich besitzt der Schaden die flächenmäßig größte Ausdehnung und die höchsten LCKW-Belastungen. Der Teufenbereich zeichnet sich durch hohe Anteile an Feinsanden aus, in welchen die Schadstoffe auch nach 11 Jahren Grundwassersanierung nach wie vor akkumuliert sind. Auf diesen Bereich entfallen ca. 86% der für den Boden ermittelten Gesamtschadstoffmenge.

Ca. 12% der in der Bodenmatrix akkumulierten Schadstoffmenge befinden sich im Bereich von >10-15 m u. GOK, auch in diesem Horizont traten vermehrt feinsandige Bereiche auf.

Im dazwischen liegenden Teufenbereich (6-10 m u. GOK) sind die Belastungen weitaus geringer, was u. a. durch die geringeren Anteile an Feinsanden und die höheren Anteile an besser durchlässigen Materialien (Grobsande, kiesige Bestandteile) bedingt ist. Diese Bereiche wurden demzufolge auch durch die hydraulische Sanierung besser erreicht.

Insgesamt wurde für den Boden eine noch vorhandene Schadstoffmenge von ca. 1.500 kg ermittelt.

Teufenbereich [m]	Fläche [m ²]	Volumen [m ³]	proz. Anteil am Gesamtvolumen [%]	Schadstoffmenge [kg]	proz. Anteil an Gesamtschadstoffmenge [%]
2,0- 6,0	2270	9080	55	1.305,57	86
>6-10	580	2320	14	11,20	1
>10-15	718	3590	22	189,08	12
>15-20	300	1500	9	9,58	1
Gesamt		16.490,00		1.515,43	

Tabelle 1: Schadstoffmengen im Boden

Analog zu der vertikalen Verteilung der Bodenbelastung befindet sich auch im Grundwasser die Hauptbelastung im oberflächennahen Aquifer. Für das Grundwasser wurde eine gelöste Schadstoffmenge von ca. 17 kg ermittelt.

An dem Verhältnis der Schadstoffmengen von Boden : Grundwasser (ca. 80 : 1) ist erkennbar, dass das Problem für den weiteren Sanierungserfolg vorrangig in der Beseitigung des im Boden befindlichen Schadstoffpotenzials zu sehen ist, wo die LCKW (hauptsächlich PCE) in den feinsandigen Bereichen bzw. in kohlehaltigen Schichten (die bei den Bohrarbeiten immer wieder angetroffen jedoch nicht als flächenhafte Verbreitung ausgehalten werden können) akkumuliert sind.

4. Machbarkeitsstudie

In der sich anschließenden Machbarkeitsstudie wurden zur Unterstützung und Beschleunigung der Sanierung im Quellbereich neben der konventionellen Methode des Bodenaushubs (nach vorherigem selektivem Gebäudedabriss) die nachfolgenden in-situ-Verfahren auf ihre Eignung für den Standort geprüft:

4.1 PCE-Reduktion mittels Nanoeeisen

Durch die Injektion von Nano-Eisen (als Dispersion) kommt es im Untergrund zur Ausbildung eines anaerob reduktiven Milieus, da der Sauerstoff bei der Eisenoxidation verbraucht wird. Anschließend kann die Reduktion von PCE erfolgen.

4.2 In-situ Chemische Oxidation (ISCO)

Das ISCO-Verfahren (in-situ Chemische Oxidation) beruht auf der oxidativen Zerstörung der Schadstoffe durch Injektion von Oxidationsmitteln in den Untergrund. Die Verteilung des Oxidationsmittels erfolgt über hydraulische Gradienten, die durch gezielte GW-Entnahmen erzeugt werden müssen. Voraussetzung für die Wirksamkeit des Verfahrens ist der direkte Kontakt des Schadstoffs mit dem Oxidationsmittel. Das Oxidationsmittel wird als wässrige Lösung über Infiltrationslanzen injiziert.

4.3 Air-Sparging

Das Wirkprinzip des Verfahrens besteht darin, dass die in der gesättigten Bodenzone (Boden und Grundwasser) befindlichen Schadstoffe in die Luft überführt werden, welche mit Hilfe von Lanzen gezielt in die zu behandelnden Bodenbereiche eingebracht werden. Die so ausgestrippten Schadstoffe werden m. H. einer Bodenluftabsaugung erfasst. Die Reinigung erfolgt über Luftaktivkohle.

4.4 Thermisches Verfahren (modifiziertes TUBA Verfahren)

Bei diesem Verfahren wird durch die Injizierung von Dampf- bzw. Dampf-Luftgemisch der schadstoffbehaftete Untergrund erhitzt (Boden und Grundwasser). In der gesättigten Zone muss eine Temperatur erreicht werden, die das Wasserschadstoffgemisch in die gasförmige Phase überführt (ca. 88°C). Die mit dem Dampf injizierte Luft fungiert als Trägergas und führt den gasförmigen Schadstoff in die ungesättigte Bodenzone, wo er über eine Bodenluftabsaugung gefasst und über Aktivkohle gebunden wird.

Aufgrund fehlender Abbauaktivitäten am Standort (nach wie vor ist im Schadenszentrum fast ausschließlich PCE nachzuweisen) wurden biologische Verfahren nicht präferiert.

5. Sanierungsversuch Airsparging

Nach Abwägung der Vor- und Nachteile, Kosten und Erfolgsaussichten der vorgenannten geprüften Verfahren wird seit August 2007 der Einsatz des Airsparging-Verfahrens in einem Sanierungsversuch geprüft.

5.1 Versuchsfeld- und Versuchsaufbau

Basierend auf den im Boden auskartierten Belastungsbereichen konzentriert sich der Sanierungsbereich auf die Fläche der >5 mg/kg Isokonze, da sich hier >90% der Schadstoffmengen befinden. In diesem Bereich wurden im Hauptkontaminationsniveau 16 Injektionslanzen errichtet, deren Reichweiten sich überlappen und die den gesamten Sanierungsbereich abdecken.

Zur Erfassung der in den unterschiedlichen Teufenbereichen nachgewiesenen Belastungen wurden 12 Lanzen in Tiefen von 5-6 m bzw. 7-8 m und 2 Lanzen in Tiefen von 7-8 m und 14-15 m (als Duobrunnen) verfiltert, so dass sich die Infiltrationsstrecke jeweils unterhalb des schadstoffakkumulierten Bereichs (mit erhöhtem Feinkornanteil) befindet. Über eine fernübertragbare automatisierte Datenerfassung und -steuerung werden die Einstellungen der Anlagenparameter vorgenommen. Die Injektionslanzen werden in variierenden Intervallen angesteuert, so dass gezielt in bestimmte Bereiche injiziert werden kann und die Ausbildung bevorzugter Entgasungskanäle im Untergrund vermieden wird. Gleiches gilt auch für die Komponenten der Bodenluftabsaugung, die aus 9 einzeln ansteuerbaren Bodenluft-Absaugpegeln besteht.

Die Schadstoffkonzentrationen in den Absaugpegeln werden permanent in der Anlage über ein in diesem Fall auf PCE geeichtes IR-Messgerät gemessen. Die ausgetragenen Schadstoffmengen werden über die Konzentration der einzelnen Absaugpegel und dem jeweils abgesaugten Bodenluftvolumen berechnet und aufsummiert. Die abgesaugte Luft wird über Aktivkohle gereinigt.

5.2 Überwachungsprogramm

Neben der abluftseitigen Überwachung der Reinigungsanlage werden

- die Konzentrationsentwicklungen in den Grundwassermessstellen (14-tägig durch Fremdüberwachung)
- die Schadstoffgehalte in den Absaugpegeln (permanent in der Anlage) sowie
- die PCE-Gehalte in der Bodenluft (4-wöchig durch Fremdüberwachung)

überwacht.

Dabei stellt die Entwicklung der Schadstoffgehalte in den Absaugpegeln ein Maß für die Überführung der Schadstoffe aus der gesättigten Bodenzone in die Bodenluft und den so erzielten Austrag dar. Für die Konzentrationsentwicklung in den Grundwassermessstellen ist bei vermindertem Schadstoffpotential in Boden und Grundwasser ein Konzentrationsrückgang zu erwarten.

Untersuchungen an der Bodenmatrix werden im Verlauf der Sanierung zunächst nicht durchgeführt, sind aber nach Abschluss der Sanierung zur Erfolgskontrolle geplant.

5.3 Erste Ergebnisse

Da der Versuch noch nicht abgeschlossen ist, ist auch eine abschließende Beurteilung der Maßnahme zum ggw. Zeitpunkt nicht möglich. Nach 9-monatiger Versuchsdauer können folgende vorläufige Ergebnisse aufgezeigt werden:

- Über die angestiegenen Sauerstoffgehalte in den oberflächennahen Überwachungsmessstellen ist nachweisbar, dass der gesamte Sanierungsbereich durch die Injektion erreicht wird.
- Die Schadstoffgehalte in den einzelnen Absauganlagen weisen sehr unterschiedliche Konzentrationen auf, was u. a. auf die Lage der einzelnen Brunnen zum Belastungsbereich, aber auch auf die unterschiedliche Reichweite der Absauganlagen zurückzuführen ist. Insgesamt wurden bisher ca. 65 kg LCKW über das Airsparging aus dem Untergrund entfernt, was einem monatlichen Austrag von ca. 7 kg entspricht. Ca. 66 % der Schadstoffmenge wurden über den Absaugpegel A2 entfernt.

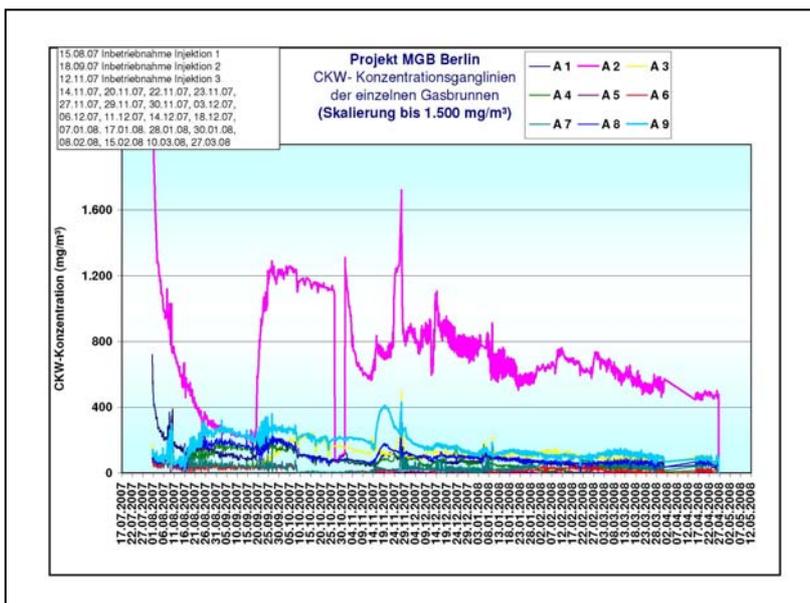


Abbildung 4: Entwicklung der LCKW-Konzentrationen in den Absaugpegeln

- Die Grundwassermessstellen im Hauptkontaminationsbereich wiesen nach ca. 5 Monaten einen starken Rückgang der LCKW-Gehalte auf ca. 10% ihrer Gehalte vor Versuchsbeginn auf.

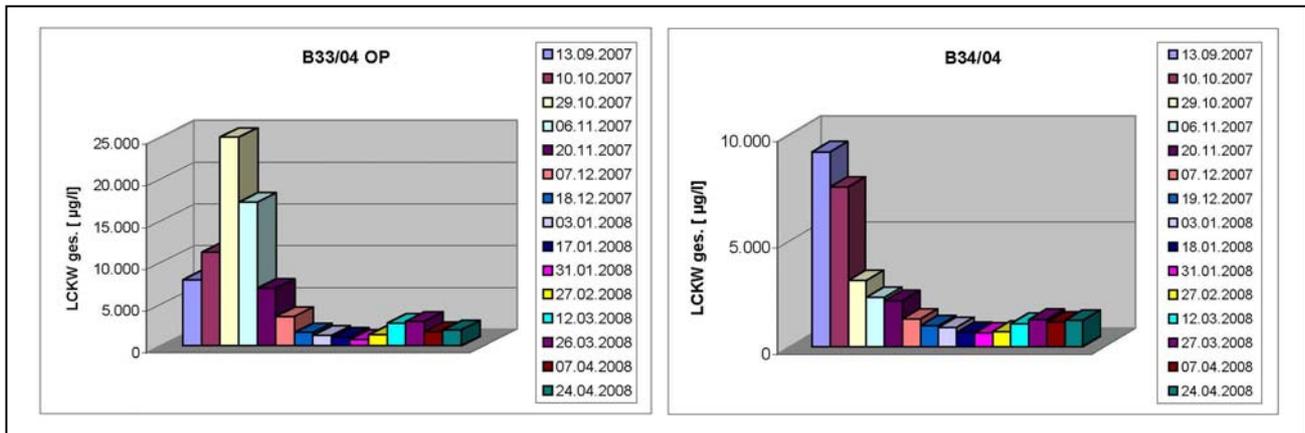


Abbildung 5: Entwicklung der LCKW-Konzentrationen in den Grundwassermessstellen B33/04 OP und B34/04

- In den randlichen Bereichen mit geringeren Ausgangsbelastungen lassen sich aufgrund schwankender LCKW-Gehalte noch keine eindeutigen Trends ablesen.
- Die seit Dezember 2007 in Betrieb genommene Tiefeninjektion zeigte bisher keine Erhöhung des Ausstrags in den entsprechenden Absaugpegeln. Ein Anstieg des Sauerstoffgehaltes in der in diesem Horizont verfilterten Messstelle B33/04 MP2 wurde ebenfalls nicht registriert.

6. Ausblick

Im weiteren Versuchsverlauf ist geplant, nach 9 Monaten Betrieb die Airsparging – Anlage für ca. 2 Monate (Mai und Juni 2008) auszuschalten und die Schadstoffentwicklung im Grundwasser in der Ruhephase zu beobachten. Dabei wird erwartet, dass sich in den Messstellen B33/04 OP und B34/04 aufgrund auftretender Reboundeffekte die Schadstoffgehalte zunächst wieder erhöhen, jedoch nicht wieder ihre Ausgangswerte erreichen. An die Ruhephase wird sich eine weitere Betriebsphase von ca. 3 Monaten anschließen. Anhand der weiteren Entwicklung der LCKW-Gehalte in den Grundwassermessstellen und in den Absaugpegeln ist anschließend der zu erwartende Sanierungserfolg einzuschätzen und über den Weiterbetrieb der Anlage zu entscheiden.

Feldversuch zur Sanierung eines LCKW-Schadens durch Stimulierung des mikrobiellen Abbaus

Dipl.-Ing. Irina Müller, Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz
Dipl. Biochem. Hubert Theißen, IMAGO GbR

1. Einführung

Das Grundstück des ehemaligen VEB Isokond befindet sich im Bezirk Pankow, OT Weißensee und liegt in einem Wohn- und Gewerbegebiet.

Zwischen 1904 und 1990 wurden am Standort Produkte der Elektroindustrie, im Wesentlichen Kondensatoren, hergestellt. In den Jahren nach 1980 wurden zusätzlich auch Transformatoren, die mit Polychlorierter Biphenyle (PCB) gefüllt waren, entleert und gereinigt.

Hauptkontaminanten sind leicht flüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (LCKW), hier insbesondere Trichlorethen mit Maximalgehalten $> 100.000 \mu\text{g/l}$. Aber auch die Abbauprodukte des Trichlorethens wie z.B. cis-Dichlorethen wurden in teils sehr hohen Konzentrationen $> 8.000 \mu\text{g/l}$ nachgewiesen. Im Boden und Grundwasser im direkten Eintragsbereich und vor allem auch in der Bausubstanz der Produktionsgebäude wurden darüber hinaus hohe PCB-Gehalte vorgefunden.

Der Schadstoffeintrag in den Untergrund erfolgte lokal, führte jedoch zu erheblichen Verunreinigungen des Bodens und der Bodenluft sowie zu einer weiträumigen und tief reichenden Kontamination des Grundwassers.

Gemäß Sanierungskonzept soll nach Kappung der Belastungsspitzen durch hydraulische Maßnahmen die weitere Dekontamination auf mikrobiellem Wege erfolgen. Durch die seit 2002 laufenden pneumatischen und hydraulischen Sanierungsmaßnahmen wurden bereits mehr als 20 t LCKW aus der Bodenluft und dem Grundwasser entfernt.

Der Stand der technologischen Untersuchungen zur mikrobiologischen in-situ LCKW-Grundwassersanierung soll im Folgenden näher erläutert werden.

2. Vorversuche und Auswahl Versuchsfeld

Eine statistische Auswertung der im Rahmen mehrerer Monitoringkampagnen gewonnenen Grundwasserbeschaffungsdaten lieferte die Grundlage für die vorläufige Unterteilung des gesamten kontaminierten Aquiferbereiches in drei Zonen mit unterschiedlicher mikrobieller Aktivität. Die Zone 1 befindet sich in den obersten Metern einer Schmelzwasserrinne und ist durch hohe Gehalte an Nitrat und Sauerstoff, geringe Gehalte an reduzierten Verbindungen wie z.B. molekularem Wasserstoff gekennzeichnet. Obwohl erhöhte Gehalte der durch reduktiven Abbau entstandenen LCKW-Spezies nachgewiesen wurden, ist ihre Bildung in dieser Zone unwahrscheinlich. Die Zone 2 schließt sich westlich an die Haupteintragsstelle an. Charakteristisch sind dort erhöhte Gehalte an Methan und Wasserstoff und das völlige Fehlen von Nitrat. Der Hauptschadstoff Trichlorethen ist bereits etwa zur Hälfte in cis-Dichlorethen umgewandelt und vereinzelt lässt sich auch Ethen als Endprodukt des reduktiven Abbaus nachweisen. Die Hauptmengen der bisher gebildeten Abbauprodukte sind vermutlich in der Zone 2 entstanden. Die Zone 3 umfasst auf Fläche und Volumen bezogen den größten Teil des Schadensbereiches. Man findet dort schwach reduzierende Bedingungen vor. Trotz teilweise hoher Gehalte des Abbauproduktes cis-Dichlorethen ist die mikrobielle Aktivität eher als gering einzustufen, so dass der größte Teil der Abbauprodukte durch Transport mit dem Grundwasser aus der Zone 2 in die Zone 3 gelangten.

Zur Untersetzung der statistischen Auswertung wurden daraufhin in den drei Zonen an ausgewählten Messstellen in-situ Vorversuche zur Bestimmung der aktuellen und potenziellen mikrobiellen Abbaupotenziale („push-pull“ Tests) durchgeführt. Das Hauptaugenmerk wurde auf die anaerobe reduktive Dechlorierung mit der Abbaureihenfolge Trichlorethen → cis-Dichlorethen → Monochlorethen (VC) → Ethen gelegt. Als Substrate zur Stimulierung des Abbaus wurden das Anion der Milchsäure (Lactat) und das der Essigsäure (Acetat) in Form ihrer Alkali- bzw. Erdalkalisalze eingesetzt. Das Lactat stimuliert vornehmlich Prozesse auf der Ebene der Sulfatreduktion, während Acetat auch als Substrat für die Methanogenese bekannt ist. Dies erlaubt, den möglichen LCKW-Abbau in unterschiedlichen Redox-Milieubereichen zu untersuchen.

Für die in-situ Versuche an der jeweiligen Test - Messstelle wurde ca. 50 l Grundwasser entnommen, mit dem zu testenden Substrat (Lactat oder Acetat) und einem Tracer versetzt und anschließend wieder in die Messstelle eingeleitet („push“). Nach einer Verweilzeit, die von der lokalen Grundwasserfließgeschwindigkeit limitiert wurde (hier 5 Tage), wurde die Injektionslösung wieder zurückgepumpt („pull“). Anhand des direkt vor Ort bestimmten Verlaufes der Tracerkonzentration wurden Proben für die Bestimmung der relevanten chemischen Parameter ausgewählt.

Die Versuche wurden zweifach durchgeführt. Nach dem ersten Test, in dem die aktuelle Abbaupotenziale bestimmt wurde, erfolgte eine sechswöchige Aktivierungsphase durch wiederholte Zugabe des Substrates und anschließend der zweite Test zur Messung der potenziellen Abbaupotenziale.

Die Tests ergaben für den Bereich westlich der Haupteintragsstelle (Zone 2, Messstelle GWM18) bereits eine hohe aktuelle Abbaupotenziale. Auch ohne Aktivierungsphase wurde Trichlorethen innerhalb der 5 Tage nach Zugabe von Lactat von ursprünglich ca. 7.500 µg/l vollständig zu cis-Dichlorethen dechloriert.

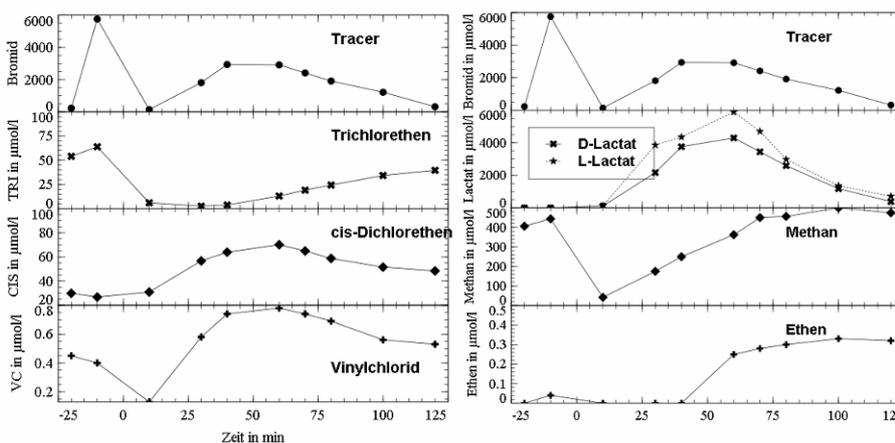


Abbildung 1: Konzentrationsentwicklung während der „pull“-Phase an der GWM18 (Test nach der 6-wöchigen Aktivierungsphase, (Zeit in min: Rückpumpzeit)

Bei dem zweiten, im Anschluss an die sechswöchige Aktivierungsphase, durchgeführten Test an der GWM18 war die Abbaugeschwindigkeit noch höher. Nach nur 3 Tagen Verweilzeit der Reaktionslösung im Aquifer war Trichlorethen nur noch in Spuren vorhanden, während die Konzentrationen an cis-Dichlorethen und Monochlorethen (VC) stark zugenommen haben. Erstmals ist zusätzlich auch die Bildung von Ethen zu beobachten (Abbildung 1). Im Gegensatz zum Test vor der Aktivierung wurden nun beide Formen (D und L) des Lactats in nahezu gleichem Maße verwertet. Weitere, hier nicht dargestellte, Ergebnisse der Zugabe waren die Bildung von Sulfid und eine Abnahme des Redox-Potenzials auf ca. -100 mV.

