

| | | | | |
|------------------------------|---------|-------------|----------|------------------------|
| Brandenburg. Geowiss. Beitr. | Cottbus | Bd. 29/2022 | S. 37–45 | 6 Abb., 2 Tab., 3 Zit. |
|------------------------------|---------|-------------|----------|------------------------|

Langzeiterfahrungen zu Boden- und Grundwassersanierungen in Berlin

Long-term experience of soil and groundwater remediations in Berlin

ANDREAS ZIMMERMANN & FRANK RAUCH

1 Einführung

Die seit Beginn der 90er Jahre im Ostberliner Stadtgebiet laufende Bearbeitung von Altlastenstandorten umfasst eine Vielzahl von Boden- und Grundwasserkontaminationen. Mit seiner Gemengelage von Wohngebieten und Industriestandorten sowie den flächigen Schadstoffbelastungen des oberen unbedeckten und wasserwirtschaftlich genutzten Grundwasserleiters im Einzugsgebiet zweier Wasserwerke weist dieser Stadtbereich aus Altlastensicht deutschlandweit ein Alleinstellungsmerkmal auf. Dies spiegelt sich sowohl in dem komplexen Schadstoffinventar als auch in der sensiblen Schutzgütersituation und den damit einhergehenden Anforderungen an qualifizierte Altlastenmaßnahmen wider.

Nach einem jahrzehntelangen Bearbeitungszeitraum zielt dieser Beitrag auf Schlussfolgerungen und Erkenntnisse, die sich aus den zahlreichen Erkundungs-, Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen für die Projektbeteiligten ergeben haben. Auch wenn sich bei näherer Betrachtung der Altlastenprojekte die Binsenweisheit bestätigt, dass jeder Fall seine spezifischen Merkmale aufweist und damit keine generalisierte oder pauschale Routinebearbeitung zulässt, konnten aus den Erfahrungen der unterschiedlich erfolgreichen Erkundungs- und Sanierungsmaßnahmen wichtige Erkenntnisse gewonnen werden, die aus Sicht der Autoren von allgemeinem Interesse für die in der Altlastenpraxis tätigen Institutionen und Fachbüros sind.

Dabei ist von Vorteil, dass die Bearbeitung der insgesamt 147 Altlastenprojekte von Beginn an (1992/93) von einem stabilen Kreis von Fachexperten in der zuständigen Behörde und auf der Bundeseite erfolgt (Projektgruppe Berlin). Dies ist insbesondere der Bearbeitungsstruktur im Rahmen des Verwaltungsabkommens (VA-Altlasten) geschuldet. Auf dieser Grundlage erfolgte die Finanzierung für die von der Treuhandanstalt (THA) und ihrem Rechtsnachfolger, der Bundesanstalt für vereinigungsbedingte Sonderaufgaben (BvS) privatisierten schadstoffbehafteten Grundstücke zwischen dem Bund und den neuen Ländern im Verhältnis 60:40 (Regelfälle) bzw. 75:25 (Ökologische Großprojek-

te, ÖGP). Damit mussten die Entscheidungen zum Inhalt und Umfang der Altlastenmaßnahmen einvernehmlich zwischen den Vertretern der Berliner Freistellungs- und Ordnungsbehörde sowie den Bevollmächtigten des Bundes getroffen werden.