In der Zone 3 konnte durch die Vorversuche nur ein Abbaupotenzial für die reduktive Dechlorierung bis zur Stufe des Dichlorethens gezeigt werden. In der Zone 1 ergaben sich insgesamt keine belastbaren Hinweise auf eine anaerobe reduktive Abbaupotenziale.

Die Zugabe nur von Acetat führte in keiner Zone zu einer nachweisbaren reduktiven Dechlorierung.

Diese Ergebnisse wiesen damit die grundsätzliche Möglichkeit eines vollständigen anaeroben mikrobiellen Schadstoffabbaus in der Zone 2 durch Zugabe von Lactat nach. Deshalb wurde die Zone 2 für die Durchführung eines Feldversuches ausgewählt, in dem die Bedingungen für eine technische Umsetzung der mikrobiologischen in-situ Sanierung auf einen größeren Bereich erarbeitet werden sollten.

3. Pilotfeld und Versuchsbetrieb

Das Pilotfeld befindet sich am nordöstlichen Rand des für die in-situ Sanierung vorgesehenen Bereiches, unmittelbar südlich der für den „push-pull“-Test verwendeten Messstelle GWM18. Es wird aus 6 Versuchsbrunnen VB1 bis VB6 gebildet, die in einer Tiefe von 12 bis 16 m unter Geländeoberkante verfiltert sind. Der belastete Aquiferbereich in dieser Tiefenzone besteht im Wesentlichen aus Feinsanden mit geringen schluffigen Beimengungen. Die Grundwasserfließgeschwindigkeit ist mit ca. 20 m/a gering.

Die Versuchsbrunnen sind in einem regelmäßigen Gitter mit einem Abstand von 6 - 7 m angeordnet (Abbildung 2). Sowohl anstromig als auch abstromig befindet sich je eine Kontrollmessstelle (GWM18 und VB7), die im gleichen Teufenintervall wie die Versuchsbrunnen verfiltert ist.

Die Aktivierung des mikrobiellen Schadstoffabbaus geschieht durch Zugabe und Verteilung von Natrium-Lactat, einem Salz der Milchsäure, im Pilotfeld. Dazu wird aus zwei benachbarten Versuchsbrunnen Grundwasser gefördert und Lactat bis zu einer Konzentration von 1 mMol/l (ca. 90 mg/l) zudosiert. Das so angereicherte Grundwasser wird über zwei weitere Versuchsbrunnen wieder in den Aquifer eingeleitet. Beim gesamten Vorgang wurde strikt darauf geachtet, keinen Sauerstoff in das System einzubringen. Die Lactat-Stammlösung (20% bezogen auf Lactat) wurde gekühlt und konnte so eine Woche vorgehalten werden.

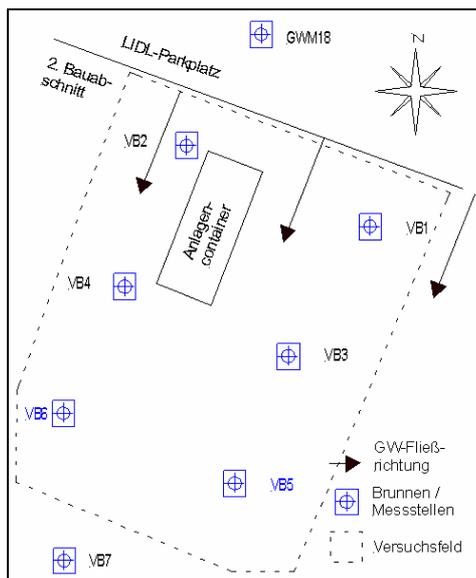


Abbildung 2: Lage und Aufbau des Versuchsfeldes

Die Entnahme und Einleitung an je einem Versuchsbrunnenpaar erfolgte über einen Zeitraum von drei Tagen. Danach wurden die Versuchsbrunnen gewechselt. Durch eine gezielt ungleichmäßige Auslastung der Brunnen wurde ein Versorgungsgradient im Pilotfeld erzeugt. Die Brunnen der westlichen Reihe (VB2, VB4 und VB6) wurden zumeist als Einleitbrunnen verwendet, während die Brunnen der östlichen Reihe VB1, VB3 und VB5 häufiger als Entnahmebrunnen verwendet wurden. Dadurch war es möglich, mengenabhängige Effekte zu untersuchen.

Insgesamt wurden im Versuchszeitraum ca. 150 kg Lactat in den Aquifer eingeleitet. Dies entspricht einer Menge von ca. 190 g/m³ Aquifervolumen.

4. Ergebnisse

4.1 Änderungen der Grundwasserbeschaffenheit

Schon nach vier Wochen konnten deutliche Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit an den Brunnen des Versuchsfeldes beobachtet werden. Das Redoxpotenzial nahm zunächst um ca. 80 - 100 mV auf Werte um -50 mV ab. Nach 8 Wochen wurde dann der Endwert von ca. -150 mV erreicht. An den Kontrollmessstellen trat die Abnahme des Redoxpotenzials verzögert auf und endete bei -50 mV.

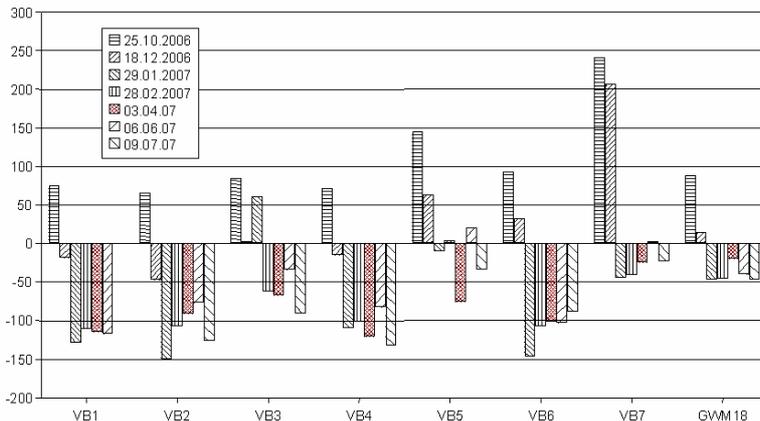


Abbildung 3: Entwicklung der Redoxpotenziale (in mV)

Die Sulfatgehalte haben innerhalb vier Wochen Versuchsbetrieb um ca. 1.000 $\mu\text{Mol/l}$ abgenommen. Die Abnahme setzte sich in den anschließenden 5 Monaten weiter fort, bis ein Plateauwert von ca. 800 - 1.000 $\mu\text{Mol/l}$ Sulfat erreicht wurde. An einzelnen Brunnen wurde die Sulfatreduktion allerdings durch die Zugabe von Lactat immer wieder stimuliert, sodass dort auch noch deutlich niedrigere Sulfatgehalte gemessen wurden. Auch an der abstromigen Kontrollmessstelle VB7 kam es zu einer Sulfatreduktion, die in Verlauf und Umfang der im Versuchsfeld gleicht. Nur an der anstromigen Kontrollmessstelle GWM18 bleiben die Sulfatkonzentrationen unverändert.

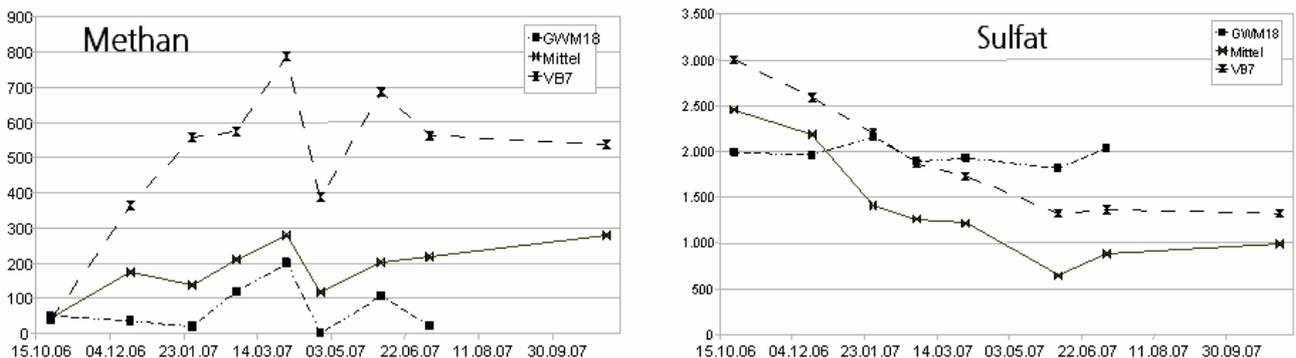


Abbildung 4: Konzentrationsentwicklung Methan und Sulfat (Mittel: Mittelwert VB1 - VB6, Konzentrationen jeweils in $\mu\text{Mol/l}$)

Die Methangehalte stiegen bis zur 12. Versuchswochen an, blieben dann jedoch über den restlichen Versuchszeitraum im Wesentlichen konstant. An der abstromigen Kontrollmessstelle VB7 ist der Anstieg stärker ausgeprägt als im eigentlichen Versuchsfeld.

4.2 Substratverwertung

Das zugeführte Lactat war jeweils innerhalb von 3 Tagen (Zeitraum zwischen Einstellung der Zugabe an einem Versuchsbrunnen und Entnahme der Grundwasserprobe) praktisch vollständig in Acetat umgewandelt worden. Die beiden Formen D- und L-Lactat wurden dabei in gleichem Maße verbraucht. Die weitere Verwertung des Acetats verlief im Vergleich zum Lactat deutlich langsamer, sodass es nach 8 Wochen zu einer übermäßigen Anreicherung von Acetat im Aquifer kam (Abbildung 5), worauf die Lactat – Zugabe für 4 Wochen eingestellt wurde. Die Abnahme von ca. 4.000 $\mu\text{Mol/l}$ auf ca. 500 $\mu\text{Mol/l}$ innerhalb dieser 4 Wochen belegt dann, dass auch Acetat als Substrat verwertet wird. An den Kontrollmessstellen wurden signifikante Acetatgehalte nicht beobachtet.

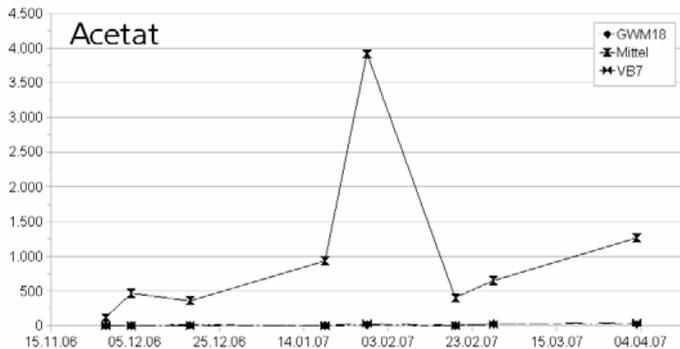


Abbildung 5: Konzentrationsentwicklung Acetat (Mittel: Mittelwert VB1 – VB6, Konzentration in $\mu\text{Mol/l}$)

4.2 Entwicklung der Schadstoffgehalte und der Schadstoffzusammensetzung

Die Probenahme vor Beginn des Versuchsbetriebes zeigte für fast alle Versuchsbrunnen und auch an den Kontrollmessstellen ein ähnliches Bild der Schadstoffzusammensetzung bei nahezu gleichen Schadstoffkonzentrationen. An den Messstellen VB2 und GWM18 gilt dies allerdings nur eingeschränkt. Hier zeigten sich noch die Beeinflussungen durch die in-situ Vorversuche.

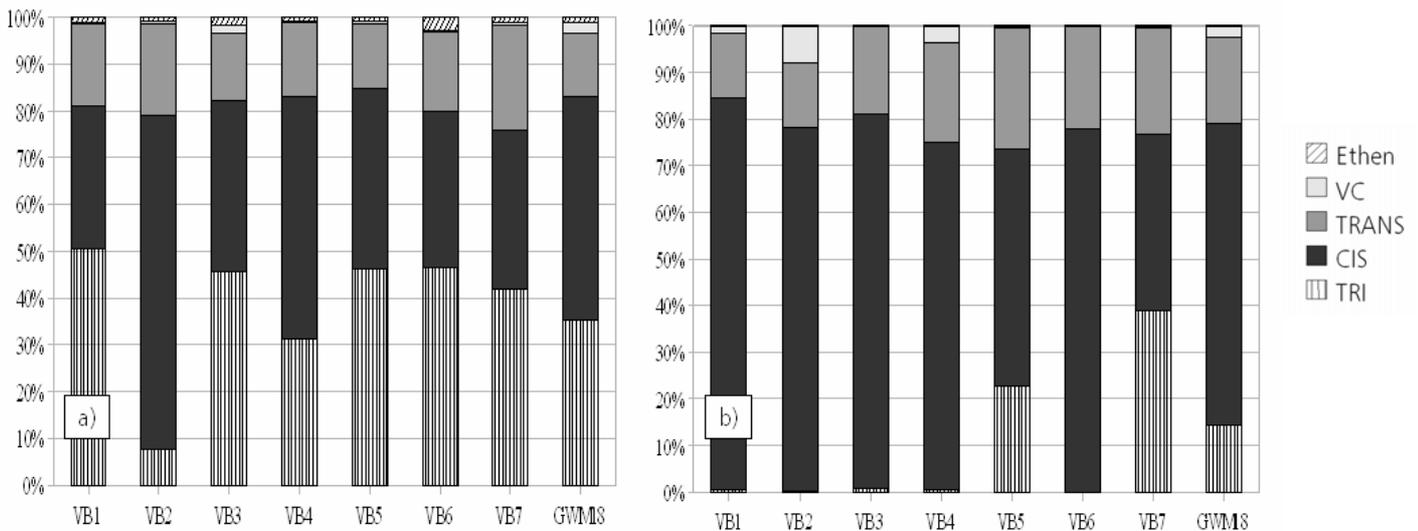


Abbildung 6: Relative Schadstoffzusammensetzung a) Vor Beginn Zugabe, b) Nach 4 Wochen Zugabe

Trichlorethen und cis-Dichlorethen bilden die Hauptschadstofffraktionen. Auch trans-Dichlorethen ist signifikant vorhanden, während Monochlorethen und Ethen nur in geringen Mengen nachgewiesen wurden (Abbildung 6a). Die Schadstoffgehalte als Summe LCKW betragen zwischen 50 und 75 $\mu\text{Mol/l}$ (ca. 6.000 – 8.000 $\mu\text{g/l}$).

Nach einer vierwöchigen Zugabe von Lactat haben sich die Schadstoffkonzentrationen und auch die Schadstoffzusammensetzung deutlich verändert. Das vorher zu ca. 40 - 50 % an der Gesamtschadstoffmenge beteiligte Trichlorethen wurde an den meisten Versuchsbrunnen nahezu vollständig abgebaut. Einzig an den beiden Kontrollmessstellen und am Versuchsbrunnen VB5, in den bis dahin kein Lactat eingeleitet worden war, ist Trichlorethen noch in merklichen Mengen nachweisbar. Die Hauptkomponente ist nun cis-Dichlorethen, dessen Gehalt sich mehr als verdoppelte. Die Konzentrationen an Monochlorethen und Ethen sind bis dahin ohne Bedeutung (Abbildung 6b).

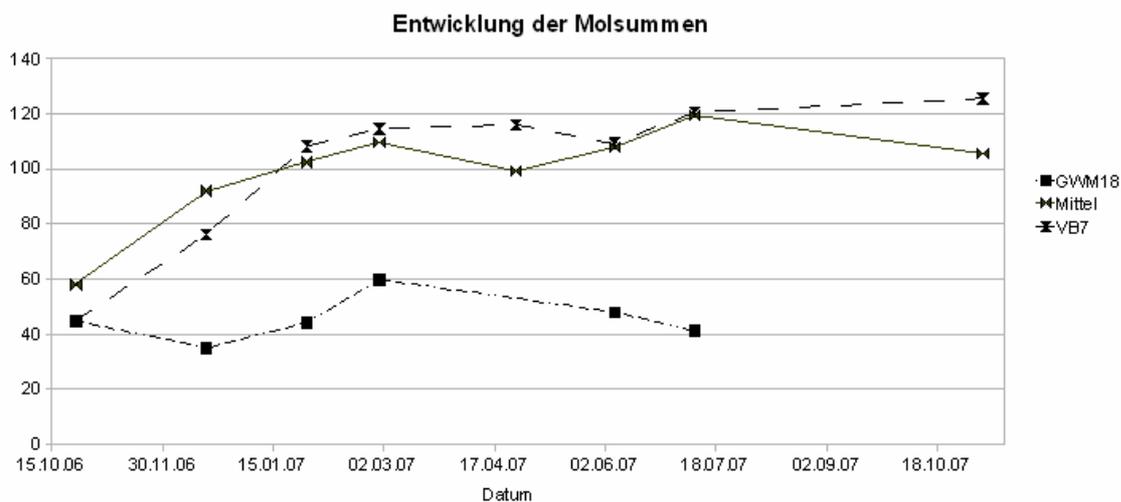


Abbildung 7: Entwicklung der Gesamtgehalte an Chlorethenen inkl. Ethen (Mittel: Mittelwert VB1 – VB6, Konzentrationen in $\mu\text{Mol/l}$)

Darüber hinaus ist es im Bereich des Versuchsfeldes – wie auch beim Vorversuch an der GWM18 beobachtet worden war – innerhalb der 4 Wochen zu einer Zunahme der Summe der Konzentration der einzelnen LCKW – Spezies zuzüglich des Ethens (Molsumme (Chlor) -Ethene) auf im Mittel ca. $95 \mu\text{Mol/l}$ (ca. 10.000 – 12.000 $\mu\text{g/l}$) gekommen. Während der nächsten 8 Wochen stieg die Molsumme dann noch weiter auf ca. $115 \mu\text{Mol/l}$ an, um anschließend auf diesem Plateau zu verbleiben (Abbildung 7).

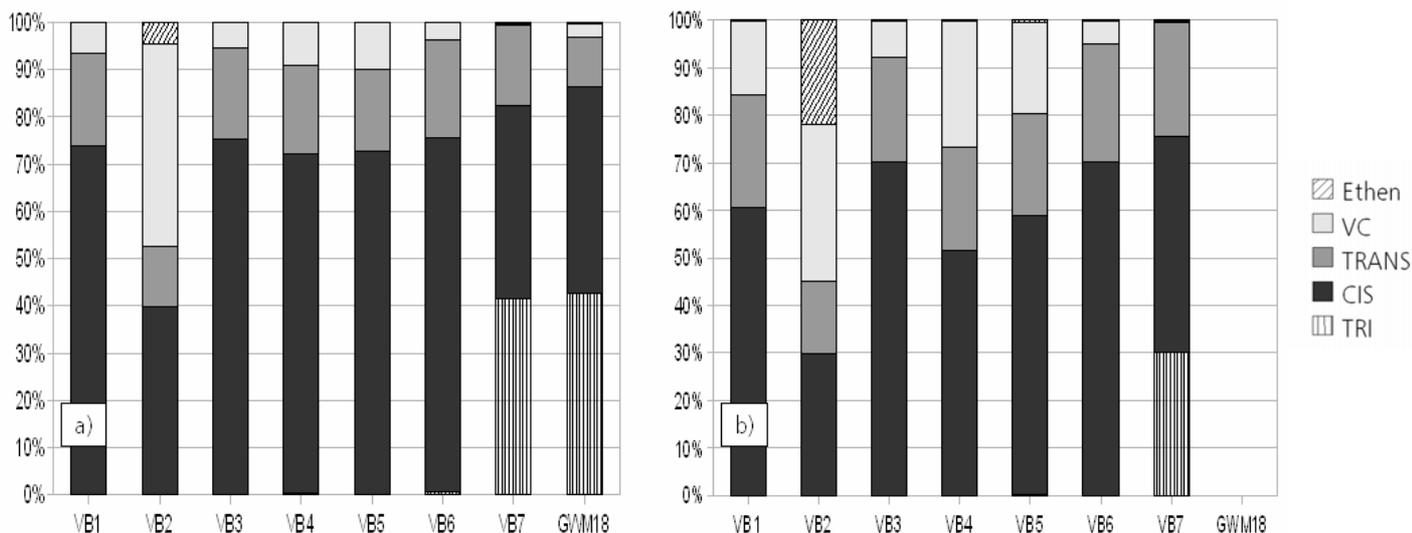


Abbildung 8: Relative Schadstoffzusammensetzung a) Nach ca. 18 Wochen, b) Nach ca. 21 Wochen

Bis zur 21. Versuchswoche änderte sich die relative Schadstoffzusammensetzung nur graduell. Trichlorethen war nur noch an den Kontrollmessstellen GWM18 und VB7 vorhanden und die Konzentrationen an Monoch-

lorethen nahmen zu. Dies betraf im Besonderen den Versuchsbrunnen VB2, an dem nun auch das gewünschte Endprodukt der Abbaureihe – Ethen – nachzuweisen ist (Abbildung 8a und b). Mitten in diesen Zeitraum fiel die vierwöchige Periode, in der wegen der hohen Acetat – Konzentrationen nur das Grundwasser umgewälzt, aber kein Lactat zugeführt wurde.

Innerhalb der 5 Wochen bis zur 26. Versuchswoche, in denen weder eine Lactatzugabe noch eine Durchmischung durch Umpumpen erfolgte, hat sich die Zusammensetzung der Schadstoffe drastisch geändert. Zusätzlich zur weitgehenden Dechlorierung des cis-Dichlorethens wurde das dabei gebildete Monochlorethen jetzt auch in stärkerem Umfang zum Endprodukt Ethen umgewandelt.

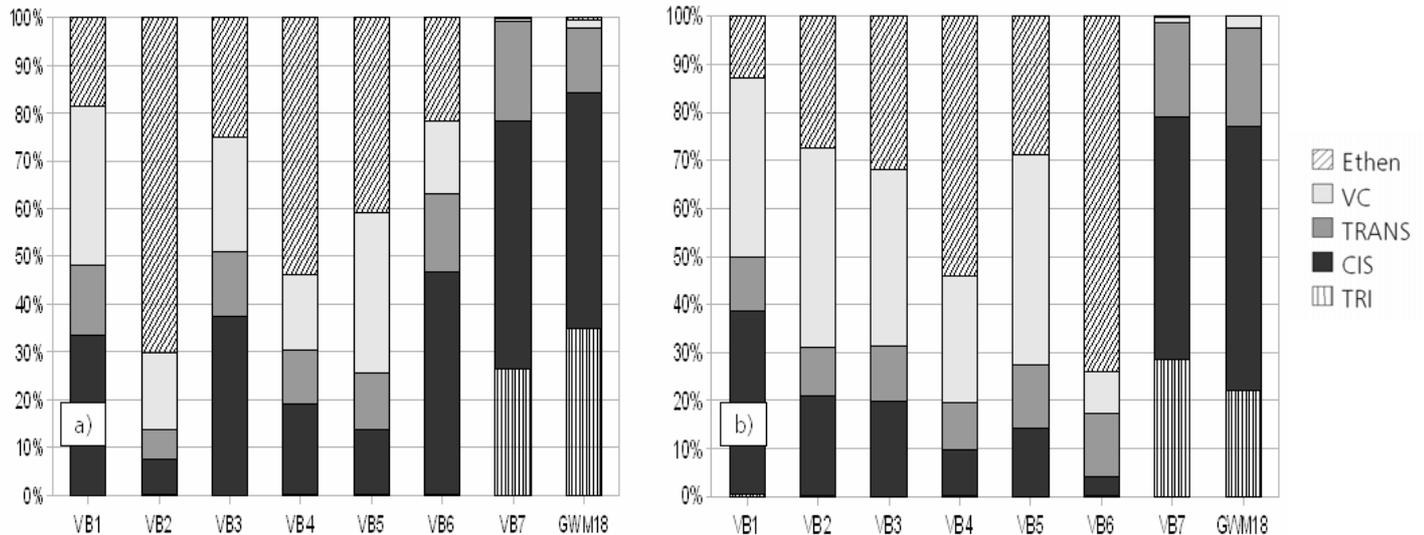


Abbildung 9: Relative Schadstoffzusammensetzung a) Nach ca. 26, b) Nach ca. 30 Wochen

Die beiden letzteren Abbaustufen stellen nun 40 % – 70 % der Schadstoffe. Dies entspricht bei Monochlorethen einer Konzentration von 2.000 – 2.500 $\mu\text{g/l}$ und bei Ethen von 1.800 – 2.700 $\mu\text{g/l}$. Bemerkenswert ist, dass trans-Dichlorethen bis dahin nur wenig oder gar nicht abgebaut wurde (Abbildung 9a).

Die vollständige Dechlorierung sollte dann durch erneute Zugabe von Lactat bewerkstelligt werden. Die Ergebnisse der Probenahme nach weiteren vier Wochen (30. Versuchswoche) ergaben jedoch ein ganz anderes Resultat, nämlich nur eine weitere Umwandlung von cis-Dichlorethen zu Monochlorethen, ohne dass nennenswerte Mengen an Ethen gebildet worden waren (Abbildung 9b). Daraufhin wurde die Lactatzugabe eingestellt.

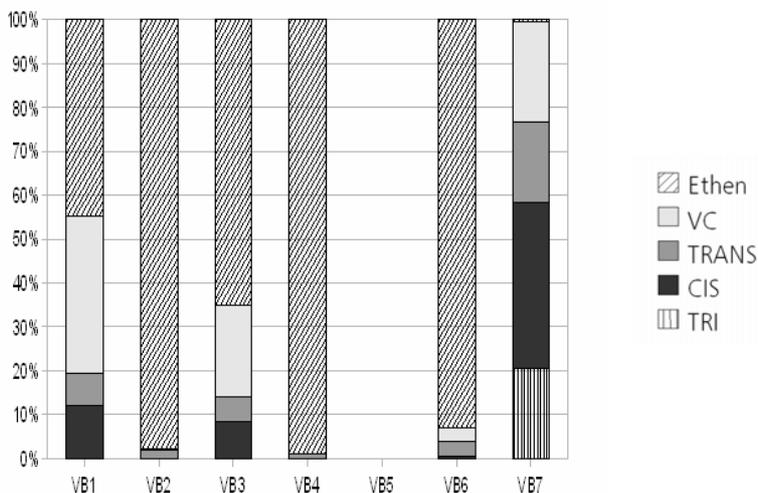


Abbildung 10: Relative Schadstoffzusammensetzung nach ca. 48 Wochen

Die abschließende Probennahme nach insgesamt 48 Wochen Versuchsdauer im November 2007 zeigte dann an den Versuchsbrunnen der westlichen Reihe (VB2, VB4 und VB6) eine nahezu vollständige Dechlorierung zu Ethen. Die Restgehalte der chlorierten Ethene, hauptsächlich trans-Dichlorethen, betrugen 100 – 300 µg/l. Die Konzentration an Monochlorethen ist von den zwischenzeitlich erreichten ca. 3.500 µg/l (30. Versuchswoche) auf Werte < 200 µg/l zurückgegangen. An den Brunnen der östlichen Reihe, VB1 und VB3 (VB5 wurde durch Vandalismus zerstört), in die nur selten Lactat eingeleitet wurde und die vornehmlich zur Grundwasserentnahme dienten, fand sich zwar auch schon Ethen als Hauptkomponente, aber es sind auch noch signifikante Gehalte der chlorierten Ethene vorhanden (Abbildung 10).

Eine entsprechende Änderung der Schadstoffzusammensetzung konnte an den Kontrollmessstellen GWM18 und VB7 nicht beobachtet werden. An der abstromigen Messstelle VB7 trat die Desorption der LCKW und ein teilweiser Abbau des Trichlorethens auf. Signifikante Mengen an Ethen konnten dort aber auch nach 48 Wochen nicht nachgewiesen werden.

5. Bewertung der Ergebnisse

Die Zunahme der Konzentrationen der Chlorethene während der ersten Versuchswochen ist vermutlich auf eine Desorption von der Bodenmatrix des Aquifers zurückzuführen. Dies würde auch erklären, warum an der Kontrollmessstelle GWM18 keine Zunahme zu beobachten ist, da die Desorption dort bereits bei den „push-pull“ Tests geschah und auch nachgewiesen worden war. Dagegen trat die Desorption auch an der abstromigen Kontrollmessstelle VB7 im gleichen Umfang wie im Versuchsfeld ein. Dies deutet darauf hin, dass nur geringe Substratmengen, hier wahrscheinlich Acetat, für die Desorption ausreichen. Auch die Zunahme der Methangehalte im Versuchsfeld führen wir auf eine Desorption zurück, da im weiteren Versuchsverlauf die Zunahme der Gehalte des für die Methanogenese gut verwertbaren Substrates Acetat zu keiner Steigerung der Methangehalte führte.

Die vorherrschende mikrobielle Reaktion, die durch die Zugabe von Lactat im Aquifer hervorgerufen wurde, ist die Sulfatreduktion. Die mittlere Abnahme der Sulfatgehalte um ca. 1.500 µMol/l liegt 10-fach über dem Umsatz der LCKW. Das zugeführte Lactat wird dabei von den Mikroorganismen als Elektronendonator unter Bildung von Acetat verwendet. Dies wird durch die aufgetretenen hohen Konzentrationen an Acetat belegt. Das gebildete Sulfid konnte zwar als freies Sulfid nachgewiesen werden, ohne jedoch stöchiometrisch der umgesetzten Sulfatmenge zu entsprechen. Vermutlich wurde die überwiegende Menge an Sulfid durch Ausfällung, z.B. als Eisensulfat, festgelegt. Ein Indiz dafür ist der Rückgang der Konzentrationen an zweiwertigem Eisen bis unter die Bestimmungsgrenze.

Obwohl Acetat als Substrat für die Methanogenese in ausreichenden Mengen vorhanden ist, ist eine starke Zunahme der Methankonzentrationen nur in der abstromigen Kontrollmessstelle VB7 nachzuweisen. Demnach spielt die Methanogenese an diesem Standort im Zusammenhang mit der reduktiven Dechlorierung keine Rolle.

Der nach den ersten vier Versuchswochen beobachtete Abbau von Trichlorethen zu cis-Dichlorethen ist direkt von der Zugabe von Lactat abhängig. Dies belegt der Versuchsbrunnen VB5, in dem kein Lactat eingeleitet wurde und die Kontrollmessstellen außerhalb des Versuchsfeldes, an denen das Trichlorethen ebenfalls nicht abgebaut wurde. Dementsprechend sinkt die mittlere Zahl an Chloratomen je Ethenmolekül auf 2 ab (Trichlorethen → Dichlorethen, Abbildung 11).

Während der nächsten 17 Wochen findet nur ein gradueller Abbau von cis-Dichlorethen zu Monochlorethen statt, ohne dass Ethen gebildet wird. Die mittlere Anzahl der Chloratome je Ethenmolekül nimmt nur von 2 auf ca. 1,85 ab. Eine Ausnahme bildet der Versuchsbrunnen VB2, der beim Vorversuch bereits aktiviert wurde. Die Zugabe von Lactat zeigt in dieser Phase nur wenig Wirkung.

Ab der 18. Betriebswoche ist Ethen erstmalig in geringen Gehalten und nach 26 Wochen in hohen Konzentrationen vorhanden. Dies passiert vornehmlich an den Brunnen, die häufig zur Lactat - Einleitung verwendet wurden, und ist an den Kontrollmessstellen nicht nachzuweisen. Eine Abnahme des Chlorierungsgrades ist zwar an der abstromigen Kontrollmessstelle VB7 eingetreten, wenn auch nur bis zur Ebene der Dichlorethene. Die Ethenbildung ist damit zwar nicht von der Anwesenheit von Lactat abhängig, jedoch davon, dass zuvor über einen längeren Zeitraum regelmäßig Lactat zugegeben wurde.

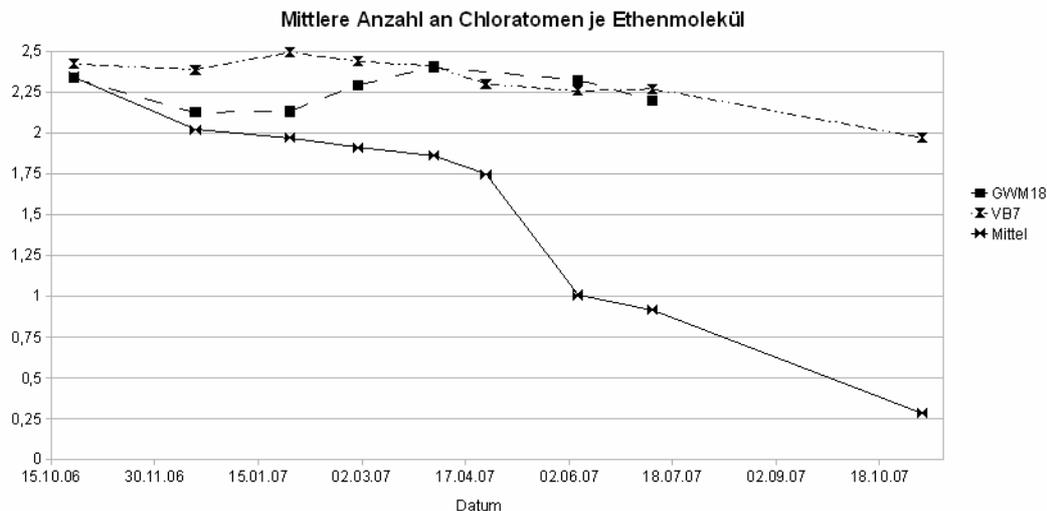


Abbildung 11: Entwicklung der mittleren Anzahl Chloratome je Ethenmolekül (Chlorierungsgrad, Mittel: Mittelwert VB1 – VB6)

Die einmal eingesetzte Ethenbildung an den Brunnen des Versuchsfeldes kann ihrerseits durch weitere Zugabe von Lactat nicht beschleunigt werden, sondern sie wird dadurch sogar blockiert. Allerdings ist diese Blockade umkehrbar und nach Einstellung der Lactat – Zugabe kommt die Ethenbildung wieder in Gang und die LCKW wurden nahezu vollständig abgebaut. Es zeigt sich wiederum eine Abhängigkeit von der Häufigkeit der Lactatzugabe und damit auch von der Zugabemenge, da die Brunnen der östlichen Reihe die höchsten Restgehalte an Chlorethenen aufweisen. Dabei kann es sich nicht um aus dem Umfeld nachgeströmte Schadstoffe handeln, da diese in einer gänzlich verschiedenen Zusammensetzung vorliegen.

Auffällig ist, dass letztlich nicht das Monochlorethen, sondern das trans-Dichlorethen die höchste Persistenz besitzt und als Letztes der Chlorethene abgebaut wird.

Abgesehen von der anfänglichen LCKW - Zunahme durch Desorption von der Bodenmatrix blieb die Gesamtmenge der Chlorethene einschließlich des Ethens nahezu gleich. Dadurch ist für die gesamte Reaktionskette der reduktiven Dechlorierung eine geschlossene Mengenbilanz belegt.

Es lassen sich somit mindestens fünf Prozesse mit unterschiedlichen Substratabhängigkeiten nachweisen:

- Prozess 1** → Desorption von der Bodenmatrix. Es werden nur geringe Konzentrationen an Lactat oder Acetat benötigt.
- Prozess 2** → Dechlorierung von Trichlorethen zu cis-Dichlorethen. Dieser Prozess ist strikt von der Zugabe ausreichender Mengen Lactat abhängig.
- Prozess 3** → Dechlorierung von cis-Dichlorethen zu Monochlorethen. Die Bildung von VC ist deutlich langsamer als Prozess 2 und läuft auch ohne die weitere Zugabe von Lactat ab, das jedoch den Abbau beschleunigen kann.
- Prozess 4** → Bildung von Ethen. Der Abbau von VC wird durch eine Lactatzugabe blockiert. Es ist jedoch unbedingt eine vorherige Zufuhr von Lactat erforderlich.
- Prozess 5** → Dechlorierung von trans-Dichlorethen zu Monochlorethen. Der Abbau ist zumindest von der Anwesenheit von Lactat unabhängig. Er ist der bisher am wenigsten verstandene Prozess.

Anhand der fünf Prozesse lässt sich ein Verfahrensschema für die Durchführung der in-situ Sanierung ableiten.

Zunächst muss der Sanierungsbereich ausreichend und gleichmäßig mit Lactat versorgt werden. Der Endpunkt dieser Stufe ist erreicht, wenn Trichlorethen vollständig abgebaut wurde. Anschließend erfolgt nur noch eine Verteilung des gebildeten Acetats und in vierwöchigen Abständen eine Zugabe von geringeren Mengen Lactat, bis die Ethenbildung einsetzt. Ab diesem Zeitpunkt erfolgt keine Grundwasserumwälzung mehr und die Pausen zwischen den Lactatzugaben werden auf drei Monate ausgeweitet. Als zusätzlicher Indikator für eine ausreichende Versorgung mit Lactat dient die Bildung von Monochlorethen.

Der hier vorgestellte Pilotversuch belegt, dass Lactat zur Aktivierung der reduktiven Dechlorierung nur in geringen Konzentrationen zugeführt werden muss, sofern eine aktive Verteilung im Schadensbereich gewährleistet wird. Der Vorteil dieses Vorgehens besteht in der vergleichsweise geringen und reversiblen Störung der bestehenden mikrobiellen Besiedlung. Dadurch kommt es nicht zu einer unumkehrbaren Verdrängung der Mikroflora durch die im ersten Prozess aktivierten Mikroorganismen und der Gesamtprozess kann über die Zugabeintervalle zumindest in Grenzen gesteuert werden. Dazu kommt, dass der relativ geringe Substratverbrauch sich natürlich auch in verminderten Sanierungskosten niederschlägt.

6. Ausblick

Der Pilotversuch wurde anschließend in einem erweiterten Versuchsfeld mit einem Abstand von 20 m zwischen Entnahme- und Einleitbrunnen fortgeführt. Es konnte nachgewiesen werden, dass auch bei diesem Abstand zwischen Entnahme- und Infiltrationsbrunnen der Aquifer ausreichend mit Nährstoffen versorgt werden kann, um die für den vollständigen Abbau notwendigen Prozesse zu aktivieren.

Die Planungsphase für die mikrobiologische in-situ Sanierungsmaßnahme ist in der Zwischenzeit abgeschlossen und mit der Ausführung wird voraussichtlich noch im dritten Quartal 2008 begonnen. Der Sanierungsbereich umfasst bei einer Fläche von ca. 3.000 m² ein Gesamtvolumen von ca. 15 – 16.000 m³ und besitzt ein Schadstoffpotenzial von ca. 200 kg LCKW. Der Sanierungszeitraum wird auf ca. 18 Monate geschätzt.

Erfahrungen bei der LCKW-Sanierung unter Einsatz von Horizontalfilterbrunnen

Dipl.-Geol. Elisabeth Oeff, Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz

1. Einführung

Auf einem ca. 5.000 m² großen Grundstück im Stadtbezirk Treptow-Köpenick wurden massive LCKW-Verunreinigungen sowohl in der Bodenluft als auch im Grundwasser nachgewiesen. Zur Sanierung der Grundwasserunreinigungen wird eine Kombination von Horizontal- und Vertikalfilterbrunnen eingesetzt.

An diesem Beispiel werden Erfahrungen mit zwei Horizontalfilterbrunnen, die nach 2,5 jähriger Betriebszeit eine Einschätzung ermöglichen, präsentiert.

1.1 Ausgangssituation

Auf der Grundlage orientierender- und Detailuntersuchungen durch den Eigentümer wurde die Sanierung der Bodenluft- und Grundwasserunreinigungen 1998 angeordnet. Da der Verantwortliche der Sanierungspflicht wegen seiner zwischenzeitlich angemeldeten Insolvenz nicht nachkommen konnte, wurden zur Gefahrenabwehr die notwendigen Maßnahmen durch die Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz vorbereitet und umgesetzt.

Der Sanierungsstandort liegt regionalgeologisch im Warschau-Berliner Urstromtal, 200 m vom Wasserschutzgebiet Wasserwerk Wuhlheide entfernt. Die Schadstofffahne erstreckt sich bis in die Wasserschutzzone III B hinein. Das Grundstück besitzt eine flächenhafte Versiegelung der Innenhöfe. Darunter folgt ein ca. 0,6 m mächtiger sandiger Auffüllungskörper, der stellenweise von Schlacken, Aschen und Bauschuttbestandteilen durchsetzt ist. Im Liegenden folgen Feinsande, die nach Süden in ihrer Mächtigkeit zunehmen und auf ca. 13 m mächtigen Mittelsanden auflagern. Sie werden wiederum von teilweise schluffigen Feinsanden unterlagert. Die Basis der sandigen Ablagerungen wird in einer Tiefe von ca. 30 m unter Gelände durch tonige Sedimente des Holstein-Interglazials begrenzt. Infolge des Fehlens von stauenden Geschiebemergelzwischenlagen bilden die sandigen Ablagerungen einen durchgehenden Grundwasserleiter mit ungespannter Grundwasserführung. Durch die fehlende Bedeckung des Grundwasserleiters mit bindigen Deckschichten ist der Aquifer gegen oberflächlich eindringende Schadstoffe nicht geschützt.

Die Höhe des Grundwasserspiegels im Bereich des Sanierungsstandortes liegt zwischen 32 und 33 m ü NN. Der Grundwasserflurabstand liegt im Bereich des Sanierungsstandortes ca. 3 - 4 m unter GOK.

1.2 Historische Nutzung

Das Gelände wird seit 1897 industriell genutzt. 50 Jahre wurde auf dem Grundstück eine lösemittelfreie Lackproduktion bzw. eine Garnfärberei betrieben. Seit 1947 wurde der Standort durch eine Chemische Reinigung genutzt, in der Benzin und PER eingesetzt wurde. Des Weiteren wurden auf dem Standort ein Heizwerk zur Dampf- und Heißwassererzeugung, zwei Brauchwasserbrunnen zur Förderung von Prozesswasser mit einer Jahresförderung von 7.000 m³ und mehrere Lagerstandorte zur Bevorratung von chlorierten Lösemitteln und Benzin unterhalten. Zur Fleckenentfernung wurde auch TETRA eingesetzt.



Abbildung 1 und 2: westliche und östliche Grundstücksansicht

Zurzeit ist das Sanierungsgrundstück ungenutzt. Seitens des zukünftigen Erwerbers des Grundstückes besteht die Absicht, die bestehenden Gebäude und die Altanlagen komplett zurückzubauen und einen Neubaukomplex zu errichten.

1.3 Belastungssituation

Nach den ersten Untersuchungen wurde von einem zusammenhängenden Kontaminationsbereich ausgegangen (s. Abb. 3). Die ermittelten Maximalgehalte lagen bei 157 mg/l LCKW. Die Sanierungskonzeption sah eine Grundwasserförderung über einen Vertikalbrunnen vor. In Vorbereitung der Sanierung wurden durch das Land Berlin 2003/2004 weitere Detailerkundungen veranlasst, die der Existenz von unterschiedlichen Eintragsquellen und damit einer räumlich relativ differenzierten Schadstoffverteilung in Boden und Grundwasser Rechnung tragen und überprüfen sollten, wie weit sich die Schadstoffe in den Abstrom verlagert hatten. Im Ergebnis zeigte sich ein völlig anderes Schadstoffbild:

Der zusammenhängende Belastungsbereich wurde in drei LCKW-Belastungsschwerpunkte im Grundwasser differenziert (s. Abb. 4). Danach wurden zwei sehr schmale Fahnen (Bereich 1 und 3) entlang diffuser Einträge der ehemaligen unterirdischen Produktleitungssysteme ausgemacht, die sich bereits deutlich in den Abstrom verlagert hatten. Der Belastungsbereich 2 befindet sich im Bereich eines PER-Tanks im Innenhof zwischen den Gebäuden.

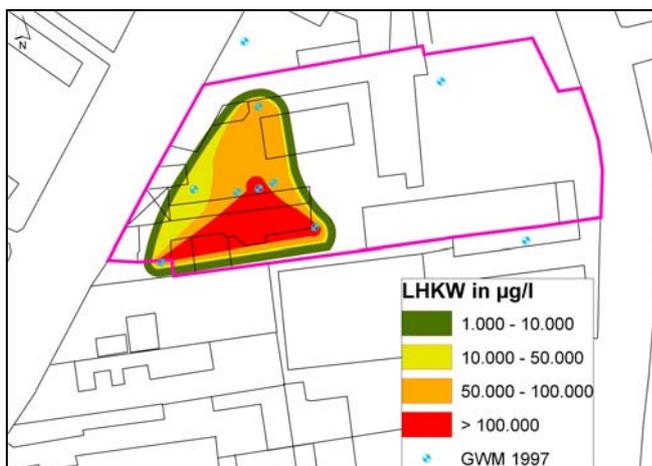


Abbildung 3: LCKW-Erkundungsstand 1997

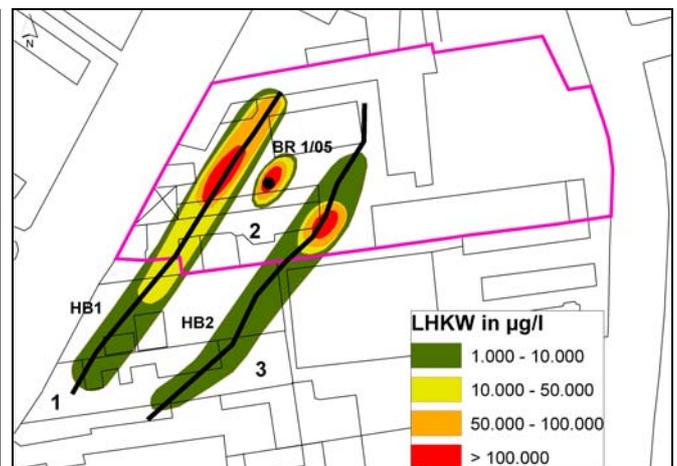


Abbildung 4: LCKW-Erkundungsstand Oktober 2004, Trassenverlauf der Horizontalbrunnen

Im Belastungsbereich 1 wurden Maximalgehalte von 180 mg/l, im Belastungsbereich 2 sogar maximal 290 mg/l und im Belastungsbereich 3 Maximalgehalte von 23 mg/l LCKW ermittelt.