Insoweit obliegt der Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz Berlin als Freistellungs- und Bodenschutzbehörde sowohl die fachtechnisch-ordnungsrechtliche als auch die finanzierungsseitige Verantwortung für die freistellungsrelevanten Objekte in den Ostberliner Stadtbezirken sowie in Berlin-Staaken. Für den Bund (BMF) haben seit den 90er Jahren die Mitarbeiter der GESA mbH die Altlastenbearbeitung im Rahmen des Verwaltungsabkommens für die Treuhandanstalt und danach für die BvS wahrgenommen. Als eine der Treuhand-Nachfolgegesellschaften hat die GESA mbH die Altlastenverpflichtungen der THA/BvS geschäftsbesorgend übernommen und führt das Vertrags- und Freistellungsmanagement nach Übertragung von der BvS auf die Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA) seit 2014 als Tochtergesellschaft der BImA fort. Insoweit nimmt seitens der GESA mbH ein konstanter Mitarbeiterstamm seit über 25 Jahren die Aufgaben des VA-Altlasten im Land Berlin wahr und gewährleistet damit eine kontinuierliche gemeinsame Bearbeitung mit den Verantwortlichen der Berliner Senatsverwaltung. Diese Zusammenarbeit, die aufgrund der differenzierten Interessenlagen auch mit kontroversen Sichtweisen behaftet ist, halten die Autoren für zweckmäßig und wirtschaftlich, da die gebotenen einvernehmlichen Lösungen sowohl eine hinreichende Berücksichtigung der ordnungsbehördlichen Regelungen und Verfahren als auch der finanzierungsseitig dominierten Interessen des Bundes erfordern.

2 Ausgangssituation und Randbedingungen

Die ungefähre Lage der für diesen Beitrag ausgewerteten Altlastenflächen kann der Skizze des Berliner Stadtplans (Abb. 1) entnommen werden.

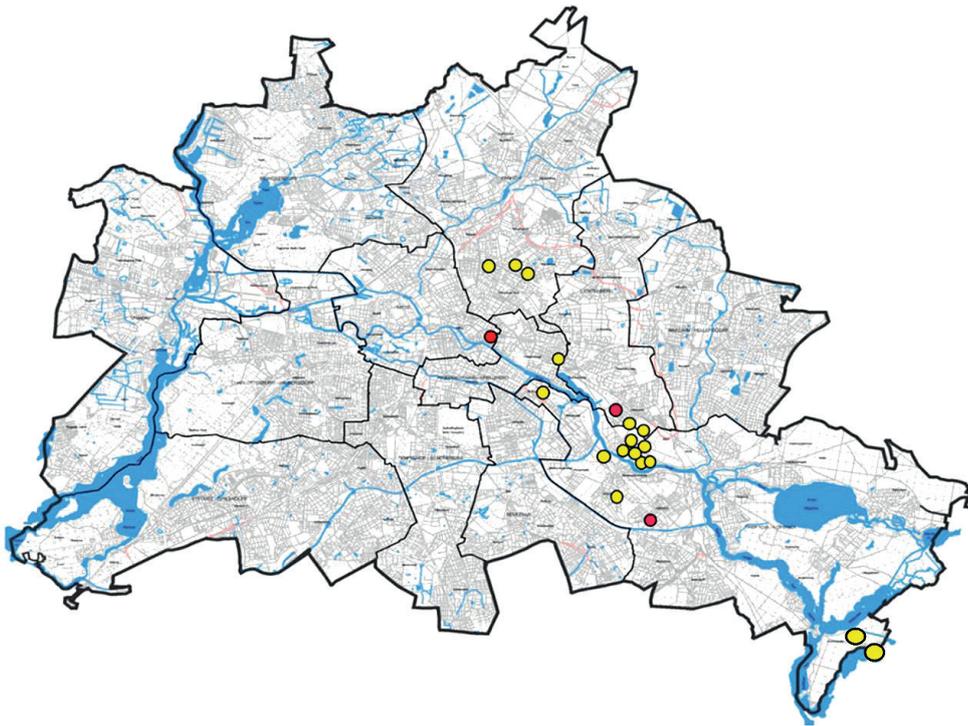


Abb. 1:
Lage der VA-Altlastenflächen
im Ostberliner Stadtgebiet
(generalisierte Darstellung)

Fig. 1: Position of the
described contaminated
sites in the former area
of East Berlin
(generalized representation)