Mittels in-situ Grundwasserbeprobungen konnte die Ausdehnung von zwei der insgesamt drei Belastungsbereiche bis in das abstromige Umfeld des Sanierungsgrundstückes nachgewiesen werden (s. Abb.4). Die beiden Schadstofffahnen lassen sich trotz des geringen Abstandes von nur 25 m sowohl im Quell- als auch im Abstrombereich lateral deutlich voneinander abgrenzen. Auch in der vertikalen Ausrichtung zeigen sich deutlich unterschiedliche Verteilungsmuster der Lastkörper.

2. Verfahrensauswahl

Standortspezifische Randbedingungen, wirtschaftliche Betrachtungen und technische Aspekte bildeten die Bewertungsgrundlage für die Auswahl des Sanierungsverfahrens. Die standortspezifischen Randbedingungen setzen sich aus den geologischen, hydrogeologischen und hydraulischen Verhältnissen, der Schadstoffsituation, der Geometrie und Ausdehnung der Schadensbereiche, dem Gefährdungspotential sowie den zukünftigen Nutzungsabsichten zusammen. Aus den vorgenannten Kriterien wurden primäre und sekundäre Sanierungsziele formuliert:

primäre Sanierungsziele

- Verhinderung der weiteren Ausbreitung von Schadstoffen mit der Grundwasserströmung
- Verringerung des Schadstoffpotentials in den Eintragsbereichen
- Verringerung des Schadstoffpotentials im näheren Abstrom der Liegenschaft
- Schutz des Grundwassers vor weiteren Einträgen.

sekundäre Sanierungsziele

- Nutzungsmöglichkeit des Standortes sowie des abstromigen Nachbargrundstückes
- Wirtschaftlichkeit
- Genehmigungsfähigkeit
- Effektivität
- Zeitdauer

Eine Reihe von Verfahren wurde bereits im Hinblick auf die primären Sanierungsziele von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen. Eine Sanierung mittels Bodenaustausch wurde aufgrund technischer und wirtschaftlicher Aspekte als ungeeignet bewertet.

Bei der weiteren Verfahrensauswahl standen damit lediglich aktive hydraulische Verfahren zur Auswahl. Als mögliche Varianten waren pump&treat-Verfahren mit einer Vertikalbrunnenentnahme über einen oder mehrere Brunnen sowie eine Variante mit zwei Horizontalbrunnen in HDD-Technik (Horizontal-Direct-Drilling) in Kombination mit einem Vertikalbrunnen unter Berücksichtigung der oben genannten Sanierungsziele gegeneinander zu bewerten.

2.1 Vorzugsvariante

Im Ergebnis des Variantenvergleichs wurde die Kombination aus der Entnahme aus dem bestehenden Vertikalbrunnen und dem Betrieb von zwei Horizontalbrunnen, die parallel zur Hauptströmungsrichtung des Grundwassers entlang der Fahnenachsen der LCKW-Kontaminationsschwerpunkte 1 und 3 angeordnet sind, favorisiert (s. Abb. 4).

Die Vorteile der Horizontalbrunnenvariante als Entnahmesystem haben deutlich überwogen und wurden aus folgenden Gründen umgesetzt:

- die langgestreckten Lastkörper werden durch die Horizontalbrunnen, der konzentrierte Eintrag am ehemaligen PER Tank durch den Vertikalbrunnen vollständig und gleichmäßig erfasst,
- die Verdünnung der Schadstoffe ist durch die Anpassung der Entnahmemodule an die Geometrie der Schadstoffausbreitung am geringsten,
- die Vermischung der drei unterschiedlichen Schäden wird auf ein Minimum reduziert,
- die Nutzung des Geländes ist aufgrund kurzer Rohrleitungswege nur gering eingeschränkt und
- der ca. zweifache Investitionsaufwand für die Errichtung der Horizontalbrunnen wird durch entsprechende Einsparungen beim unterirdischen Leitungsbau für die Variante mit mehreren Vertikalbrunnen teilweise aufgewogen.

Die Lage der Filterstrecken wurde anhand der erkundeten Belastungskörper festgelegt. Die hydraulische Wirksamkeit der Filterstrecken sowie die geplanten Entnahmeraten wurden im Vorfeld mit einem Grundwasserströmungsmodell simuliert. In der Vorzugsvariante waren für die Horizontalbrunnen in den Belastungsbereichen 1 und 3 relativ geringe Förderraten mit 7,5 m³/h im HB1 und 5 m³/h im HB2 vorgesehen. Die Berechnungen ergaben, dass der erkundete Schadensbereich damit vollständig erfasst wird und eine Beeinflussung der angrenzenden Belastungsbereiche und damit ein Transport der Schadstoffe in die geringer belasteten Zwischenbereiche vermieden werden kann. Auf Basis der Modellierungsergebnisse erfolgte die Dimensionierung der Reinigungsanlage.

Das zur Grundwasserreinigung vorgesehene Verfahren sieht eine Reinigung mit einer on-site Grundwasserreinigungsanlage vor. Das Verfahren entspricht im Wesentlichen der in der ursprünglichen Sanierungskonzeption entwickelten Anlagenkonfiguration unter Verwendung einer mehrstufigen Strippanlage zur Entfernung von LCKW. Für die Behandlung der durch Desorption in die Luftphase überführten Schadstoffe standen die Verfahren:

- Katalytische Nachverbrennung
- Lösemittelrückgewinnung mittels Adsorption/Desorption
- Adsorption der Schadstoffe auf Aktivkohle zur Auswahl.

Das gereinigte Grundwasser sollte der örtlichen Regenwasserkanalisation zugeführt werden.

3. Horizontalbrunnen

3.1 Randbedingungen

Die beiden Horizontalbrunnen sollten eine Trassenlänge von ca. 115 m, die Zielteufe des 70 m bzw. 56 m langen Filterbereichs 11,5 m bzw. 8 m unter GOK betragen. Der Bohrdurchmesser sollte 230 mm betragen (s. Abb. 8).

Durch die baulichen Randbedingungen sowie der tiefen Lage der Schadstofffahnen wurden für die Durchführung der HDD-Bohrungen enge Kurvenradien verlangt.

Um Planungssicherheit zu erlangen und das Ausführungsrisiko bei der Durchörterung der sehr langen Bodenpassage zu minimieren, wurden die bereits vorhandenen Detailuntersuchungen durch weitere geotechnische Baugrunduntersuchungen ergänzt: Neben dem Abteufen von Kleinrammbohrungen und schweren Rammsondierungen wurden geotechnische Laborversuche, wie Nasssiebungen durchgeführt. Anhand der Ergebnisse wurde der Boden unter bautechnischen Gesichtspunkten nach DIN 18196, DIN 18300 und DIN 18319 klassifiziert. Mittels DIN 18319 wurde hier der Boden nach speziellen Eigenschaften für den Rohrvortrieb eingestuft.

Zur Ermittlung des Bieterkreises wurde ein bundesweiter Teilnahmewettbewerb durchgeführt. Obwohl die HDD-Technik als anerkanntes und kostengünstiges Verfahren zur Leitungsverlegung häufig eingesetzt wird, war es ein kleiner Kreis von Fachfirmen, die die speziellen Anforderungen erfüllen konnte. Diese umfassen insbesondere den speziellen Arbeitsschutz, den Ausbau der Bohrung als Entnahmebrunnen, die auf der vergleichsweise kurzen Trassenlänge zu erreichende Zielteufe und der damit verbundene Biegeradius der Rohrtour.

3.2 Verfahrenstechnik

Bei dem HDD-Verfahren wird zunächst eine Pilotbohrung von einer Startgrube bis zur Zielgrube abgeteuft. Die Bohrung erfolgt als verlaufgesteuerte Spülbohrung. In Abhängigkeit des Bohrgerätes und der Standortverhältnisse stehen verschiedene Ortungsverfahren zur Verfügung. Eine gängige und kostengünstige Variante stellt das walk-over-Verfahren dar. Hierbei wird der mit einem Sender ausgestattete Bohrkopf von der Oberfläche aus mit Hilfe elektromagnetischer Messung verfolgt. Metallhaltiger Untergrund bzw. starke oberirdische

4. Grundwasserreinigungsanlage

Das Anlagenkonzept sah für die LCKW-Reinigung zwei parallel geschaltete Reinigungstechnologien vor. Es wurde hierbei zwischen einem hoch belasteten Mischwasserstrang und einem minder belasteten Strang unterschieden. Der hoch belastete Mischwasserstrang 1 sollte aus HB1 und dem Vertikalbrunnen und der minder belastete Strang 2 aus HB2 gespeist werden. Die Maximalkapazität der Anlage beträgt insgesamt 25 m³/h. Im Regelbetrieb war ein Durchsatz von 15,5 m³/h vorgesehen.

Für die Abreinigung des hoch belasteten Mischwasserstranges werden zur Desorption zunächst zwei parallel betriebene Scheibenstripper und zur Abreinigung seiner Prozessluft eine katalytische Oxidation betrieben. Nach Passieren der Scheibenstripper wird der Mischwasserstrang 1 mit dem Strang 2 vereinigt und über die Kiesfiltration zu zwei in Reihe geschalteten Desorptionskolonnen geleitet. Die schadstoffbeladene Prozessluft wird über einen Luftaktivkohlefilter (Arbeits- und Polizeifilter) gereinigt.

Das Reinwasser wird über einen 10 m³ Wasseraktivkohlefilter als Polizeifilter geleitet und anschließend der Regenwasserkanalisation zugeführt.

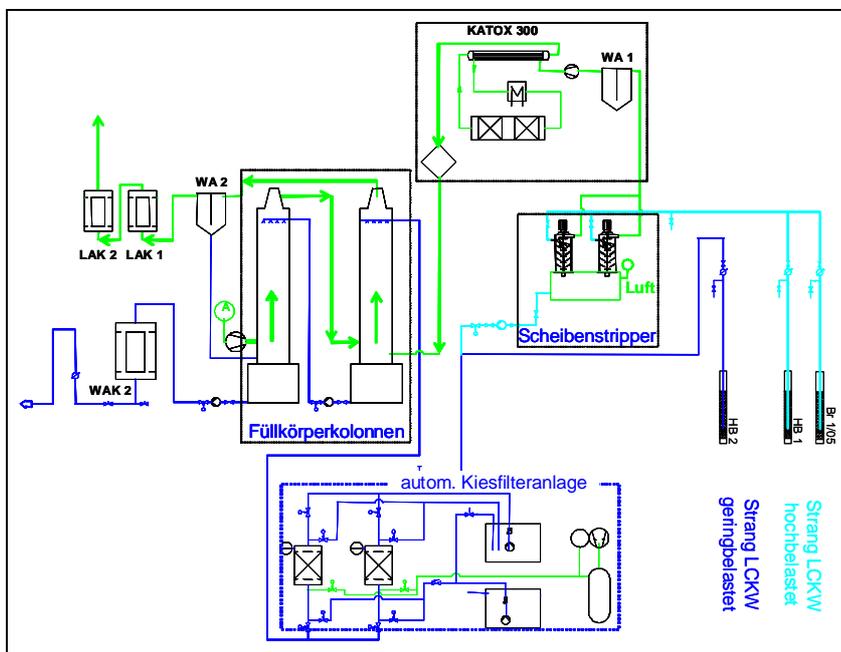


Abbildung 9: vereinfachtes Verfahrensfliesschema der Grundwasserreinigungsanlage

5. Sanierungsverlauf

Nach Inbetriebnahme der Brunnen wurden die Modellierungsergebnisse anhand der Grundwasserstandsmessungen überprüft. Im Ergebnis konnten die simulierten Prognosen bestätigt werden. So hat sich auch der durch den Inliner angepasste Filterausbau nicht nachteilig auf die hydraulische Wirksamkeit der Brunnen ausgewirkt.

Nach einmonatigem Probebetrieb wird die Grundwassersanierung seit Mitte Januar 2006 im Regelbetrieb betrieben. Nach 2,5-jährigem Betrieb ergibt sich für die Grundwassersanierung folgende Bilanz: Es wurden bei einer durchschnittlichen Förderrate von 14 m³/h fast 250.000 m³ Grundwasser aus den beiden Horizontalbrunnen und dem Vertikalbrunnen (VB) gefördert und über die Reinigungsanlage abgereinigt. Dabei wurden aus dem Förderwasser des HB1 7,0 to, aus dem Förderwasser des HB2 1,0 to LCKW und dem Vertikalbrunnen 4,0 to LCKW ausgetragen.

Bei Anfangsgehalten von max. 180 mg/l LCKW im Förderwasser des HB1 sanken die Konzentrationen im Verlauf der Grundwassersanierung auf rd. 30 mg/l LCKW. Im HB2 ist eine ähnliche Tendenz zu verzeichnen. Bei Anfangsgehalten von 36 bis rd. 40 mg/l sanken die Konzentrationen nach 2,5 Jahren auf 6 bis 9 mg/l ab. Im Vertikalbrunnen sanken die Anfangsgehalte von 193 mg/l auf derzeit 50 mg/l LCKW. Trotz des Rückganges der Zulaufkonzentrationen werden immer noch erhebliche Mengen LCKW ausgetragen (s. Abb. 10). Die Austragskurven der drei Brunnen zeigen lediglich eine geringe Abflachung.

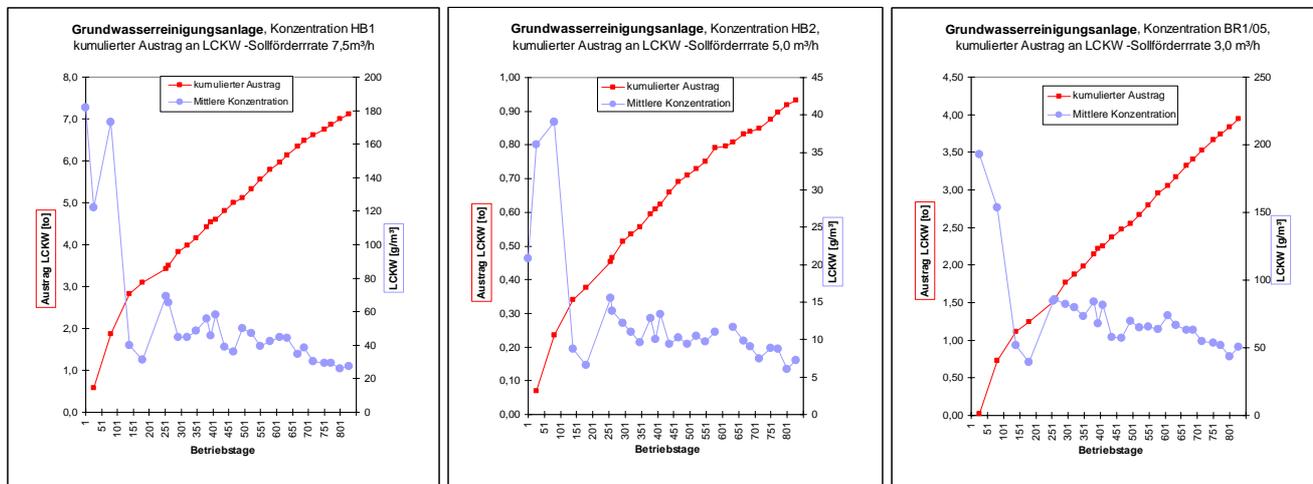


Abbildung 10: Zulaufkonzentration und Austrag für HB1, HB2 und Vertikalbrunnen

6. Brunnenregenerierung

Seit Mitte 2006 werden die Horizontalbrunnen zur Vorbeugung von Brunnenalterungsprozessen regelmäßig regeneriert. TV-Befahrungen zeigten, dass sich für beide Brunnen unterschiedliche Problemschwerpunkte entwickelt haben. Im HB1 ist trotz des engmaschigen Nylongewebes des Inliners ein hoher Sedimenteintrag zu verzeichnen, der sich negativ auf die Brunnenenergiebigkeit auswirkt. Im HB2 reduziert eine verstärkte Biologiebildung regelmäßig die Brunnenleistung. Mikrobiologische Untersuchungen des Brunnenwassers haben ergeben, dass es sich dabei um Fäkalbakterien handelt. Die Ursache wird in einer nicht bekannten undichten Abwasserleitung oder Fäkalgrube in Brunnennähe vermutet.

Aus den Erfahrungen der seit 2006 durchgeführten Brunnenregenerierungen und der je Brunnen unterschiedlichen Problemschwerpunkte wurden die Reinigungsstufen individuell angepasst und somit die Verfahrenstechnik für jeden Brunnen immer weiter optimiert. Da eine rein mechanische Reinigung des HB2 nicht den gewünschten Erfolg zeigte, wurde für diesen Brunnen von einer rein mechanischen Reinigung zu einer kombinierten mechanischen und chemischen Reinigung übergegangen.

Aufgrund der speziellen Ausbauphase der Horizontalbrunnen kam der Einsatz einer Hochdruckspülung nicht in Frage. Bei Hochdruckspülungen bestünde für das Nylongewebe des Inliners die Gefahr der Zerstörung des Maschengewebes.

In der letzten Stufe der Verfahrensoptimierungen bestand die mechanische Reinigung aus den Arbeitsschritten:

- Intensiventnahme der Filterstrecke mittels Doppelpackersystem
- Bürstung der gesamten Rohrtour
- Intensiventnahme mittels Pumpen bei hohen Förderraten

Als Packer kam ein mit Scheibenpackern bestücktes Doppelpackersystem zum Einsatz. Die Rohrreinigung der Horizontalbrunnen und die Anforderung, das Brunnenrohr ohne Verkanten durchfahren zu können, bedingten die kurze Länge des Packersystems von ca. 40 cm.

Die Intensiventnahme der Filterstrecken bestand aus dem abschnittsweise Durchfahren der Filterstrecke mit dem Doppelpackersystem bei gleichzeitigem Abpumpen der Sediment- und Schwebstoffe in den abgepackerten Bereichen. Beim HB1 wurde über eine Vakuumanlage zuvor bereits ein Großteil der Sedimentfracht aus dem Filterrohr abgezogen. Zum Abtrennen des Sedimentes wurde dabei ein Zyklonenfilter vorgeschaltet.

Zur Entfernung der Biologie wurde der HB2 im Anschluss der mechanischen Reinigung einer zweistufigen chemischen Reinigung unterzogen. Zum Lösen von Eisenkrustationen im Ringraum und dem anstehenden Boden wurde eine HCL-Lösung mit einem Doppelpackersystem abschnittsweise in das Filterrohr eingebracht. Nach eintägiger Einwirkzeit wurde am Folgetag die Lösung wieder abgepumpt und nach dem Klarpumpen die zweite Stufe eingebracht. Diese bestand aus einer H₂O₂-Lösung, die der Desinfektion diente. Die Lösung wurde in der gleichen Verfahrensweise wie die erste Stufe eingebracht. Die Einwirkzeit betrug ebenfalls ein Tag. Hinterher wurde der Brunnen intensiv klargepumpt. Die mikrobiologischen Untersuchungen vor, unmittelbar nach der chemischen Reinigung und nach 6 Wochen Betrieb sowie die im Anschluss der Reinigungsarbeiten durchgeführte TV-Befahrung zeigten, dass die Konzentration der Fäkalkeime erheblich reduziert werden konnte.

7. Phasenerkundung

Die hohen Zulaufkonzentrationen von anfänglich deutlich über 100 mg/l LCKW im HB1 ließen auf das Vorhandensein reiner LCKW-Phase schließen. TV-Befahrungen und ein Phasenabsaugversuch dieses Brunnens bestätigten die Annahme. Im Januar 2006 wurde in der TV-Befahrung des HB1 eine ca. 20 m zusammenhängende Schwerphase im Brunnentiefsten nachgewiesen (s. Abb.11). Während eines im Februar und März 2006 durchgeführten Phasenabsaugversuchs wurden 200-300 l milchige, phasenhaltige Emulsion bei einem Phasengehalt von ca. 5% gefördert. Eine kontinuierliche Phasenabschöpfung war technisch aufgrund geringer Zulauf-raten nicht durchführbar. In der TV-Befahrung vom Januar 2007 wurden unmittelbar nach einer Brunnenregenerierung auf mehreren Abschnitten Phasentröpfchen in der Rohrtour festgestellt. Es wurde ein sehr feinsandiger Horizont als Lieferant der unverändert hohen LCKW-Gehalte im Förderwasser und der im Brunnen vorliegenden Phase vermutet. So wurde zur näheren Untersuchung eines möglichen Phasenköpers eine stufenweise Erkundung konzipiert und erste Untersuchungen bereits 2007 durchgeführt. Dazu wurde das feinsandige Areal des Nahbereichs durch mehrere in-situ Bohrungen und Bodenuntersuchungen aus Inlinerproben untersucht, mit dem Ziel, den Phasenlieferant einzugrenzen und konzentriert abzureinigen. Bei den Untersuchungen wurden die in-situ-Untersuchungen des Grundwassers mit den Bodenuntersuchungen und zusätzlich mit den Ergebnissen einer MIP-Sonde korreliert.



Abbildung 11: Schwerphase im HB1 (TV-Befahrung)

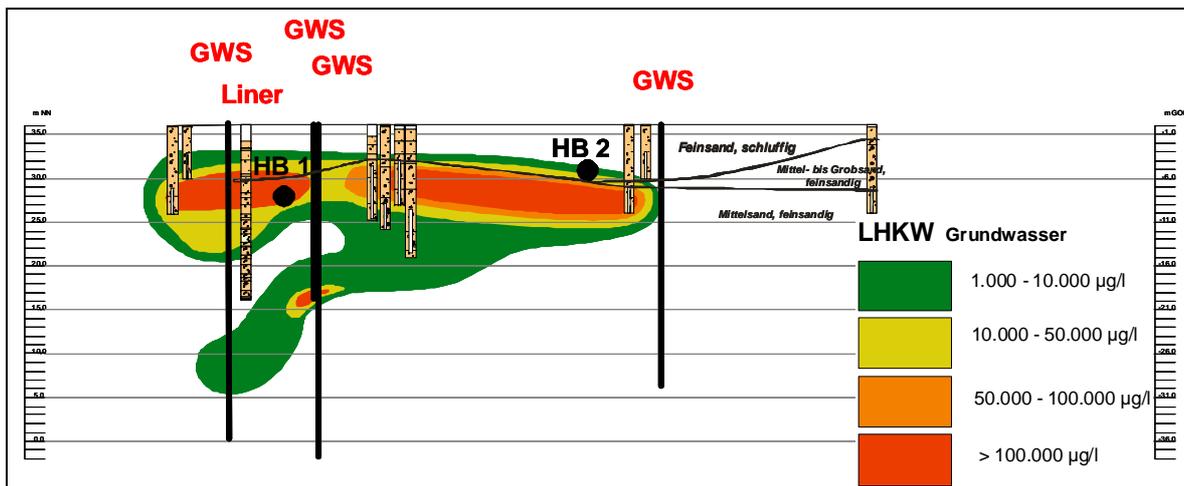


Abbildung 12: vereinfachtes Profil der Ergebnisse der Phasenerkundungen

Die Untersuchungen ergaben die bereits bekannten Belastungen in 10 m unter Geländeoberkante, die durch die Bodenuntersuchungen bestätigt wurden. Ein Vergleich mit der zusätzlich abgeteuften MIP-Sonde zeigt, dass diese Technik an diesem Standort eine gute tiefengetreue Auflösung der vorhandenen Kontaminationen erlaubt. Einen eindeutigen Nachweis einer Phasenausbildung ergaben die Untersuchungen jedoch nicht. Vielmehr wurden erstmalig in 20 m Tiefe Belastungen bis 50 mg/l LCKW angetroffen, die durch Förderung aus den Entnahmebrunnen nicht erfasst werden (s. Abb. 12).

8. Fazit und Ausblick

Nach 2,5 Jahren Sanierungsdauer liegen ausreichend Daten vor, um die Wirksamkeit des Entnahmesystems auf dem Standort zu bewerten.

Die Investitionskosten der Horizontalbrunnen liegen im Verhältnis zur Variante mit ausschließlich Vertikalbrunnen etwa um das Zweifache höher. Durch die Entnahme entlang der zwei LCKW-Fahnen in Kombination mit dem Vertikalbrunnen hat nur eine geringe Vermischung mit unkontaminiertem Grundwasser stattgefunden, so dass sich für die Kosten der Reinigung (Betrieb der Anlage einschließlich aller Betriebsmittel) ein sehr günstiges Verhältnis von 22 EUR/kg Schadstoff ergeben hat und sich die höheren Investitionskosten bereits bezahlt gemacht haben.

Die Teilung der Schadstoffströme in einen minderbelasteten und einen hochbelasteten Strom, dessen Abluft katalytisch verbrannt wird, hat zu einer weiteren Kostenoptimierung geführt. Aufgrund des nicht unerheblichen Feinsandanteils im Förderstrom des hochbelasteten Strangs hat sich der Einsatz der dafür eher unempfindlichen Scheibenstripper als vorteilhaft erwiesen.

In dem betrachteten Zeitraum wurden aus dem Grundwasser insgesamt rund 12,0 to Schadstoff abgereinigt. Derzeit liegt die mittlere Konzentration im Förderstrom der drei Brunnen bei 25,3 mg/l LCKW.

Die Untergrundverhältnisse haben trotz kleinräumiger Detailuntersuchung und zusätzlicher Baugrunduntersuchungen bei der Errichtung der Brunnen auf den langen Filterstrecken zu einigen Überraschungen geführt. So war es sinnvoll, vor den Bohrarbeiten deutliches Gewicht auf die Erkundungen des zu durchteufenden Bodens zu legen. Immerhin handelt es sich um insgesamt 120 m Filterstrecke.

Zur Vorbeugung einer schnellen Brunnenalterung ist die Regenerierung der Brunnen notwendig. Sie ist mit höheren Kosten im Verhältnis zu Vertikalbrunnen verbunden und entsprechend zu berücksichtigen.

Zur Klärung der Schadstoffsituation im tieferen Grundwasserhorizont sind weitere Erkundungen vorgesehen. Sollten sich die bereits erkundeten Belastungen bestätigen, so wird die Sicherung des Schadens voraussichtlich um tiefe Vertikalbrunnen ergänzt.

Trinkwasserversorgung und Altlasten in Berlin - Strategien zur Konfliktlösung -

Dipl.-Ing. Elke Wittstock, Berliner Wasserbetriebe Wasserversorgung Wasserwirtschaft
Dipl.-Ing. Götz-Dietrich Troschke, Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz

1. Die Trinkwasserversorgung in Berlin

1.1 Einführung

Die Berliner Wasserbetriebe sind für die Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung der Stadt Berlin und einiger Umlandgemeinden verantwortlich. Im Jahr 2007 haben die Berliner Wasserbetriebe (BWB) 199,6 Mio. m³ Wasser verteilt. Die BWB betreiben 9 Wasserwerke (WW), 7 Pumpwerke und 5 Rohrnetzbetriebsstellen. Das Rohrnetz zur Trinkwasserverteilung hat eine Länge von 7.800 km. In den Wasserwerken werden ca. 700 Brunnen zur Rohwasserförderung genutzt, die durchschnittliche Tagesförderung liegt bei 546.000 m³. Derzeit versorgen die Berliner Wasserbetriebe 3,5 Mio. Einwohner. Der Wasserverbrauch ist in den letzten 10 Jahren um 13 % zurückgegangen.

Das aktuell vorliegende „Wasserversorgungskonzept für Berlin und das von den BWB versorgte Umland (Entwicklung bis 2040)“ wird bestimmt von den bisher gültigen und auch in Zukunft anzustrebenden *Grundsätzen der Wasserversorgung*:

- Gewährleistung einer hohen Versorgungssicherheit und hohen Wasserqualität durch die Nutzung regionaler Ressourcen.
- Schonende Bewirtschaftung des Grundwassers (GW) und behutsamer Umgang mit der Natur.
- Naturnahe Aufbereitung mit einfachen technischen Mitteln.
- Wirtschaftlicher Betrieb der Wasserversorgungsanlagen unter anderem mit dem Ziel sozialverträglicher Wassertarife.
- Die Nutzung von Synergieeffekten zwischen Trinkwassergewinnung und Sicherung siedlungsverträglicher Grundwasserstände im Sinne einer nachhaltigen Wasserwirtschaft.



Abbildung 1: Übersicht der Wasserwerke der Berliner Wasserbetriebe

1.2 Rohwassergewinnung

Berlin ist sehr wasserreich, im Berlin-Warschauer Urstromtal befinden sich viele Gewässer wie die Spree, der Müggelsee, Teile der Havelseen und die Dahmeseenkette. Das Urstromtal ist begrenzt von zwei Hochflächen, dem Teltow und dem Barnim. Dadurch herrschen ideale Bedingungen für die Uferfiltratgewinnung. Ein Großteil der Brunnen liegt in der Nähe von Seen und Flüssen. Das Grundwasserdargebot in Berlin setzt sich zu 60 % aus Uferfiltrat, zu 10 % aus künstlicher Grundwasseranreicherung und zu 30 % aus natürlicher Grundwasserneubildung zusammen. In den Wasserwerken Tegel und Spandau wird zur Aufhöhung des Grundwasserdargebots aufbereitetes Oberflächenwasser künstlich angereichert.

Die Wasserqualität in den Seen und Flüssen ist Basis für eine sehr gute Grundwasserqualität. Zur Verbesserung der Oberflächenwasserqualität trägt die deutliche Frachtreduzierung im Klarwasserablauf der Klärwerke in den letzten Jahren maßgeblich bei. Darüber hinaus werden durch die BWB in Beelitzhof und Tegel Oberflächenwasseraufbereitungsanlagen zur Phosphatelimination betrieben. Seitdem hat sich die Qualität des Tegeler Sees und der Grunewaldseenkette deutlich verbessert.

Das Rohwasser wird ausschließlich aus Grundwasser gewonnen. Die Berliner Wasserbetriebe bereiten das Grundwasser mit naturnahen Verfahren ohne chemische Zusatzstoffe auf. Eine Desinfektion des Trinkwassers ist nicht erforderlich.

1.3 Schutzzonen

Zum Schutz des Rohwassers sind entlang der Brunnengalerien zur Trinkwasserversorgung Schutzzonen mit entsprechenden Schutzzonenverordnungen festgesetzt. Die Schutzzonen werden durch die Berliner Wasserbetriebe in Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Gesundheit und Soziales Berlin (LAGeSo), der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz (SenGesUmV), den zuständigen Umweltämtern und Gesundheitsämtern der Bezirke, Forsten und der Polizei im Rahmen regelmäßiger Treffen der örtlichen Schutzzonenkommission begangen. Jährlich findet unter Federführung des LAGeSo die Hygienesitzung für alle Wasserwerke in Berlin statt, in der alle Beteiligten die Ereignisse des letzten Jahres bewerten und anstehende Aufgaben, nächste Schritte und Verantwortlichkeiten klären.

1.4 Quantitative und qualitative Bewertung des Rohwassers

Zur qualitativen und quantitativen Bewertung der Rohwasserressource ist die Durchführung eines Grundwassermonitorings unerlässlich. In Ergänzung des umfangreichen Messnetzes von SenGesUmV wird an rund 750 Grundwassermessstellen der BWB monatlich bis täglich der Wasserstand gemessen. Damit wird die Grundwasserdynamik im Anstrom der Wasserwerke beobachtet.

Darüber hinaus werden auf die Rohwassersituation abgestimmte Beprobungskampagnen an ausgewählten Messstellen vorgenommen, um frühzeitig Veränderungen in der Rohwasserbeschaffenheit zu erkennen.

Im Ergebnis zahlreicher regelmäßiger Beprobungen des Roh- und Reinwassers der Wasserwerke sowie der Einzelbrunnen wird die ausgezeichnete Trinkwasserqualität der durch die BWB betriebenen Wasserwerke belegt. Die zentrale Steuerung der Verteilung der Wasserwerksfördermengen durch die Verbundfahrweise aller Wasserwerke erlaubt eine ökonomisch und ökologisch optimierte Grundwasserentnahme an allen Standorten.

Im Einzugsgebiet des ehemaligen Wasserwerks Jungfernheide und des vorübergehend vom Netz genommenen Wasserwerks Johannisthal wird derzeit im Auftrage Dritter weiterhin Grundwasser zum Zweck der Einhaltung siedlungsverträglicher Grundwasserstände bzw. zur Bündelung von Schadstofffahnen gefördert.

1.5 Strategien zur Konfliktlösung im Rahmen der Wasserversorgung

In umfangreichen Sanierungsprogrammen werden durch SenGesUmV Quellsanierungen von Altlastenstandorten durchgeführt bzw. Sanierungsanordnungen gegenüber den Verursachern erteilt. Quellsanierungen und Abwehrmaßnahmen im Vorfeld der Wasserfassungsanlagen zur Trinkwassergewinnung sind zur Sicherung der Trinkwasserqualität erforderlich und anzustreben. Hierbei muss durch eine abgestimmte Fahrweise der Brunnen die Fokussierung der Schadstofffahne bewirkt werden, um erforderliche Sanierungsmaßnahmen effektiv gestalten zu können. Teilweise werden durch altlastenbedingte qualitative Veränderungen des Grundwassers im Anstrom der Rohwasserfassungen Einschränkungen in der Fahrweise der Brunnen bewirkt. Hierzu erfolgt eine enge Abstimmung mit der zuständigen Senatsverwaltung SenGesUmV, Referat Boden- und Altlastensanierung, Bodenschutz.

Die Sanierung auf dem Transferpfad im Anstrom auf die Brunnen zur Trinkwassergewinnung gestaltet sich schwierig, wenn mit für Sanierungsanlagen relativ niedrigen, jedoch trinkwasserrelevanten Konzentrationen umgegangen werden muss. Einige Schadstoffe geringer Konzentration werden bei der naturnahen Trinkwasseraufbereitung durch die Belüftung und Filtration aus dem Rohwasser eliminiert. So werden im Wasserwerk Tegel geringe Arsenkonzentrationen im Rohwasser durch die Bindung des Arsens an das im Filter des Wasserwerks zurückgehaltene Eisenhydroxid entfernt, so dass der Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 10 µg/l As sicher eingehalten und unterboten wird. Die Kombination von Grundwasseranreicherung und abgestimmter Fahrweise der Brunnen gestattet die Beherrschbarkeit der Rohwasserbelastung durch die vorhandene Aufbereitungstechnologie.

Eine im Anstrom auf das WW Tiefwerder detektierte MTBE-Belastung führte zu einer veränderten Brunnenfahrweise mit dem Ziel, die Schadstofffahnen zu fokussieren. Jedoch musste zur Reduzierung des Absenktrichters des Grundwassers im Bereich der Wasserwerksbrunnen die Kapazität des Werkes deutlich reduziert werden. Dadurch wird die erforderliche Zeit zur Erkundung der Schadstoffquelle und zur Einleitung von Sanierungs- bzw. Sicherungsmaßnahmen gewährleistet.

Die Fortsetzung des GW-Monitorings im Einzugsgebiet der Wasserwerke ist zur nachhaltigen Sicherung der Trinkwasserqualität von großer Bedeutung. Hierzu findet ein regelmäßiger Informationsaustausch über die Erkenntnisse und abgeleiteten Aktivitäten zwischen SenGesUmV und den BWB statt.

Obere Priorität der Berliner Wasserbetriebe hat die nachhaltige Sicherung der Trinkwasserqualität und die Gewährleistung der Versorgungssicherheit. Der Rückgang im Wasserverbrauch bei Vorhaltung einer hohen Anlagekapazität war hilfreich, um den erforderlichen Handlungsspielraum im Umgang mit Einschränkungen an einzelnen Wasserwerksstandorten zu ermöglichen.

2. Die Altlasten in Berlin

2.1 Einführung

In Berlin gibt es derzeit 9 Wasserwerke:

- WW Beelitzhof in Berlin Steglitz-Zehlendorf Ortsteil Wannsee
- WW Friedrichshagen in Berlin Treptow-Köpenick
- WW Johannisthal in Berlin-Treptow-Köpenick
- WW Jungfernheide in Berlin-Spandau Ortsteil Siemensstadt
- WW Kladow in Berlin-Spandau Ortsteil Kladow
- WW Spandau in Berlin-Spandau
- WW Tegel in Berlin-Reinickendorf Ortsteil Tegel
- WW Tiefwerder in Berlin-Spandau Ortsteil Tiefwerder
- WW Wuhlheide in Berlin-Treptow-Köpenick

Da sich die vorangegangenen Beiträge im Rahmen des Ökologischen Großprojekts (ÖGP) schon ausführlich mit den Maßnahmen zum Schutz der östlichen Wasserwerke beschäftigt haben, beschränke ich mich in meinen Ausführungen auf ausgewählte Werke im Westteil der Stadt.

Nachdem das Wasserwerk Jungfernheide zwischenzeitlich vom Netz genommen wurde, wird der westliche Teil der Stadt heute von den verbliebenen 5 Wasserwerken versorgt. Während sich die Werke Beelitzhof, Kladow und Spandau weitab von industriellen bzw. gewerblichen Ansiedlungen befinden, liegen die Werke Tegel und Tiefwerder z. T. in unmittelbarer Nachbarschaft von ehemaligen bzw. noch aktuell genutzten Industrie- und Gewerbeflächen.

Daraus ergibt sich infolge mitunter jahrzehntelanger Schadstoffeinträge im näheren Umkreis dieser Wasserwerke ein erhebliches Konfliktpotential. Aber auch größere Entfernungen zu Altlastenflächen bieten keine Garantie für eine konfliktarme Bewirtschaftung der Wasserressource, wie nachfolgend in einem der Beispiele gezeigt wird.

Im Westteil der Stadt müssen für Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen – anders als im Rahmen des Freistellungsverfahrens im Ostteil der Stadt – allein die nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz Verantwortlichen aufkommen. Einzig bei akuter Gefahrenlage sowie bei Nicht-Befolgung einer rechtskräftigen Anordnung werden die erforderlichen Maßnahmen durch das Referat III C im Rahmen einer Ersatzvornahme durchgeführt.

2.2 Die Maßnahmen

Für die Bekämpfung akuter sowie latenter Gefährdungen der Berliner Wasserwerke steht ein Bündel abgestufter Maßnahmen zur Verfügung.

Bei akuter Gefahrenlage wegen einer Verunreinigung von Förderbrunnen durch wassergefährdende Stoffe ist die erste Handlungsoption nicht die Sanierung bzw. Sicherung der Quelle, sondern die unverzügliche Planung und Durchführung von Abwehrmaßnahmen an bzw. im Vorfeld betroffener Förderbrunnen. Dadurch wird einerseits die Einhaltung der Vorgaben der Trinkwasserverordnung gewährleistet, andererseits aber auch ein gewisser Handlungsspielraum gewonnen, um anschließend schrittweise die Schadstoffquelle(n) einzugrenzen und Sanierungs- bzw. Sicherungsmaßnahmen einzuleiten.

Bei geringfügigen Verunreinigungen, die durch eine angepasste Betriebsweise des Werkes beherrscht und/oder im Rahmen der naturnahen Aufbereitung des Rohwassers eliminiert werden können, genügt u. U. auch nur ein Monitoring, um die Schadenssituation in den Griff zu bekommen.

2.3 Die Schadstoffeinträge

2.3.1 Industrielle und gewerbliche Altlasten

Aus der Menge der üblicherweise auf industriell bzw. gewerblich genutzten Flächen eingetragenen, grundwassergefährdenden Stoffe heben sich vor allem diejenigen hervor, die aufgrund ihrer stofflichen Eigenschaften mit dem Grundwasserabstrom über größere Distanzen transportiert werden und dadurch die Trinkwassergewinnung in besonderem Maße beeinträchtigen können.

An solchen Schadstoffeinträgen haben in Berlin mengenmäßig den größten Anteil Reinigungs- und Entfettungsmittel (chlorierte Kohlenwasserstoffe, CKW) und Kraftstoffadditive (Methyl-tertiär-Butylether, MTBE sowie tertiiär-Butyl-Alkohol, TBA).

Diese beiden Stoffgruppen sind im Grundwasser hochgradig mobil und z. T. noch in einer Entfernung von mehreren Kilometern nachweisbar. Ihre dazu beitragenden stofflichen Eigenschaften stellen sich wie folgt dar:

Chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW), Einsatz in chemischen Reinigungen und zur Metallentfettung:

- wasserlöslich
- Phasenbildung
- an Bodenmatrix adsorbierbar
- biotisch und abiotisch abbaubar

Aus ihrem einst massenhaften Einsatz in Industrie und Gewerbe und eines aufgrund anzunehmender Unkenntnis oft sorglosen Umgangs gerieten chlorierte Kohlenwasserstoffe vielerorts ins Grundwasser und verteilten sich weiträumig im Aquifer.

Methyl-tertiär-Butylether (MTBE), Einsatz im Ottokraftstoff zur Erhöhung der Klopfestigkeit und als Sauerstoffträger:

- sehr gut wasserlöslich
- keine Phasenbildung
- nicht an Bodenmatrix adsorbierbar
- weitgehend persistent

MTBE ist seit Mitte der 80er Jahre das wichtigste Benzinadditiv. Mit Hilfe dieser sauerstoffhaltigen Benzin-Komponenten wird die Verbrennung des Kraftstoffs optimiert und die Klopfestigkeit verbessert. Sein Anteil im Ottokraftstoff kann gemäß EU-Richtlinie bis zu 15 Volumen-% betragen. Damit ist MTBE heute mengenmäßig der am meisten synthetisch hergestellte Stoff. Im Grundwasser ist er so gut wie nicht abbaubar, sondern nur in der Atmosphäre über OH-Radikale.

2.3.2 Rüstungsaltslasten

Aus Rüstungsaltslasten stammende Stoffe stellen in Berlin mit einer Ausnahme kein Problem dar. Diese Ausnahme bildet das Halbmetall **Arsen**. In Abhängigkeit von den Eh- und pH-Werten des Grundwassers kann es in verschiedenen Oxydationsstufen und Bindungsformen mit jeweils unterschiedlichem Lösungsverhalten vorkommen. Bei einer Verlagerung mit dem Grundwasserabstrom kommt es dabei infolge von Wechselwirkungen mit der Bodenmatrix zu einem differenzierten Ausbreitungsverhalten.

2.3.3 Altablagerungen

In den Einzugsbereichen der westlichen Wasserwerke befinden sich etliche Altablagerungen, die jedoch in der Regel bislang kein besonderes Problem darstellen. Am Beispiel der mit 52 ha größten Altablagerung Berlins wird im folgenden gezeigt, mit welchen Maßnahmen dafür gesorgt wird, dass es auch in Zukunft dabei bleibt.

2.4 Die Beispiele

Beispielhaft für die hochgradig mobilen Schadstoffe werden zunächst die an den Werken Spandau und Tiefwerder durchgeführten bzw. geplanten Maßnahmen dargestellt. Das Werk Tegel steht anschließend als Beispiel für den Umgang mit einem aus einer Rüstungsaltslast stammenden Stoff, dem Arsen. Anhand des Werkes Beelitzhof wird der Umgang mit der größten Altablagerung Berlins gezeigt.

2.4.1 Wasserwerk Spandau

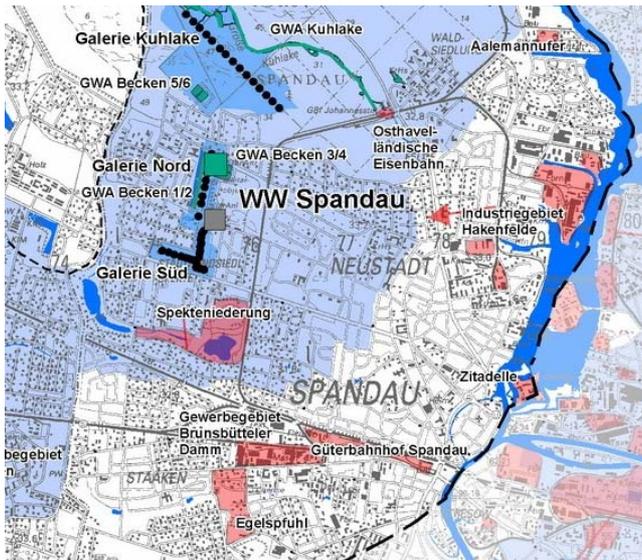


Abbildung 2: Ausschnitt TWSZ und Altlastenflächen (WW Spandau)

Die Modellierung ließ vielmehr erwarten, dass diese mittlerweile bereits in einer Entfernung von ca. 3 km von ihrem Eintragsort nachgewiesenen LCKW-Fahnen bei einem entsprechenden Bewirtschaftungsregime des Wasserwerks (Verhältnis Förderung der Einzelbrunnen zur dortigen Grundwasseranreicherung) noch vor Erreichen der Förderbrunnen zum Stillstand kommen werden. Eine erste, nach Erweiterung des Messnetzes soeben erfolgte Untersuchung scheint diese Annahme zu bestätigen.

Eine endgültige Aussage ist erst von den Ergebnissen des damit begonnenen Monitorings zu erwarten.

Als Ausgangspunkt der die Südgalerie verunreinigenden chlorierten Kohlenwasserstoffe hingegen werden mittlerweile Schadstoffquellen in einem ca. 3 km südöstlich gelegenen Gewerbegebiet vermutet.

2.4.2 Wasserwerk Tiefwerder

Im Jahr 2002 wurden die Brunnen des Wasserwerks Tiefwerder erstmalig auf Methyl-tertiär-Butylether (MTBE) untersucht. In einigen Brunnen der Nordgalerie wurden dabei deutliche Gehalte nachgewiesen.