Die Geologie und Hydrogeologie im Projektgebiet wird von quartären Ablagerungen im Berliner Urstromtal und der Weichsel-glazial geprägten Barnim-Hochfläche charakterisiert. Das Urstromtal weist einen oberen unbedeckten, meist mittelsandigen Grundwasserleiter Weichsel- und Saale-kaltzeitlichen Ursprungs auf, der an den Flanken von Weichsel-glazialen Geschiebemergel weitflächig umgeben ist und einen bis zu 60 m mächtigen oberen unbedeckten Grundwasserleiter bildet. Lokal ist der Aquifer von organischen sowie schluffigen Ablagerungen durchsetzt. Dieser mächtige ungespannte Grundwasserleiter wird in großen Teilen Berlins wasserwirtschaftlich genutzt und insoweit als Hauptgrundwasserleiter bezeichnet.

Die Barnim-Hochfläche zeichnet sich durch oberflächlich anstehende Geschiebemergel aus, in die lokal saisonal grundwasserführende Sande eingeschaltet sind. Im Liegenden folgen Weichsel- bis Saale-kaltzeitliche Sande, die in Teufen zwischen 10 und 40 m den örtlichen Hauptgrundwasserleiter bilden.

Als Schadstoffe treten im Grundwasser überwiegend LHKW/VC, BTEX, PAK, Cyanide und Arsen, lokal auch Phenole, COP, Chlorbenzole und Aniline auf. Im ungesättigten Boden überwiegen flächig Schwermetalle, Arsen, MKW und PAK. Bei einer Vielzahl von Grundstücken findet sich in den lokalen Schadstoff-Eintragsherden auch ein großes Reservoir an leichtflüchtigen organischen Kohlenwasserstoffen (LHKW, BTEX, Chlorbenzole), vor allem im Kapillarbereich und in tieferen Abschnitten der wasser gesättigten Bodenzone.

Der Wirkungspfad Boden-Grundwasser (Trinkwasser) im Einzugsbereich von zwei städtischen Wasserwerken im Berliner Urstromtal ist prägend für den behördlichen Handlungsbedarf und die Umsetzung nachhaltiger Gefahrenabwehrmaßnahmen.

Eine bisher untergeordnete, jedoch zunehmende Bedeutung kommt dem Wirkungspfad Boden-Mensch zu, da mittlerweile bei einer Vielzahl von industriellen Altlasten-Grundstücken Umwidmungen zur Wohnnutzung angestrebt und fortlaufend realisiert werden. Hier sind die im Berliner Stadtgebiet weitflächig verbreiteten anthropogenen Aufschüttungen, u. a. Kriegsschutt, von Bedeutung. Deren Schadstoffbelastungen – im Wesentlichen Schwermetalle und PAK – sind nur in geringem Maße eluierbar bzw. mobilisierbar und somit für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser kaum von relevanter Bedeutung.

3 Inhalt und Kosten der Altlastenmaßnahmen

Die Mittelaufwendungen der öffentlichen Hand (Bund/Land) für die Objekte im Rahmen des VA-Altlasten betragen bis zum Ende des letzten Jahrzehnts rd. 300 Mio. €. Davon entfallen auf das Ökologische Großprojekt rd. 230 Mio. € und auf die VA-Projekte im 60:40 Finanzierungsbereich rd. 70 Mio. €. Die jährliche Mittelinanspruchnahme ist mit ihren charakteristischen Schwankungen exemplarisch in Abb. 2 dargestellt.