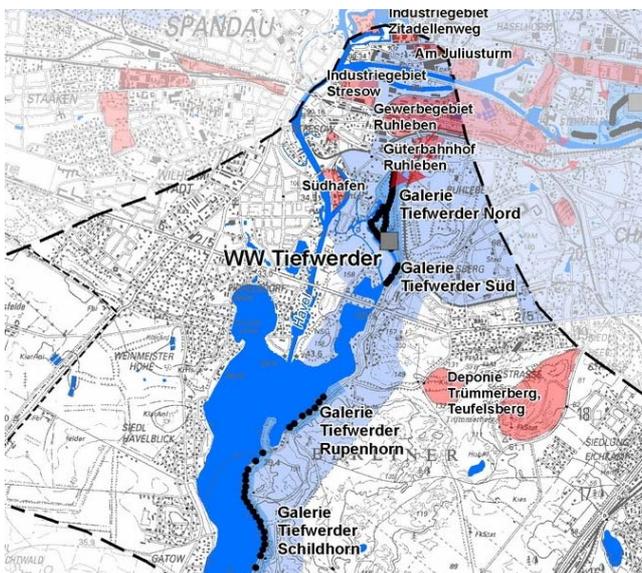


Abbildung 3: Ausschnitt TWSZ und Altlastenflächen (WW Tiefwerder)

Einige Brunnen der Südgalerie des Werkes Spandau wiesen in den letzten Jahren geringe Gehalte an Vinylchlorid (VC) mit leicht steigender Tendenz auf. Da weder im näheren noch im weiteren Umfeld gewerbliche oder industrielle Standorte zu finden waren, fiel der Verdacht zunächst auf ein etwa 5 km entferntes, am westlichen Havelufer gelegenes Gewerbegebiet, in dem z. T. bereits vor Jahren umfänglich saniert worden war. Mithilfe eines Grundwasserströmungsmodells, welches auf dem Bewirtschaftungsmodell für das Wasserwerk Spandau aufbaute, konnte jedoch gezeigt werden, dass die von diesem Gebiet ausgehenden Schadstofffahnen für die in den Brunnen festgestellten VC-Gehalte nicht ursächlich sein können.

Der Verdacht richtete sich zunächst auf den westlich gelegenen Spandauer Südhafen, der seit Jahrzehnten als Standort diverser Tanklager genutzt worden war. Eine Untersuchung zahlreicher Messstellen im Übergangsgebiet zu den Förderbrunnen ergab jedoch keine Auffälligkeiten. Erst auf der Grundlage des Bewirtschaftungsmodells für dieses Wasserwerk durchgeführte Strömungsmodellierungen gaben den entscheidenden Hinweis auf den bevorzugten Anströmsektor und damit auf die in Frage kommenden Verdachtsflächen. Durch die Modellierung konnte zudem festgestellt werden, dass der Schadstoffeintrag bereits in den 80er Jahren eingesetzt haben musste. Die Untersuchung zweier dafür in Frage kommender, jedoch in

Strömungsrichtung hintereinander gelegener Verdachtsflächen gestaltete sich aus unterschiedlichen Gründen als extrem schwierig, so dass sich ein Eintrag von MTBE nur über eine Untersuchung des jeweiligen An- und Abstroms dieser Verdachtsflächen indirekt nachweisen ließ (System Blackbox). Dafür wurden zunächst teufenorientierte Grundwasserproben genommen, in deren Ergebnis anschließend dauerhafte Grundwassermessstellen errichtet und wiederholt beprobt wurden.

Eine weitere teufenorientierte Beprobung des Grundwassers im Übergangsbereich zu den Brunnen der Nordgalerie ergab den lückenlosen Nachweis, dass es sich hierbei um diejenigen MTBE-Fahne(n) handelt, die für die Verunreinigung der Brunnen verantwortlich sind. Nachfolgend wurden dort ebenfalls dauerhafte Messstellen errichtet, um ein regelmäßiges Monitoring durchführen zu können.

In einem weiteren Schritt ist beabsichtigt, nach erfolgter Eingrenzung der Schadensherde zunächst die Sanierung/Sicherung der Schadstoffquelle(n) anzugehen. Sollte die Verunreinigung der Förderbrunnen jedoch zwischenzeitlich ein Ausmaß annehmen, welches einer natürlichen Aufbereitung des Rohwassers entgegensteht, bestünde die Möglichkeit, im Anstrom der Nordgalerie eine Abwehrmaßnahme durchzuführen bzw. das mit MTBE verunreinigte Wasser ausgewählter Förderbrunnen einer geeigneten Reinigungsanlage zuzuleiten. Anschließend stünde das darin gereinigte Rohwasser einer weiteren Aufbereitung zu Trinkwasser zur Verfügung.

2.4.3 Wasserwerk Tegel

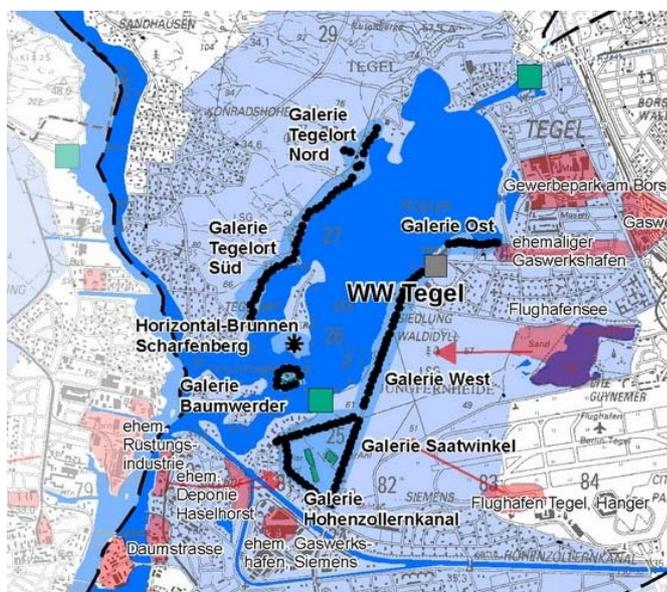


Abbildung 4: Ausschnitt TWSZ und Altlastenflächen (WW Tegel)

Da aufgrund der Lage des Grundstücks unmittelbar am Ufer der Havel aus hydraulischen Gründen eine Dekontamination den Bau zumindest einer temporären Abdichtung gegen eindringendes Wasser erfordert hätte, entschloss man sich, nach Abtrag der verunreinigten, ungesättigten Bodenzone den besagten, tief ins Grundwasser reichenden Schadensherd mittels einer Einphasen-Schlitzwand mit aufgesetztem Asphaltdeckel einzukapseln und ihn damit nachhaltig zu sichern.

Nachsorgend wurden im Grundwasserabstrom diverse Messstellen zur Überwachung des Übergangsbereichs zu den Förderbrunnen der Galerie Hohenzollernkanal errichtet und halbjährlich beprobt.

In der Folge ließ sich zunächst ein deutlicher Rückgang der Arsengehalte im Grundwasser feststellen, der sich jedoch mit zeitlichem und örtlichem Abstand verringerte. Das „Abklingen“ der Arsenfahne wird aufgrund der bereits erwähnten stofflichen Eigenschaften des Arsens noch einige Zeit in Anspruch nehmen.

Kurze Zeit nach Errichtung der Brunnengalerie Hohenzollernkanal des Werkes Tegel zu Beginn der 80er Jahre zeigten sich einige der Brunnen erheblich mit Arsen verunreinigt. Ermittlungen zur Herkunft dieser Verunreinigung führten letztendlich zu einer Chemiefabrik, die im Ergebnis des Versailler Vertrages nach dem Ende des 1. Weltkriegs komplett geschleift worden war. Dieser ehemals unmittelbar am Havelufer gelegene Zulieferbetrieb der Rüstungsproduktion stellte u. a. aus Sulfidzeren nach dem Bleikammerverfahren Schwefelsäure her. Die Rückstände dieses Auslösungsprozesses enthielten u. a. Arsen, das auf einer Fläche von rund 20.000 m² die gesättigte Bodenzone bis in über 20 m Tiefe und auf einer dreimal so großen Fläche allein die ungesättigte Bodenzone erheblich verunreinigt hatte.

2.4.4 Wasserwerk Beelitzhof

Das Werk Beelitzhof ist bislang eines von zwei westlichen Wasserwerken, die (noch) keine durch Altlasten verursachte Schadstoffproblematik aufweisen.



Abbildung 5: Blick auf die Deponie Wannsee

Eine ca. 4 km südwestlich des Wasserwerks auf der Wannseehalbinsel gelegene Altablagerung, mit 52 ha die größte und hinsichtlich ihres Inventars umfassendste Berlins, wurde in den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts eingehend im Hinblick auf ihr Gefährdungspotential untersucht. Im Ergebnis konnte u. a. festgestellt werden, dass ein heute im Grundwasser unterhalb der Ablagerung befindliches Schadstoffteilchen frühestens in über 1.000 Jahren zu den nächstgelegenen Brunnen des Werkes Beelitzhof gelangen könnte.

Gleichwohl gelang es der damaligen Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Anfang 2000, die Berliner Stadtreinigungsbetriebe zu einer nachträglichen Sicherung von Teilbereichen dieser „Deponie Wannsee“ genannten Altablagerung zu veranlassen. Aufgrund der mit den Jahren stetig zunehmenden Wirksamkeit fiel die Wahl eines Sicherungssystems nach Bundes-Bodenschutzgesetz auf eine sogenannte Wasserhaushaltsschicht. Dabei wird oberhalb der Ausgleichsschicht eine 1,5 m mächtige Speicherschicht aus Böden mit hoher Feldkapazität schonend aufgebracht. Eine ca. 30 cm mächtige Versickerungsschicht bildet den Abschluss. Mit Unterstützung der darauf angepflanzten Vegetation soll dieses System dafür sorgen, dass die Grundwasserneubildungsrate mittel- bis langfristig auf i. M. 50 mm/a sinkt (Wert Tegeler Forst).

Die Maßnahme wird im Auftrag der Berliner Stadtreinigungsbetriebe durch ein halbjährliches Monitoring laufend überwacht.

2.5 Fazit

Trotz der genannten Konfliktpotentiale ist der Betrieb der Berliner Wasserwerke – wenn auch in Teilbereichen mit vorübergehenden Einschränkungen – dauerhaft gewährleistet.

Durch ein abgestuftes Bündel von Maßnahmen

- Sofortmaßnahmen zur akuten Gefahrenabwehr einschließlich Abwehrmaßnahmen vor bzw. an den Förderbrunnen
- Erkundung der auf die jeweilige Fördergalerie gerichteten Schadstofffahne(n)
- Sicherungsmaßnahmen im Abstrom des Schadensherdes
- Maßnahmen zur Quellensanierung
- ständige Überwachung der Schadenssituation (Monitoring)
- Wahl eines geeigneten Betriebsregimes des Wasserwerks

wird dafür Sorge getragen, dass die Vorgaben der Trinkwasserverordnung heute und in Zukunft mehr als eingehalten werden und die Qualität des aufbereiteten Trinkwassers weiterhin höchsten Ansprüchen genügt.

Sicherung und Sanierung landeseigener Altablagerungen von Siedlungsabfällen

Dipl.-Geol. Astrid Klose, Berliner Stadtreinigungsbetriebe

Dipl.-Geol. Thomas Dietrich, Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz

1. Konzeption zur Sicherung und Sanierung landeseigener Altablagerungen

Die Hausmüllverbringungsstandorte der Berliner Stadtreinigungsbetriebe (BSR) im Berliner Stadtgebiet unterliegen aufgrund ihres Alters und des Betriebsendes nicht der geltenden Deponierichtlinie, sondern sind als altlastenverdächtige Flächen oder Altlasten nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz zu behandeln.

Zwischen den BSR und der für den Bodenschutz zuständigen Senatsverwaltung wurde 2004 im Rahmen der Zuständigkeitsregelung für die Aufgaben des Bodenschutzes bei Altablagerungen vereinbart, dass alle landeseigenen Hausmüllablagerungen im Berliner Stadtgebiet ordnungsbehördlich in der Zuständigkeit der Senatsverwaltung verbleiben und durch die BSR hinsichtlich der relevanten Wirkungspfade zu bewerten sowie nachsorgend zu sichern, sanieren und überwachen sind.

Für die Umsetzung dieser Vereinbarung zur Sicherung und Sanierung der Berliner Hausmüllablagerungen bedurfte es im weiteren Verlauf des Jahres 2004 der Schaffung verschiedener rechtlicher und fachlicher Rahmenbedingungen.

1. Mit der Änderung des Berliner Betriebegesetzes im September 2004 wurde die Verantwortlichkeit für die bodenschutzrechtlichen Pflichten an Ablagerungen von Berliner Siedlungsabfällen in stillgelegten Abfallbeseitigungsanlagen, die durch das Land Berlin oder im Auftrag des Landes Berlin betrieben worden sind, auf die BSR übertragen.
2. Die gleichzeitige Änderung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes Berlins ermöglicht es den BSR, zukünftig die Aufwendungen für die bodenschutzrechtlichen Pflichten, d.h. Erkundungs- und Sanierungsuntersuchungen sowie Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen über Entgelte zu finanzieren.
3. Mit dem Gesetz zur Änderung zuständigkeits- und verfahrensrechtlicher Vorschriften vom April 2004 ging die bodenschutzrechtliche Zuständigkeit für die ehemaligen Hausmüllablagerungen an die Senatsverwaltung über.
4. In Abstimmung mit den Bezirken, den BSR und der Senatsverwaltung wurden die Standorte ehemaliger Hausmüllablagerungen ermittelt, für die die BSR die nachsorgenden bodenschutzrechtlichen Pflichten zu übernehmen hat.

Insgesamt wurden nach Recherchen und Listenverzeichnissen über Müllabladeplätze der BSR 38 Standorte, die 55 Flächen des Bodenbelastungskatasters im Berliner Stadtgebiet umfassen in einer sogenannten „Konsensliste“ zusammengestellt.

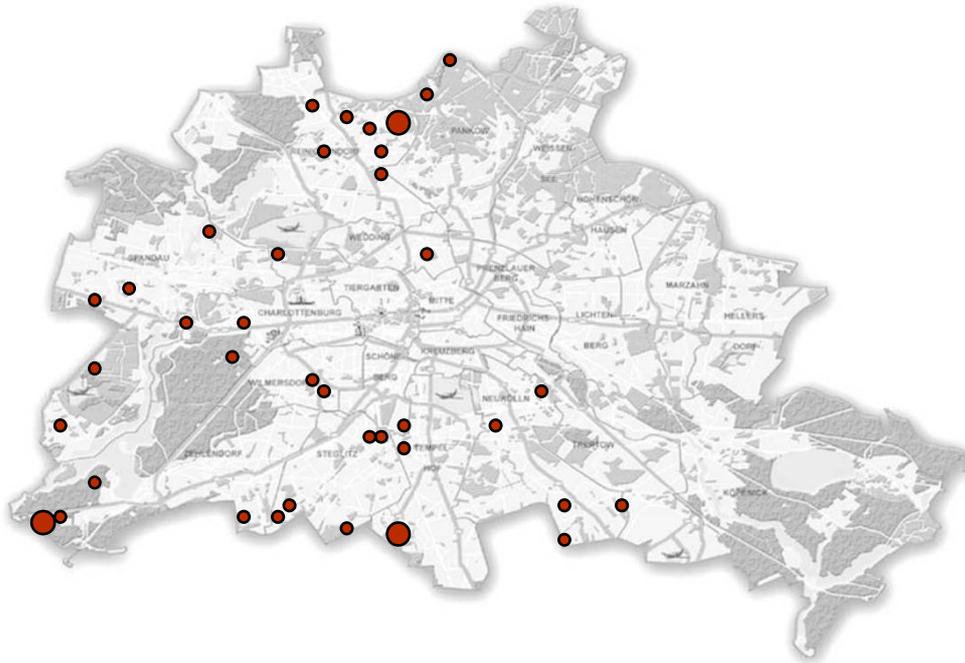
Die Altablagerungen der Konsensliste wurden in zwei Kategorien unterteilt:

- A) **30 Altablagerungen** mit nachweislichem oder wahrscheinlich überwiegendem Hausmüllanteil
- B) **8 Altablagerungen** mit geringem Hausmüllanteil im Verhältnis zum gesamten Abfallvolumen (Trümmerberge).

Die Hausmüllschüttungen an den 38 Altablagerungen im Berliner Stadtgebiet erfolgten von 1948 – 1982 in unterschiedlich langen Zeiträumen und mit unterschiedlichen Schüttungsvolumina. Dabei wurden in der unmittelbaren Nachkriegszeit überwiegend Restlöcher (Kiesgruben), alte Torfstiche und Feuchtgebiete verfüllt. Diese Schüttungen dauerten zum Teil nur wenige Monate je Standort. In den 50er Jahren begann die Anlage

der großen „Mülldeponien“, wie Wannsee, Lübars und Marienfelde als Hochkippen, die bis 1982 betrieben wurden und danach abgedeckt und umgenutzt wurden. Die alten Nachkriegsablagerungen besitzen ein geringes Schüttungsvolumen von 6.000 – 100.000 m³ Hausmüll. Die späteren Hochkippen weisen dagegen Ablagerungsvolumen von 3 – 4 Mio. m³ auf. Mit 11,7 Mio. m³ Abfall ist die „Deponie Wannsee“ die größte Berliner Hausmüllablagerung.

Die Verteilung der 38 Altablagerungen im Berliner Stadtgebiet spiegelt die besondere politische Situation Berlins in der Nachkriegszeit wieder. So liegen 36 Standorte im Gebiet des ehemaligen West-Berlin und lediglich zwei Standorte (Köppchensee und Arkenberge) im ehemaligen Ostteil der Stadt. Hier wurde nach dem 2. Weltkrieg der Ost-Berliner Hausmüll auf Mülldeponien außerhalb des Berliner Stadtgebietes verbracht. Die beiden Standorte in Berlin-Pankow zählen mit Ablagerungsvolumen von je 2 – 3 Mio. m³ ebenfalls zu den großen Berliner Altablagerungen.

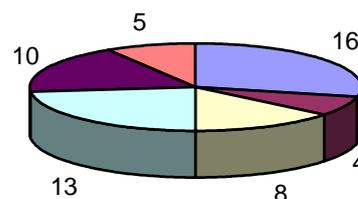


Verteilung der Standorte im Berliner Stadtgebiet

Für die 38 Altablagerungen liegt ein sehr unterschiedlicher Erkenntnisstand vor. Wenige Altablagerungen wurden durch die bezirklichen Umweltämter vor der Zuständigkeitsänderung vorkundnet. Unterlagen über das Abfallinventar, die Schüttungsgrenzen und über die in den 80er Jahren an einigen Altablagerungen installierten Gasabsauganlagen existieren so gut wie nicht.

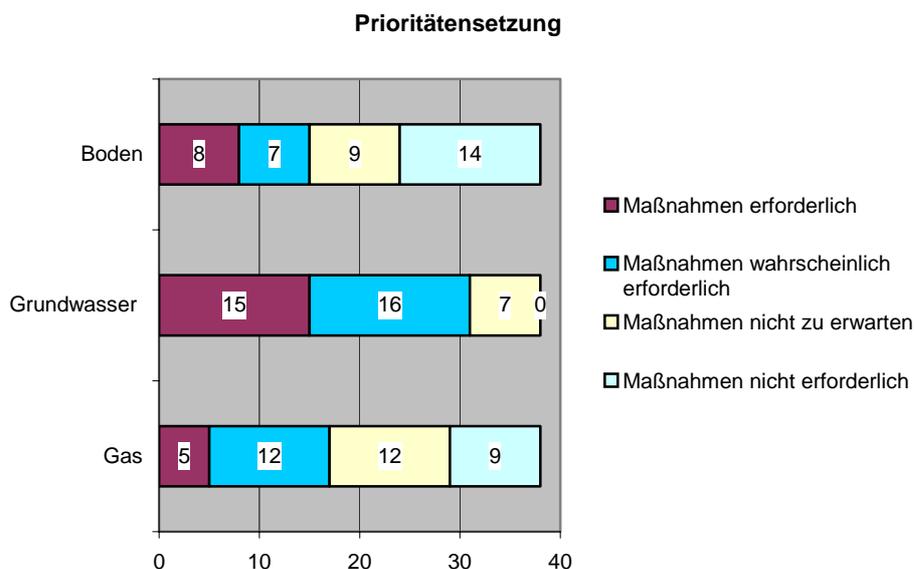
Eine besondere Bedeutung und Schwierigkeit für die Bewertung und Bearbeitung der Altablagerungen stellt die heutige Nachnutzung der Standorte dar. Dabei zeigt sich, dass bis zu 73% der Ablagerungsflächen sensibel durch Kleingärten, Freizeitparks, Sport und Spielanlagen genutzt wird. Bei einigen Standorten werden betroffene Grundstücke anteilig auch durch Wohnbebauung genutzt.

anteilige Flächennutzungen



Eine Erleichterung der ordnungsbehördlichen Tätigkeit im Hinblick auf erforderliche Duldungsverfahren stellt dagegen die Verteilung der Eigentumsverhältnisse dar, die zeigt, dass 27 und somit über 75% der Altablagerungen dem Land Berlin gehören. 4 Altablagerungen befinden sich im privaten Eigentum und die restlichen 8 Altablagerungen befinden sich sowohl im privaten als auch im Besitz des Landes Berlin.

Nach der Aufstellung der Konsensliste erfolgte noch im Jahr 2004 eine erste Prioritätensetzung der Standorte. Diese war erforderlich, da bei der großen Anzahl an Altablagerungen eine gleichzeitige intensive Bearbeitung aller Standorte nicht realisiert werden kann. Die Erarbeitung der Handlungsprioritäten erfolgte unter Zugrundelegung der Wirkungspfade Boden-Mensch (Deponieabdeckung und Nutzung), Boden-Grundwasser und Deponiegas (sonstige Gefahren) und berücksichtigte beide Altablagerungsgruppen (A und B). Die pfadbezogene Prioritätensetzung ergab für den Boden 8 Altablagerungen, für Grundwasser 15 und für Deponiegas 5 Altablagerungen für die Maßnahmen prioritär erforderlich sind.



Der Beginn der Arbeiten in den Jahren 2004 und 2005 konzentrierte sich zunächst auf die Weiterführung laufender Maßnahmen durch die BSR. So erfolgte 2004 die Übernahme der Gassicherungsmaßnahme an der Altablagerung Freizeitpark Marienfelde im Bezirk Tempelhof-Schöneberg durch die Senatsverwaltung. Auf diese Sicherungsmaßnahme soll später detailliert eingegangen werden. 2005 wurde die Weiterführung der Maßnahmen zur Belüftung der Altablagerung Rohrbruchwiesen und der Deponiegasabsaugung an den Altablagerungen Egelpfuhlwiesen und Lübars gegenüber den BSR angeordnet und seitdem durchgeführt.

Zur eigenverantwortlichen Wartung und Regulierung der Anlagen und des Besaugungsregimes wurden die drei Anlagen unentgeltlich in das Eigentum der BSR überführt. Hinzu kam die Instandhaltung und Ergänzung vorhandener Bodenluftmessstellen und deren regelmäßige Beprobung sowie die Durchführung von FID-Messungen zur Überprüfung des Sanierungserfolges. Von Vorteil war die hohe Anzahl vorhandener Grundwassermessstellen aus dem Deponieprogramm der Senatsverwaltung an 32 Altablagerungen der Konsensliste. So waren 359 Grundwassermessstellen vorhanden, deren Überwachung gegenüber den BSR angeordnet wurde und seitdem in angepasster und reduzierter Form jährlich wiederholt wird.

Seither wurden 21 weitere Messstellen zur Optimierung der Grundwasserüberwachung und an neuen Standorten zur Ersterkundung errichtet. Erwähnt sei hier, dass die Grundwasserüberwachung der Deponie Wannsee an die inzwischen erfolgreich abgeschlossene Maßnahme zur Erstellung einer Deponieabdeckung durch eine Wasserhaushaltsschicht gekoppelt ist.



Belüftungsanlage Rohrbruchwiesen

2005 wurde verstärkt mit Maßnahmen zur Erkundung und Bewertung des Gefährdungspotentiales der Altablagerungen begonnen. Zeitgleich erfolgte eine Luftbildauswertung und die Ermittlung der Eigentümer für alle Standorte. Bis heute wurden 13 Standorte hinsichtlich Boden und/oder Deponiegas ersterkundet. An 6 Standorten wurde dabei eine relevante Deponiegasphase festgestellt, die einer weiteren Überwachung bedarf und zum Teil eine Eingrenzung der belasteten Bodenluftbereiche erforderte, die zum Teil bereits umgesetzt wurde. In betroffenen Kleingartenkolonien wurden zudem FID- und Raumluftmessungen durchgeführt.

Die deponiegasführende Altablagerung „Potsdamer Chaussee“ in Berlin-Spandau, in einem Wald gelegen, musste aus Sicherheitsgründen (Aufgrabungen durch spielende Kinder) eingezäunt werden. 2006 wurde die Bodensanierung von 23 Parzellen einer Kleingartenanlage auf der Altablagerung „Rohrbruchwiesen“ abgeschlossen



Detailerkundung der Kleingartenkolonie „Sachtlebenstraße“ in Zehlendorf

2007/2008 wurden die Feldarbeiten zur Sanierungsuntersuchung im Bereich der Altablagerung „Sachtlebenstr.“ in Berlin Zehlendorf-Steglitz ausgeführt. Für insgesamt 20 Parzellen einer Kleingartenkolonie bestand nach früheren Untersuchungen des Umweltamtes ein Sanierungsbedarf des Oberbodens. Die neuen Untersuchungen nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) sollen den Sanierungsbedarf konkretisieren und berücksichtigen dabei die Untersuchung der Bodenluft. Dabei wurden zunächst in einer Detailerkundung die Ablagerungsgrenzen ermittelt und auf allen Parzellen der Kleingartenkolonie, die sich auf der Altablagerung befinden, eine detaillierte Oberbodenuntersuchung durchgeführt. 2008 ist zudem die Durchführung eines Gasabsaugversuches an der „Deponie Lübars“ geplant.

Ähnlich wie bei der Deponie Marienfelde sind dem alten, oberflächennahen Absaugsystem durch Gasglocken Grenzen gesetzt. Der oberflächennahe Methangasgehalt nimmt ab und dadurch auch die Effizienz der Fackel. Die Ergebnisse des Absaugversuches sollen Aufschluss über die Methangasproduktion in tieferen Deponieebenen liefern, um andere Besaugungsvarianten zu überprüfen, die eine dauerhafte Stabilisierung der Deponie ermöglichen.

Für alle Berliner Hausmüllablagerungen mit bestehenden Deponiegasphasen oder Deponiegasrestphasen werden dabei zukünftig innovative Formen der Schwachgasbehandlung eine besondere Bedeutung erhalten.

Ordnungsbehördliches Ziel bei der Bearbeitung der Berliner Hausmüllablagerungen ist es, alle Standorte in den nächsten 15 Jahren nachhaltig zu sichern oder zu sanieren.

2. Sanierung einer Kleingartenkolonie durch Bodenaustausch

Vorgeschichte

Zwischen 1949 und 1958 wurden auf der Deponie Rohrbruchwiesen auf einer Fläche von 34 ha ca. 1,5 Mio. m³ Hausmüll und Schlacke abgelagert. Dabei wurde ein tiefer liegendes Sumpfgelände mit den Siedlungsabfällen bis zur Geländeoberkante (GOK) des umliegenden Geländes aufgefüllt. Im Allgemeinen wurde nach dem damaligen Stand der Technik und der Rechtslage für die Abdeckung Mutterboden verwendet, allerdings wurden auch Teilflächen mit Baggerschlamm aus dem angrenzenden Spreekanal abgedeckt. Nach Beendigung der Ablagerungsarbeiten entstanden drei Kleingartenkolonien auf der ehemaligen Deponie. Das Bezirksamt Spandau beauftragte 1997 orientierende Bodenuntersuchungen, aus denen Handlungsempfehlungen bzw. Nutzungseinschränkungen an die Kleingärtner resultierten. Das ursprünglich zur Abdeckung verwendete Material sowie dessen Mächtigkeit entsprachen nicht mehr den Anforderungen der aktuell gültigen Rechtslage. Gesundheitsrisiken bei voller Nutzung der Gärten konnten nicht ausgeschlossen werden. Für 23 Parzellen wurde auf Grund hoher Oberbodenbelastungen ein Sanierungsbedarf festgestellt. Eine Sanierung der landeseigenen Parzellen stand jedoch bislang aus.

Neben den Bodenbelastungen stellte Deponiegas in zwei der drei Kleingartenkolonien ein weiteres Gefährdungspotenzial dar, woraufhin die zuständige Behörde im Jahr 2001 eine Belüftungsanlage bauen ließ. Eine Besaugung der Fläche war wegen der hohen Grundwasserstände nicht möglich.

Mit der Übernahme der Verantwortlichkeit für bodenschutzrechtliche Pflichten aus Altablagerungen durch die BSR hat die Senatsverwaltung eine Oberbodensanierung der 23 Parzellen angeordnet. Im Winter 2005/06 sanierte die BSR die Teilfläche der Kleingartenanlage mit besonders hoher Schadstoffbelastung (v.a. Blei und PAK). Dafür wurde der Boden der 23 zu sanierenden Parzellen bis zu einer Tiefe von 0,6 m unter GOK ausgetauscht. Bestehende Gebäude (Lauben) und Terrassenanlagen, die in Verbindung mit der Bebauung standen, blieben erhalten. Einbauten wie z.B. Abwassergruben, tief liegende feste Teiche etc. sollten nach Möglichkeit ebenfalls erhalten bleiben. Für jede einzelne Parzelle haben die Projektleiter der BSR in Abstimmung mit allen Beteiligten detaillierte Bestands- und Sanierungspläne erarbeitet. Die BSR als Sanierungsbeauftragte betraute die ICU Partner Ingenieure mit der örtlichen Bauüberwachung und die Fa. RWG1 GmbH mit der baulichen Durchführung der Sanierungsmaßnahme.

Bild aus lizenzrechtlichen Gründen entfernt

Grundlage für die Bewertung der Bodenqualität in den Parzellen stellten verschiedene Gutachten aus den Jahren 1999 bis 2002 dar, die vom Bezirksamt Spandau in Auftrag gegeben wurden. Darin wurde für die Bewertung der Bodenbelastungen zunächst die Berliner Liste von 1996 herangezogen („Bewertungskriterien für die Beurteilung stofflicher Belastungen von Böden und Grundwasser in Berlin“). Nach Inkraft-Treten der BBodSchV (1999) wurde auf Grundlage der aktuellen Gesetzgebung nachuntersucht.

Die Maßnahme zum Bodenaustausch begann im Dezember 2005 mit der Öffnung der Zäune sowie der Rodung und Beräumung der Grundstücke. Anschließend wurde in separaten Schritten sowohl der Oberboden abgetragen als auch der Altabfall bis auf eine grundstücksbezogene Tiefe von

Luftbild der Sanierungsarbeiten in der Kleingartenanlage Rohrbruchwiesen III. (©2005 Google)

0,6 m unter GOK ausgehoben. Nach der flächigen Verlegung eines Trennvlieses (Material PP / 110 g/m²) als Grabsperre erfolgte zunächst der Aufbau einer 0,3 m mächtigen, schluffigen Sandschicht (Z 0 nach LAGA). Darauf wurden abschließend 0,3 m eines natürlich gewachsenen Oberbodens (Z 0 nach LAGA) aufgebracht. Die Auseinandersetzung darüber, ob als Oberboden auch ein synthetisch aus Grubensand und Reifekompost hergestelltes Material verwendet werden kann, wurde von Seiten der BSR und der Senatsverwaltung einstim-

mig zugunsten des natürlich gewachsenen Bodens entschieden. Wegen des überdurchschnittlich harten Winters und des lang andauernden Bodenfrostes konnte der ursprünglich vorgesehene Fertigstellungstermin Ende März nicht eingehalten werden. Schließlich fand die Übergabe der Gärten – aufgeteilt in drei Bauabschnitte – an die Pächter zwischen Mitte April und Ende Mai 2006 statt.

Der Bodenaufbau in den zu sanierenden Kleingärten umfasste in der Regel eine geringmächtige Schicht (5 bis 30 cm) eines braunen Oberbodens, der bereits mit Hausmüllbestandteilen (Glas und Steinen) durchsetzt war. Darunter schloss sich umgehend der Deponiekörper aus Altabfall an, der überwiegend rötlich-braune, feinkörnige Bestandteile (Färbung durch Hausbrandasche) aufwies und ebenfalls mit nicht zersetzbaren Abfällen (wie z.B. Flaschen, Porzellan etc.) durchmengt war.

Bei Auskofferungen für den Einbau von Abwassersammelbehältern wurde stellenweise ein auffällig riechendes (typischer MKW-Geruch), schwarzes Material angetroffen (s. Foto). Nach Vorliegen der Analytikergebnisse (keine auffällige Schadstoffbelastung) und geologischer Begutachtung stellte sich heraus, dass es sich dabei um Mudde handelte, ein natürliches – und für die Region Berlin typisches – Umsetzungsprodukt von Mooren.



Baggerschurf in einer Kleingartenparzelle. Oberflächennah sind für die Ablagerung typische bräunliche Abfallschichten zu erkennen, darunter in geringer Tiefe (< 1 m u. GOK) dunkelbraune bis schwarze Lagen eines auffällig riechenden Materials – wie sich herausstellt ein natürliches Umsetzungsprodukt namens ‚Mudde‘, welches anaerob aus organischer Substanz im Bereich von Mooren entstanden ist.

Die Belastung des entnommenen Altabfalls

Der Oberboden sowie der darunter deponierte Altabfall wurden getrennt aufgenommen, in separaten Haufwerken gelagert (max. 500 m³), beprobt und analysiert. Die nach den Altgutachten erwarteten Belastungen des Bodens lagen vor allem bei Schwermetallen (Blei, Cadmium, Kupfer, Quecksilber und Zink) und PAK (hier vor allem Benzo(a)pyren). Die an den Haufwerksproben für die Entsorgung des Materials durchgeführte Analytik erbrachte für den Oberboden maximal LAGA-Zuordnungswerte der Kategorie Z 2. Vor allem zeigten die Parameter Blei, Kupfer und Zink erhöhte Konzentrationen. Bedingt durch hohe Sulfat- und stellenweise hohe PAK-Gehalte wurde der Altabfall oberhalb der LAGA-Kategorie Z 2 eingestuft und deshalb als ‚Abfall zur Beseitigung‘ fachgerecht entsorgt.



Kleingartenanlage nach der erfolgreichen Sanierung mit Bodenaustausch der oberen 0,6 m.

Fazit

Die Sanierungsmaßnahme hat die Voraussetzung dafür geschaffen, dass in den betroffenen 23 Kleingarten-Parzellen die bis dahin geltenden Nutzungseinschränkungen von der Senatsverwaltung aufgehoben werden konnten. Seit dem besteht dort wieder die Möglichkeit, Obst und Gemüse für den Verzehr anzubauen. Nach BBodSchV kann auf dem sanierten Gelände kein Gefährdungspotenzial für die Wirkungspfade Boden – Mensch und Boden – Nutzpflanze mehr festgestellt werden.

3. Gastechnische Sicherung des Freizeitparks Marienfelde (Errichtung einer Gasfassungsanlage und einer Gasbehandlung)

Vorgeschichte

Die Altablagerung Marienfelde im Süden von Berlin wurde von 1950 bis 1981 als Haumülldeponie betrieben. Auf der 37 ha großen Fläche wurden ca. 4,4 Mio. m³ verdichtete Abfälle abgelagert (89 % Hausmüll, 9,9 % Bodenaushub und Bauschutt, 0,9 % Schlacken und 0,2 % Sonderabfälle). Der höchste Punkt der Haldendeponie befindet sich ca. 30 m über der durchschnittlichen Geländeoberfläche der Umgebung. Die Umgestaltung zu einem Freizeitpark erfolgte zwischen 1979 und 1989. Später wurden Ballsportfelder und eine Skaterbahn ergänzt.



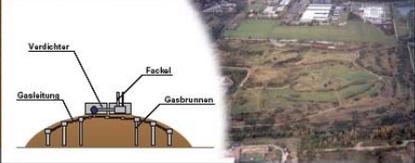
Blick in westliche Richtung auf den Freizeitpark Marienfelde. Ungefähr in der Mitte des Bildes am höchsten Punkt der Ablagerung ist die von den BSR neu errichtete Fackelanlage zu erkennen. Am rechten Bildrand im Norden des Parks befinden sich die Sportplätze und die Skaterbahn.

Bereits von 1984 bis 1997 hat eine in der Nähe angesiedelte Fabrik eine aktive Gasabsaugung und -verwertung mit einer Gasmenge von ca. 20 - 25 Mio. m³ betrieben. Mit Einstellung der Nutzung verblieben ca. 70 Gaskollektoren als Betonhalbschalen und die horizontalen Gasleitungen zu den Gassammelschächten im Deponiekörper. Die Sammelschächte selbst wurden zurückgebaut. Das weiterhin entstehende Deponiegas trat in der Folge unkontrolliert an der Oberfläche aus. Als sich im Februar 2001 eine Verpuffung an einem Entwässerungsschacht ereignete – vermutlich ausgelöst durch Zündeln –, wurde der Park vorsorglich für die Öffentlichkeit gesperrt. Angesichts der entstandenen Gefährdungssituation sollte eine gastechnische Sicherung der Altablagerung erfolgen.

Die Maßnahme

Im Vorgriff auf eine gesetzliche Regelung zu den Berliner Altablagerungen übernahm die Berliner Stadtreinigung (BSR) die Verantwortung für die bodenschutzrechtlichen Pflichten. Auf der Basis eines öffentlich-rechtlichen Vertrages hat die BSR im Winter 2004/05 ein neues Gassicherungssystem errichtet. Anstelle der früheren Gasbrunnen aus halbkugelförmigen Betonschalen wurden 16 neue Vertikalbrunnen abgeteuft. Um das Erscheinungsbild des Freizeitparks nicht zu beeinträchtigen und um Vandalismus vorzubeugen sind alle Anlagenteile der Gasfassung (Brunnenstuben, Kondensatabscheider etc.) unterirdisch angelegt. Lediglich die Gasstation mit den Unterdruck produzierenden Verdichtern und die Fackeln zur Verbrennung des Gases sind sichtbar. Da eine Nutzung des in seiner Methankonzentration abnehmenden Deponiegases nicht mehr geboten war, wurde eine thermische Gasbehandlungsanlage gebaut. Ab dem Zeitpunkt, an dem eine Brennbarkeit des Gases nicht mehr gegeben sein wird, soll durch gezielte Übersaugung – und damit Lufteintritt in den Ablagerungskörper über die Oberfläche – eine Aerobisierung der noch nicht umgesetzten Inhaltsstoffe der alten Deponie erreicht werden.

**Ein Projekt der BSR:
Deponiegasfassung im Freizeitpark
Marienfelde**



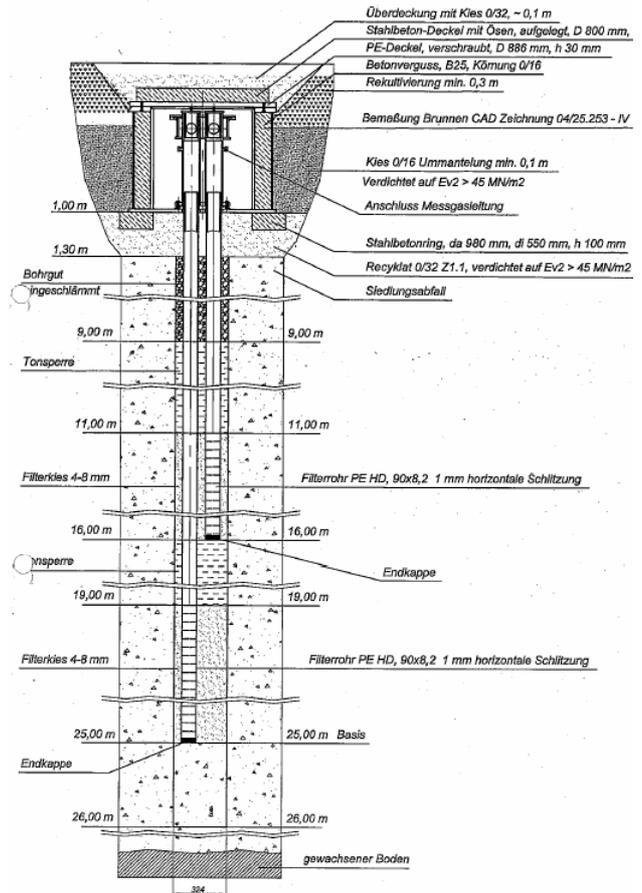

Eigentümer des Grundstückes und Hausherr	Land Berlin Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Tempelhofer Damm 105 10620 Berlin	Tel. (030) 75 60 3801	Bauplatz: Oktober 2004 bis Juli 2005 Errichtung neuer Gasbrunnen, Fackelungen und Gasabgasstation mit Fackel, dreimonatiger Nachweis der Gasfreiheit an der Oberfläche, Parkfreigeabe für die Öffentlichkeit
Bauherr und Betreiber der Gasanlage	Berliner Stadtreinigungsbetrieb und -betriebe Friedrichstraße 106, 10245 Berlin	Tel. (030) 75 92 5 138	Dauer der Gesamtmaßnahme: Gasförderung von brennbarem Gas voraussichtlich 6-8 Jahre, dann einige Jahre Übersaugung mit dreifacher Saugleistung
Zuständige Ordnungsbehörde	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Inselstr. 10, 10719 Berlin	Tel. (030) 90 25 2550	Historie: 1950 - 1981 wurden von den BSR ca. 4,4 Mio. m ³ Berliner Hausmüll auf der Deponie Materialdeponie abgelagert. 1979 - 1989 erfolgte die Umgestaltung zum Freizeitpark. 1984 - 1997 wurde von einem nahen Industriebetrieb eine Gasabgasanlage betrieben und das Deponiegas genutzt.
Baubearbeitung und örtliche Bauüberwachung	ICU Partner Ingenieure Weinstraße 21, 10715 Berlin	Tel. (030) 8 57 33 40-0	Als das Gaspotential zurückging, wurde die Nutzung eingestellt und Anlagenteile zurückgebaut. Das Deponiegas bildet eine Gefahr für die Nutzer des Parks, wenn es über die Oberfläche nach außen tritt.
Baulitung	iva GmbH für Managementberatung Kollwitzstraße 4, 10777 Berlin	Tel. (030) 65 76 3020	Verfahrensbeschreibung: Das in der ehemaligen Hausmülldeponie enthaltene Biogas wird im Inneren des Berges unter Luftabsaugung durch Bohrungen abgeleitet (Vergärung). Dabei entsteht Methan, das klimaschädigend und explosiv ist. Dieses wird abgesaugt und durch Verbrennen in einer Fackel unschädlich gemacht. Wenn die Gasproduktion weiter zurückgeht, wird über die Oberfläche Luftsaugstoff in den Berg gesaugt. Andere Bohrungen bauen dann das methanische Biogas ab (Compostierung). Statt Methan entsteht dabei Kohlendioxid. Am Ende ist alles Biogas aufgebräutet und die Altablagerung ist gastechnisch stabilisiert.
Ausführungsplanung und Bauausführung	A3 Abfall-Abwasser-Anlagentechnik Kollwitzstraße 4, 10777 Berlin	Tel. (030) 3 15 62-3	

Bauschild der Gastechnischen Sicherungsmaßnahme Marienfelde. Neben der Nennung der Projekt-Partner werden grob die Historie der Altablagerung und der Hintergrund des Verfahrens erläutert.

Für die Planung der gastechnischen Sicherung standen der BSR sowie dem beauftragten Ingenieurbüro ICU (Ingenieurconsulting Umwelt und Bau, Berlin) nur rudimentäre Unterlagen, insbesondere hinsichtlich der Verfüllgeschichte sowie des vorhandenen Gaskollektorensystems zur Verfügung. Weder belastbare technische Planungsunterlagen noch Vermessungspläne existierten. Ungeachtet dessen wurden verfügbare Unterlagen ausgewertet und nach einer qualitativen historischen Rekonstruktion eine Abschätzung der zu erwartenden Deponiegassituation sowie der mittel- bis langfristigen Deponiegasentwicklung vorgenommen. Demnach sind die ältesten und volumenmäßig größten Ablagerungen von Siedlungsabfällen im südlichen Teil der Deponie zu finden. Die zentrale Deponiefläche wurde in den 60er und 70er Jahren verfüllt. Zuletzt wurde im äußersten Norden und Osten deponiert. Nach Abschluss der Verfüllung wurde die Deponie mit bindigem Material in unterschiedlicher Mächtigkeit (0,2 bis 2,0 m) abgedeckt.

Abschätzungen des theoretischen Deponiegaspotenzials der Altablagerung Marienfelde aus den 1980er Jahren prognostizierten für das Jahr 2000 noch eine Gasmenge von etwa 5,5 Mio. m³/a. Wenngleich diese Prognosemengen eher eine überdurchschnittliche Gasproduktion wiedergaben und nach neueren Prognose-Modellen geringere Werte zu erwarten waren – ca. die Hälfte davon –, so wird ersichtlich, dass auch mittelfristig – in den nächsten 20 bis 30 Jahren – noch mit erheblichen jährlichen Gasmengen zu rechnen ist. Die Deponie befindet sich vermutlich in der ausklingenden anaeroben Langzeitphase.

Zur Umsetzung der Maßnahme sollte zunächst auf Teilen der Deponie (im Süden und Süd-Westen), auf denen bei Gasemissionsmessungen zielwertüberschreitende Oberflächenemissionen festgestellt wurden, ein neues Gasfassungssystem errichtet werden. Dafür wurden auf 11 ha Fläche 16 Vertikalbrunnen abgeteuft sowie Gassammelleitungen verlegt und Kondensatabscheider und Sammelschächte ausgebaut. Weiterhin wurde eine Verdichter- und Gasbehandlungsstation mit zwei Fackeln am Top der Deponie errichtet.



Bohrprofil eines Vertikalbrunnens mit allen Ausbaudaten.