Aus den Mittelabflüssen der einzelnen Jahre wird deutlich, dass die Maßnahmenumsetzung zyklisch erfolgt. Perioden

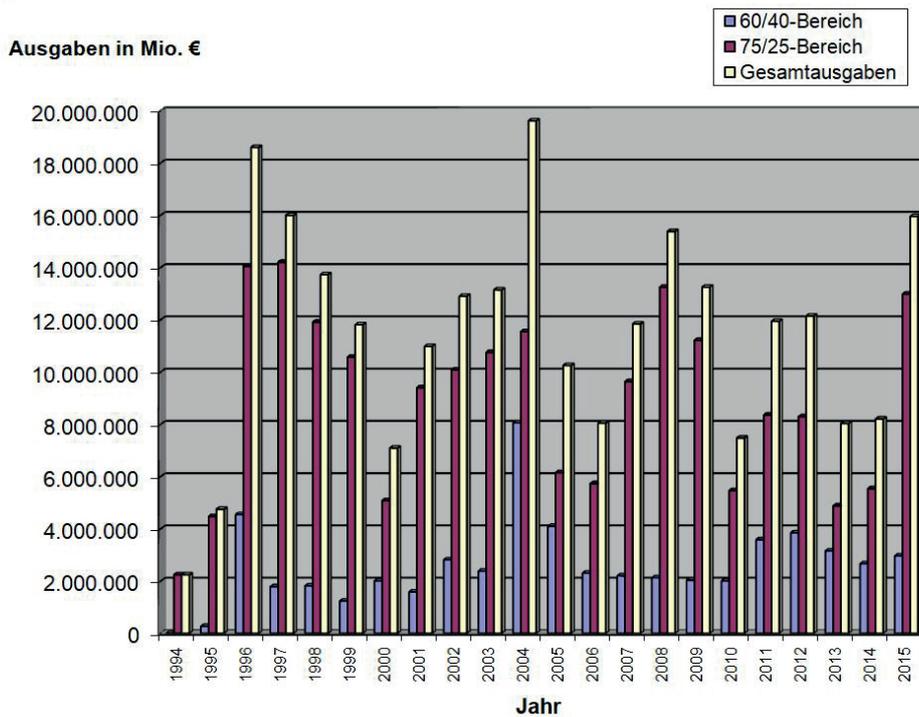


Abb. 2: Mittelabfluss für Maßnahmen im Rahmen des VA-Altlasten in Berlin von 1994 bis 2015

Fig. 2: Financial outflow for remediation measures on contaminated sites in Berlin from 1994 to 2015

mit hohem Mittelverbrauch, die insbesondere von einer Vielzahl von Schadstoffherdsanierungen mit Bodenaushub geprägt waren, wechseln mit Perioden geringerer Mittelanspruchnahme, in denen vorrangig Detail- und Sanierungsuntersuchungen sowie Planungen für die Sanierungsvorhaben erfolgten. Diese Kostenamplituden stellen hohe Anforderungen an die Finanzplanung und Mittelbereitstellung der öffentlichen Hand. Soweit die Verantwortlichen gleichzeitig mit einer Vielzahl von komplexen Altlastenfällen zu tun haben, zeigt diese Statistik, dass Prioritäten gesetzt werden müssen und mit dem fortschreitenden Erkenntnisgewinn aus laufenden Grundwassersanierungen weitere sanierungsbegleitende Erkundungsetappen und Anpassungsmaßnahmen einhergehen.

4 Fachliche Erkenntnisse der Altlastenbearbeitung

Aus dem umfangreichen Datenfundus der bearbeiteten Altlastenobjekte wurden von Land und Bund zahlreiche fachtechnische Erkenntnisse und Erfahrungen gewonnen, aus denen die Autoren folgende Thesen ableiten:

- Eine Sanierung von stofflichen Grundwasserschäden bis zum Erreichen der für das Land Berlin geltenden Prüfwerte der Berliner Liste oder gar der GFS (Geringfügigkeitsschwellenwerte nach LAWA) ist mit verhältnismäßigen Mitteln technisch schwer zu erzielen.
- Eine Vielzahl der Grundwasserschäden kann nicht allein mittels hydraulischer Maßnahmen, d. h. der Entnahme von gelösten Schadstofffrachten, sondern nur durch die systematische und detaillierte Erkundung und möglichst vollständige Beseitigung des Schadensherdes (Quelle)

im gesättigten Boden hinreichend dekontaminiert bzw. abschließend saniert werden.