Die installierten Gasfassungselemente sollten so aufgebaut werden, dass ggf. eine Erweiterung des Systems möglich ist.

Definiertes Ziel der Maßnahme war und ist es, zu jedem Zeitpunkt eine Methangasrestemission von weniger als 3,0 Vol.-% an der Deponieoberfläche zu gewährleisten.

Nachdem die BSR die Methanfreiheit an der Deponieoberfläche über einen bestimmten Zeitraum nachweisen konnte, wurde der Freizeitpark im August 2005 wieder für die Öffentlichkeit freigegeben.



Blick auf die Verdichter- und Gasbehandlungsstation mit zwei Fackeln am Top der Altablagerung Marienfelde.

Teilnehmerverzeichnis

	K.-L.	Adam	Kobert & Partner GmbH	Berlin
Dr.	Rolf	Adam	IMA Umwelttechnik GmbH & Co. KG	Neu-Isenburg
	Angela	Ahrens	Bezirksamt Treptow-Köpenick	Berlin
	Manuel	Allinger	Student	Berlin
	Hartwig	Arends	PRO UMWELT & Partner GbR	Brandenburg / Havel
Dr.	Roland	Arnz	Tauw GmbH	Berlin
	Rafaela	Baese	DMT GmbH & Co. KG	Berlin
	Hendrik	Bartelt	SBU Schwedt GmbH	Schwedt
Dr.	Andreas	Bartetzko	Umwelttechnik Dr. Bartetzko GmbH	Berlin
	Karsten	Baumann	Bohrlochmessung-Storkow GmbH	Storkow
	Elke	Becker	IUP. Ingenieure GmbH	Berlin
Dr.	Wolfgang	Berger	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung	Berlin
	Ulf	Berger	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
	Axel	Bernstorff	Harbauer GmbH	Berlin
	Claudia	Blach-Radau	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
	Carola	Blankenburg	ISAC GmbH	Neuenhagen
	Edgar	Boeckmann	HGN Hydrogeologie GmbH	Wittstock
	Andrea	Bonner	Berufsgenossenschaft Bau Prävention	Karlsruhe
	Doreen	Brandt	Bilfinger Berger Umweltsanierung GmbH	Mannheim
	Wolfgang	Bredenhöft	iwb Ingenieurgesellschaft mbH	Hamburg
	Martin	Burger	UVE GmbH für Managementberatung	Berlin
Dr.	Jens	Burgschweiger	BWB Berliner Wasserbetriebe	Berlin
	Ralf	Buschalsky	DMT GmbH & Co. KG	Berlin
	Eberhard	Casals	URS Deutschland GmbH	Berlin
	Gerhard	Cornelsen	Büro für Altlastensanierung	Kleinmachnow
	Martin	Cornelsen	Cornelsen Umwelttechnologie GmbH	Essen
	Erich	Dieckhoff	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
	Kai	Diesner	Tauw GmbH	Berlin
	Thomas	Dietrich	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
	Christoph	Dittmar	Züblin Umwelttechnik GmbH	Berlin
	Alexander	Doering	Ingenieurbüro Doering GmbH	Berlin
	Ute	Dorgerloh	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung	Berlin
Dr.	Matthias	Dörr	Horn & Müller Ingenieurgesellschaft mbH	Berlin
	Steffen	Dose	GAA Gesellschaft für Abfallwirtschaft und Altlasten MV mbH	Schwerin
	Christian	Dumsch	Protekum-Umweltinstitut GmbH	Oranienburg
	Dirk	Dunkel	Philipp Dunkel KG	Velten
	Thomas	Dunkel	Philipp Dunkel KG	Velten
	Wolfgang	Eble	Harbauer GmbH	Berlin
Dr.	Ingo	Ebner	Protekum-Umweltinstitut GmbH	Oranienburg
Dr.	Christiane	Ehrig	Bezirksamt Steglitz-Zehlendorf Umweltamt	Berlin
	Roland	Einmold	GESA mbH	Berlin
	Tina	Ender	AZBA Analytisches Zentrum Berlin-Adlershof GmbH	Berlin
Dr.	Frank Ingolf	Engelmann	Sensatec GmbH Berlin Brandenburg	Fehrbellin
	Ute	Ennschat	Köster Umwelttechnik GmbH	Berlin
	Hans-Günther	Fach	TVF Altwert GmbH	Berlin
Dr.	Andreas	Faensen-Thiebes	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
	Jens	Fahl	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie	Dresden
	Matthias	Failing	GSU GmbH	Berlin
	Jörg	Farin	Alenco Environmental Consult GmbH	Berlin
	Aron	Farr	BHR Ingenieur GmbH	Berlin
	Andreas	Feige-Munzig	Berufsgenossenschaft Bau Prävention	München
	Dirk	Fennekoldt	U&B Wöltjen GmbH	Nienburg
	Ulrich	Findeisen	Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft	Berlin
	Claudia	Förster	GESA mbH	Berlin
	Martina	Freier	Büro für Umweltplanung	Berlin
	Jörg	Freigang	Jörg Freigang, Diplom-Geologe	Berlin
	Beate	Freitag	Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH	Berlin
Dr.	Dirk	Friebertshäuser	Landplus GmbH	Berlin
	Birgit	Fritz-Taute	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
	Bernd	Früchel	Stadt Osnabrück	Osnabrück
	Manfred	Funk	Z-Design	Owiningen

	Marina	Garbusowa	DB Netz AG	Berlin
	Manfred	Garrels	Bilfinger Berger Entsorgung Ost	Deutzen
	Bernd	Garz	CDM Consult GmbH	Berlin
	Martin	Gaus	CDM Consult GmbH	Alsbach
Dr.	Klaus-Jürgen	Gensch	ACOS GmbH	Berlin
	Sabine	Gier	ITVA Berlin	Berlin
	Karsten	Goldbach	UCL Umwelt Control Labor	Edemissen
	Jeanette	Goldbeck	Bohrlochmessung-Storkow GmbH	Storkow
Dr.	Michael	Goschin	BEGA.tec	Berlin
	Claudia	Grenzel	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	Bonn
	Ralf	Grenzius	Bezirksamt Mitte	Berlin
	Bernd	Grützmann	IUP. Ingenieure GmbH	Berlin
	Christel	Gudzuhn	Landesamt für Gesundheit und Soziales	Berlin
	Helmut	Günther	Züblin Umwelttechnik GmbH	Berlin
	Lutz	Hadinek	Labor für Chemie und Umwelt GmbH	Pinnow
Dr.	Sabine	Hahn	Landesumweltamt Brandenburg	Potsdam
	Kerstin	Hähnel	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
	Birgit	Haink	C&E Consulting und Engineering GmbH	Berlin
Dr.	Thilo	Hauck	GAB Gesellschaft zur Altlastensanierung in Bayern mbH	München
Dr.	Jörg	Haufe	GLU Gesellschaft für Lebensmittel- und Umweltconsulting	Neuenhagen
	Wofgang	Heidel	PWT Wasser und Abwassertechnik GmbH	Schkeuditz
	Anne	Helbich	Vattenfall Europe Berlin	Berlin
	Tassilo	Henniger	Wasser- und Schifffahrtsamt Berlin	Berlin
	Bernd	Hentschel	BGC Boden- und Grundwasserconsulting GmbH	Berlin
	Michael	Hermann	IUP. Ingenieure GmbH	Berlin
	Heike	Herzog	Bezirksamt Friedrichshain-Kreuzberg	Berlin
	Jürgen	Hilbers	Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Hamburg	Hamburg
	Sabine	Hilbert	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
	Udo	Hilscher	Enterprise BauTechnikUmwelt GmbH	Berlin
Dr.	Ernst-Werner	Hoffmann	Altlastensanierungs- und Altlastenaufbereitungsverband NRW	Hattingen
	Peter	Högg	Züblin Umwelttechnik GmbH	Stuttgart
	Dietrich	Homann	pigadi GmbH	Berlin
	Peter	Hopp	BWB Berliner Wasserbetriebe	Berlin
Dr.	Barbara	Hoppe	Berlin-Chemie AG	Berlin
	Carsten	Horeis	URS Deutschland GmbH	Berlin
	Ulrike	Hörmann	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
Dr.	Andreas	Horn	Horn & Müller Ingenieurgesellschaft mbH	Berlin
	Thomas	Horn	V3A-Horn & Kanthek GbR	Berlin
	Bernhard	Hühn	Bezirksamt Mitte	Berlin
	Michael	Jädicke	TVF Altwert GmbH	Berlin
	Stefan	Jakoby	GESA mbH	Berlin
	Katharina	Jankowicz	Tauw GmbH	Berlin
	Christian	Jas	GWAC mbH	Berlin
	Karl-Dieter	Jelken	Jelabau Bauunternehmen GmbH	Bremen
Dr.	Elena	Jirón	AZBA Analytisches Zentrum Berlin-Adlershof GmbH	Berlin
	Maren	Junghans	Argus GmbH	Berlin
	Volker	Jungk	Arcadis Consult GmbH	Potsdam
	Barbara	Kabardin	Umweltbundesamt	Dessau-Rosslau
	Nils	Kade	Dr. Klaus Möller GmbH	Berlin
	Irmgard	Kalben, von	Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg	Hamburg
	Jens	Kamischke	Landplus GmbH	Berlin
	Pirko	Karl	Berliner Stadtreinigung	Berlin
	Gerhard	Kastner	HGN Hydrogeologie GmbH	Hennigsdorf
Dr.	Matthis	Kayser	C&E Consulting und Engineering GmbH	Berlin
Dr.	Martin	Keil	Landesamt für Altlastenfreistellung des Landes Sachsen-Anhalt	Magdeburg
	Petra	Kelm	Bezirksamt Spandau	Berlin
Dr.	Michael	Kiel	ACOS GmbH	Berlin
	Hans-Joachim	Kilian	Siemens AG	Berlin
	Thomas	Klemstein	Louis Lohde GmbH Wasserversorgung	Berlin
	Astrid	Klose	BSR Berliner Stadtreinigungsbetriebe	Berlin
	Tim	Kneib	Kneib Geoservices GmbH	Berlin
	Rüdiger	Kobert	Kobert & Partner GmbH	Berlin
Dr.	Joachim	Köhrich	Hafemeister Erd- und Tiefbau GmbH	Berlin
Dr.	Klaus	Konertz	Umtec Prof. Biener/Sasse/Konertz	Bremen

	Carsten	Kopprasch	ISAC GmbH	Neuenhagen
	Lothar	Kratt	Harbauer GmbH	Berlin
	Thomas	Krause	BWB Berliner Wasserbetriebe	Berlin
	Simone	Krause	Wessling Gruppe	Berlin
Dr.	Rolf	Kreimeyer	GESA mbH	Berlin
	Andreas	Krellmann	C-W-H GmbH	Dresden
Dr.	Klaus	Kretschmer	DELTA Engineering & Chemistry GmbH	Berlin
Dr.	Andreas	Kucht	GESA mbH	Berlin
	Jan	Kudobe	MEAB mbH	Potsdam
Dr.	Stefan	Kühn	Struppe & Dr. Kühn Umweltberatung GbR	Berlin
	Hans-Hermann	Kuhnert	Vattenfall / Immobilienverwaltung	Berlin
	Petra	Laußat	Sachverständigenbüro Dr. Neuling	Berlin
	Carsten	Lehmann	Fugro Consult GmbH	Berlin
	Volkmar	Lidzba	Bezirksamt Marzahn-Hellersdorf	Berlin
	Jörg	Liebelt	M&S Umweltprojekt GmbH	Dresden
	Alexander	Limberg	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
	Jürgen	Linkowitz	Gebr. Kemmer GmbH	Berlin
	Kai	Löffler	M&S Umweltprojekt GmbH	Bernau
	Christoph	Lohe	C&E Consulting und Engineering GmbH	Berlin
	Bernhard	Lorenz	Büro für Geophysik Lorenz	Berlin
Dr.	Reinhard	Lüdersdorf	AMMON Dr. Reinhard Lüdersdorf	Berlin
	Thomas	Lüneburg	iwb Ingenieurgesellschaft mbH	Braunschweig
Dr.	Carola	Lünser	Dr. Lünser Consulting	Berlin
	Axel	Lutz	Tauw GmbH	Berlin
	Fritjof	Lützen	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung	Berlin
	Peter	Maaß	Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH	Markkleeberg
	Wolfgang	Marbach	Remex Mineralstoff GmbH	Düsseldorf
	Iris	Marenz	Landkreis Märkisch-Oderland	Seelow
	Jörg	Marquardt	BWB Berliner Wasserbetriebe	Berlin
	Bernd	Marquardt	iwb Ingenieurgesellschaft mbH	Berlin
Dr.	Christiane	Martens	Bezirksamt Pankow	Berlin
	Harry	Memmer	GWAC mbH	Berlin
	Uwe	Menschner	Uwe Menschner Umweltservice	Berlin
	Stefan	Metz	Köster Umwelttechnik GmbH	Berlin
	Anette	Metzger	BWB Berliner Wasserbetriebe	Berlin
Dr.	Ines	Metzner	HPC Harress Pickel Consult AG NL Frankfurt	Kriftel/Ts.
	Johannes	Meyer	Deutsche Bahn AG	Berlin
Dr.	Ulrike	Meyer	Umweltkonzept Dr. Meyer	Berlin
	Cordula	Mientus	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung	Berlin
Dr.	Ben	Miles	Tauw GmbH	Berlin
Dr.	Klaus	Möller	Dr. Klaus Möller GmbH	Berlin
Dr.	Anna	Moschick	UDM	Berlin
	Hans-Ullrich	Müller	ACOS GmbH	Berlin
Dr.	Klaus	Müller	Altlastensanierung Dr. Klaus Müller	Berlin
Dr.	Volkmar	Müller	AZBA Analytisches Zentrum Berlin-Adlershof GmbH	Berlin
Dr.	Ute	Müller	Bezirksamt Neukölln	Berlin
	Michael	Müller	Büro für Umweltplanung	Berlin
	Hartmut	Müller	GAA Beeskow GmbH	Berlin
	Andreas	Müller	Horn & Müller Ingenieurgesellschaft mbH	Berlin
	Wolfgang	Müller	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
	Irina	Müller	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
	Marcus	Münnich	Bezirksamt Friedrichshain-Kreuzberg	Berlin
	Marion	Müntner	Arcadis Consult GmbH	Potsdam
	Jens	Naumann	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
	Uwe	Negengert	Enterprise BauTechnikUmwelt GmbH	Berlin
Prof.	Irene	Nehls	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung	Berlin
	Helmut	Neubert	Sachverständigenbüro Helmut Neubert	Berlin
	Andrea	Neuhahn	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
	Stefan	Neumann	Bilfinger Berger Umweltsanierung GmbH	Mannheim
	Karsten	Noske	Bezirksamt Marzahn-Hellersdorf	Berlin
	Ellen	Notthoff	Ellen Notthoff, Diplom-Geologin	Berlin
	M. Asmail	Nouri	Landeskriminalamt	Berlin
	Elisabeth	Oeff	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
	Ernst	Oehlsen	ACOS GmbH	Berlin

	Ralf	Okon	IMAGO GbR	Berlin
	Axel	Oppermann	geo-log GmbH	Braunschweig
	Isidro	Oviedo	Delta Umwelt-Technik GmbH	Telto
Dr.	Michael	Päch	Bezirksamt Treptow-Köpenick	Berlin
	Mike	Paulukat	Stadtverwaltung Potsdam	Potsdam
	Petra	Pecher	Bezirksamt Lichtenberg	Berlin
Dr.	Gerdt	Pedall	Dr. G. Pedall Ingenieurbüro GmbH	Haag
	Olaf	Pfaff	CDM Consult GmbH	Berlin
	Rolf	Pfeffer	Bauer und Mourik Umweltechnik GmbH	Schrobenhausen
	Ines	Pfeiffer	BWB Berliner Wasserbetriebe	Berlin
Dr.	Claus-Peter	Pietras	GESA mbH	Berlin
	Dieter	Poetke	GICON Großmann Ingenieur Consult GmbH	Dresden
	Bernd	Pöttsch	GESA mbH	Berlin
	Dieter	Quantz	DAP GmbH	Berlin
	Günter	Rattunde	ALSTOM Deutschland AG	Berlin
	Birgit	Rauch	Rauch Consult GmbH	Bergfelde
	Frank	Rauch	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
	Gunnar	Reich	Ingenieurbüro Reich	Neuenhagen
	Wito	Reinhardt	Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH	Markkleeberg
	Jürgen	Renziehausen	Büro für Umweltplanung	Berlin
	Kai	Ressel	Harbauer GmbH	Berlin
Dr.	Gerold	Reusing	envi sann GmbH	Berlin
	Fred	Richter	DOW Olefinverbund GmbH	Schkopau
	Mathias	Ricking	FU Geowissenschaften-Hydrogeologie	Berlin
Dr.	Hartwig	Rössler	GAA Gesellschaft für Abfallwirtschaft und Altlasten MV mbH	Schwerin
	Siegfried	Röver	Bundesministerium für Finanzen	Berlin
	Imke	Rüder	Landkreis Teltow-Fläming	Luckenwalde
	Oliver	Rüders	Kneib Geoservices GmbH	Berlin
	Angela	Rümmler	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
	Detlef	Saggau	Harbauer GmbH	Berlin
	Birgit	Samland	Umweltschutz Ost GmbH	Berlin
	Uwe	Sass	BWB Berliner Wasserbetriebe	Berlin
	Heino	Schaar	Veolia Umweltservice Nord-Ost GmbH	Berlin
	Manfred	Schafhauser	KWS Geotechnik GmbH	Berlin
Dr.	Ute	Scheibe	Dr. Scheibe & Charisius	Berlin
	Thomas	Scheibler	IMAGO GbR	Berlin
	Jana	Schenderlein	BSR Berliner Stadtreinigungsbetriebe	Berlin
Dr.	Uwe	Schlenker	Bauer und Mourik Umweltechnik GmbH	Nordhausen
	Anja	Schlossarczyk	KWS Geotechnik GmbH	Berlin
Dr.	H.J.	Schmidt	ASG	Aachen
	Matthias	Schmidt	Kobert & Partner GmbH	Berlin
	Brigitte	Schmidt	MEAB mbH	Potsdam
	Lutz-Peter	Schmolke	BWB Berliner Wasserbetriebe	Berlin
	Jens	Schneider	IUP. Ingenieure GmbH	Braunschweig
	Gudrun	Schneider	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
	Erik	Schneiderat	Engelmann Brunnenbau GmbH	Berlin
	Frank	Schober	Helmuth Spruch GmbH	Berlin
	Jörg-Guido	Schoone	Jelabau Bauunternehmen GmbH	Bremen
	Jörg	Schubert	Landkreis Uckermark	Prenzlau
	Arne	Schüler	Schüler GmbH & Co.	Kavelsdorf
	Harald	Schüler	Schüler GmbH & Co.	Kavelsdorf
	Markus	Schulte	Fugro Consult GmbH	Berlin
	Stefan	Schulz	Wessling Laboratorien GmbH	Berlin
	Stefan	Schulze	IGB Ingenieurbüro für Grundwasser und Boden GmbH	Berlin
	Mattias	Schulze	Helmuth Spruch GmbH	Berlin
	Susanne	Schwabe	IMAGO GbR	Berlin
Dr.	Eckhard	Schwandtke	GESA mbH	Berlin
Dr.	Joachim	Schweineberg	ACOS GmbH	Berlin
	Frank	Segbert	Harbauer GmbH	Berlin
	Dörthe	Seggern, von	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
	Andrea	Seydel	Vattenfall Europe Berlin	Berlin
	Dörte	Siebenthaler	BWB Berliner Wasserbetriebe	Berlin
	Rudolf	Siegel	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
	Thomas	Söchtig	IUP. Ingenieure GmbH	Berlin

Dr.	Hans-Dieter	Sonnen	Ingenieurbüro für Altlastensanierung	Glienicke
Dr.	Markus	Spitznagel	BSR / Vorstandsbüro Umweltschutz	Berlin
	Frank	Stamer	Alenco Environmental Consult GmbH	Berlin
	Volker	Stein	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
	Astrid	Steinmann	KMP GmbH	Birkenwerder
	Manfred	Strauß	CDM Consult GmbH	Berlin
	Axel	Strohbusch	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
Dr.	Sonja	Stuhr	ISAC GmbH	Neuenhagen
	Michael	Sydow	Bezirksamt Tempelhof-Schöneberg	Berlin
	Peter	Tesch	BWB Berliner Wasserbetriebe	Berlin
	Hubert	Theißen	IMAGO GbR	Berlin
	Christian	Thomasius	BWB Berliner Wasserbetriebe	Berlin
	Carsten	Thonke	Tauw GmbH	Berlin
	Markus	Tilgner	GSN Grundstückssanierungsgesellschaft Nordost	Schwerin
	Karsten	Timmermann	Stadt Osnabrück	Osnabrück
	Bernd	Tischendorf	ANTEUM GmbH	Berlin
	Anja	Tochtermann	KLU GbR	Berlin
	Götz-Dietrich	Troschke	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
	Adrianus	van Beek	Helmuth Spruch GmbH	Berlin
Dr.	Thomas	Vogler	URST GmbH Greifswald	Greifswald
	Christine	Voigtmann	GUT-Analytik GmbH	Berlin
	Anett	Völlger	Wessling Laboratorien GmbH	Berlin
	Peter	Vollmer	CONSULAQUA Hamburg	Hamburg
	Michael	Wagner	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
	Hildegard	Waldeyer	Ochmann & Partner Geotechnik GmbH	Hamburg
	Hagen	Wallburg	BLM Geotest GmbH	Berlin
	Jürgen	Weckert	gbav Gesellschaft für Boden- und Abfallverwertung mbH	Berlin
Dr.	Marec	Wedewardt	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
	Anne	Wehrhan	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung	Berlin
	Ingo	Weise	BGI-Ingenieurgesellschaft mbH	Bergwitz
	Kai	Werner	GWAC mbH	Berlin
Dr.	Lutz	Werner	UABG GmbH	Berlin
Dr.	Claudia	Werner	CIF e.V.	Berlin
	Klaus	Westen	GAA Gesellschaft für Abfallwirtschaft und Altlasten MV mbH	Schwerin
	Stefan	Wieland	IUP. Ingenieure GmbH	Berlin
	Berend	Wilkens	SBB mbH	Potsdam
Dr.	Tin	Win	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung	Berlin
	Detlef	Wind	Fabricius pro Terra GmbH	Werther
	Ronny	Winkler	Labor für Wasser und Umwelt GmbH	Bad Liebenwerda
	Elke	Wittstock	BWB Berliner Wasserbetriebe	Berlin
Dr.	Ulrich	Wöstmann	ÖbuV Sachverständiger	Selm
	Norbert	Wutzke	GUT-Analytik GmbH	Berlin
	Heinz-Peter	Wylach	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz	Berlin
	Christian	Zimmer	Bezirksamt Reinickendorf	Berlin
	Andreas	Zimmermann	GESA mbH	Berlin
	Friederike	Zumloh	KWS Geotechnik GmbH	Berlin