- Laufende Grundwassersanierungen wurden ab dem Zeitpunkt, zu dem erkannt werden konnte, dass der erwartete Sanierungserfolg ausbleibt, von umfangreichen Untersuchungsprogrammen flankiert. Im Rückblick ist festzustellen, dass in vielen Fällen – meist nutzungsbedingt – erst im Ergebnis einer mehrjährigen Grundwassersanierung zielführende Untersuchungsprogramme zur Schadstoffverteilung in Grundwasser und Boden konzipiert und umgesetzt werden konnten, die dann in abschließenden erfolgreichen Sanierungsmaßnahmen mündeten.
- Eine erfolgreiche Sanierung der Grundwasserschäden konnte ausnahmslos nur mit der signifikanten Reduzierung der Schadstoffe im Boden mittels Bodenaushub erreicht werden. Die in den 90er Jahren teilweise vertretene Auffassung, bei Grundwasserschäden aus Kostengründen lediglich die gelöst verfügbaren Schadstoffanteile aus dem Grundwasserkörper mittels Pump & Treat zu entfernen, hat sich in der Mehrzahl der Fälle nicht als zielführend erwiesen.
- Neben der hydraulischen Sanierung und dem Bodenaustausch wurden keine weiteren Sanierungsmethoden im nennenswerten Umfang angewandt. Versuche, mittels innovativer in-situ-Methoden einen nachhaltigen Sanierungserfolg zu erzielen, schlugen weitgehend fehl. Somit ist bisher kaum ein Grundwasserschaden in Berlin maßgeblich mit in-situ Maßnahmen saniert worden.
- Aufgrund der Vielzahl von identifizierten Altlastenstandorten hat man bereits in den frühen 90er Jahren Prioritäten zur Abarbeitung der Altlastenproblematik gesetzt. Damit wurden die verfügbaren Bearbeitungska-

pazitäten (Finanzmittel, Personal) nicht ausschließlich auf den Abschluss der Erkundungsphasen für alle Standorte konzentriert, sondern je nach Erkenntnisfortschritt zur aktuellen und potentiellen Gefahrenlage hat man an definierten Altlastenstandorten sogenannte “vorgezogene Maßnahmen der Gefahrenabwehr” umgesetzt. Andere Verdachts- oder Schadensfälle wiederum wurden nach einer Erstbewertung erst 10–15 Jahre später, zumeist an reale Investitionsabsichten gekoppelt, abschließend bearbeitet.

- In Gebieten mit oberflächennah anstehenden Porengrundwasserleitern hat sich die Sickerwasserprognose gemäß BBodSchV zur Feststellung von gefahrenrelevanten Sachverhalten im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden-Grundwasser nicht als praxistauglich erwiesen. Zur Einschätzung der prognostischen Grundwassergefährdung der standortrelevanten Schadstoffe in der ungesättigten Bodenzone wurden vielmehr oberflächennah verfilterte Grundwassermessstellen herangezogen, mit denen die tatsächliche Grundwasserbelastung und die Verlagerung von Schadstoffen aus der ungesättigten Zone nachvollzogen werden konnten. Insoweit wurde der “Ort der Beurteilung” regelmäßig – indirekt und näherungsweise – über entsprechende Boden- und Grundwasseruntersuchungen und nicht über Sickerwasseruntersuchungen erfasst.
- Aufgrund der vorhandenen Flächennutzung können auf Altlastengrundstücken erhebliche Limitierungen für die Schadenserkundung und die Sanierung bestehen. Hier sind Investitionsentscheidungen zur Restrukturierung der Fläche unter Einbeziehung von Rückbaumaßnahmen und der Tiefenentrümmerung eine unerlässliche Bedingung, um Eintragsquellen im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden-Grundwasser hinreichend zu identifizieren und zu lokalisieren sowie über Gefahrenabwehrmaßnahmen mit verhältnismäßigem Aufwand zu beseitigen.

5 Fallbeispiele

5.1 Grundwassersanierung

5.1.1 Wirksamkeitsprognosen bei der Grundwassersanierung

Zur Einschätzung der Verhältnismäßigkeit einer hydraulischen Sanierungsmaßnahme erfolgen im Regelfall vorlaufend hydrogeologische Untersuchungen und hydraulische Modellierungen zum Schadensbild. Im Ergebnis werden, ausgehend vom Sanierungsziel und den Sanierungszielwerten, die Rahmenbedingungen der Sanierungsmaßnahme auf Grundlage einer Sanierungsplanung definiert. Dazu gehören u. a. der angenommene Wasseraustausch, das Fördervolumen und die prognostizierte Zeitdauer einer hydraulischen Grundwasserreinigung. Diese Faktoren beruhen auf modellgestützten und gutachterlichen Annahmen, die den Ordnungsbehörden für die hinreichende Bestimmtheit einer Sanierungsanordnung zur Verfügung stehen.

In diesem Rahmen wurden verfügbare Daten von insgesamt 12 Grundwassersanierungen im ÖGP Berlin und weiteren Grundstücken, die dem Verwaltungsabkommen unterfallen, ausgewertet, um die Planungsdaten zu den hydraulischen Maßnahmen mit den tatsächlichen Ergebnissen zu vergleichen. Die Resultate sind in der Tabelle 1 nach den beiden Fallgruppen “Beendete” und “Laufende” Sanierungsmaßnahmen in der Abweichung zwischen der Sanierungsplanung und dem tatsächlichen Sanierungsverlauf dargestellt. Die hier ausgewiesenen Daten beruhen auf Mittelwerten und relativieren damit die Bandbreite von Einzelfällen erheblich.

Dieses Ergebnis spricht nicht gegen die notwendige planerische Ermittlung der für eine hydraulische Sanierung erforderlichen lokalen Parameter und soll weder als Kritik an den Gutachterbüros noch an dem Verfahren einer realistischen Wirksamkeitsprognose verstanden werden. Vielmehr wird deutlich, dass bei der ingenieurtechnischen Erkundung und Planung, aber auch bei der Bewertung der grundsätzlichen technischen Machbarkeit vielfach zu optimistische Ansätze im Rahmen der Verhältnismäßigkeitsprüfung verwandt

| | Abweichung Wasseraustausch in x-facher Zahl | Abweichung Fördervolumen in x-facher Zahl | Abweichung der Sanierungsdauer in % |
|---|---|---|-------------------------------------|
| Beendete hydraulische Sanierungsmaßnahmen | 620 | 850 | 410 |
| Laufende hydraulische Sanierungsmaßnahmen | 500 | 1 200 | 350 |

Tab. 1: Abweichungen zwischen Planungsdaten und Ausführungsparametern bei der hydraulischen Sanierung an ausgewählten Standorten des VA - Altlasten in Berlin (u. a. mit Anpassungen der Förderregime)

Tab. 1: Differences between the planning documents and the really obtained results of the hydraulic remediation on selected remediation sites in Berlin (among others with adaption of the extraction process)

wurden und als Randparameter (z. B. Fördervolumen) Eingang in eine Anordnung finden, um zur Bestimmtheit des Verwaltungsaktes beizutragen. Tatsächlich gestatten die jeweiligen Gutachten nebst Modellierungen aber nur eine "scheinbare" Bestimmtheit, weil mit lediglich als "unsicher" qualifizierbaren Planungsdaten suggeriert wird, dass die technische Umsetzung der Maßnahme zweckbestimmt, erforderlich, geeignet und angemessen ist, um die Maßnahmenziele, d. h. auch die Sanierungszielwerte, zu erreichen.

Aus den nachgewiesenermaßen sehr begrenzten Aussagen von Planungsansätzen und Erfolgsprognosen hat die verantwortliche Senatsbehörde ihre Konsequenzen dahingehend gezogen, dass die Bestimmtheit von Sanierungszielen relativiert und dem begleitenden Überwachungs- und Modifizierungsprozess mit einer Vielzahl von Untersuchungen mehr Raum und Bedeutung beigemessen wird. Diese operative Vorgehensweise hat sich bewährt, da die beteiligten Parteien den konkreten Sanierungsverlauf und damit die Erreichbarkeit von Sanierungszielen permanent kritisch prüfen und in der gemeinsamen Fachdiskussion verhältnismäßige Alternativen bzw. Modifizierungen zum Sanierungsprozess erarbeiten müssen.

5.1.2 Grenzen der hydraulischen Sanierung

Im Ostberliner Stadtgebiet wurden 30 Grundwasser-Sanierungsmaßnahmen im Hinblick auf die Erreichung der behördlich vorgegebenen Sanierungsziele ausgewertet. Alle Standorte liegen im wasserwirtschaftlich genutzten Hauptgrundwasserleiter und wurden aufgrund der Gefahrenrelevanz mittels hydraulischer Maßnahmen zu Beginn an der Eintragsquelle und an der Grundstücksgrenze saniert bzw. gesichert. Einige befinden sich noch in der aktiven Sanierung. Die stoffliche Charakteristik der Grundwasserschäden ist in Tab. 2 ausgewiesen.

Wie die Tab. 2 zeigt, sind LHKW- und BTEX-Grundwasserschäden auf 20 von insgesamt 30 Flächen verbreitet. In den Transfergebieten zu zwei Wasserwerken dominieren LHKW-Belastungen (primär LCKW), die sich über eine Grundwasseroberfläche von ca. 10 km² erstrecken.

Ein Erfordernis zur Prüfung von Maßnahmen zur Gefahrenabwehr auf den Schadstoffeintrags-Grundstücken wird seitens der zuständigen Behörde gemäß der seit 2005 geltenden Berliner Liste gesehen, wenn z. B. die Konzentration der LHKW im Grundwasser 100 µg/l oder bei VC 2,5 µg/l überschreitet. Die Sanierungszielwerte orientieren sich an den Geringfügigkeitsschwellenwerten der LAWA in Höhe von 20 µg/l (Summenparameter LHKW) und 0,5 µg/l (VC). Für BTEX gelten Sanierungszielwerte von 20 µg/l in der Summe und 1 µg/l bei Benzol. Da vom Gesetzgeber eine hinreichend bestimmte und auch tatsächlich erreichbare Zielvorgabe verlangt wird, liegt es aus hiesiger Sicht im Ermessensspielraum der zuständigen Behörde, diese Zielwerte unter Berücksichtigung des realen Sanierungsverlaufes entsprechend anzupassen. Dies erfolgt in Berlin regelmäßig 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.

Für die ausgewählten Sanierungsfälle wurden drei unterschiedliche generalisierte Verlaufskurven abgeleitet, die in der Abb. 3 dargestellt sind

Die Verlaufskurve I zeigt den Sanierungsverlauf für hydraulisch nicht abschließend sanierte Fälle. Als eine der Hauptursachen für den ausbleibenden Erfolg gilt hier das Auftreten von lokalen LHKW-Flüssigphasen (DNAPL, Pooling, Fingering) und BTEX-Hot-spots (LNAPL) im wassergesättigten Bereich sowie die weitgehend diffusionsgesteuerte Anreicherung gelöster Schadstoffe in der immobilen Porosität des Aquifers.

Neben der Modifizierung von hydraulischen Sanierungsparametern, die allerdings nur vereinzelt einen größeren Sanierungserfolg erbrachten, bedeutete dies, dass die hydraulische Sanierung mit weitaus kostenintensiveren Maßnahmen, wie z. B. Bodenaushub, ergänzt werden musste. Diese Erfahrungen betrafen vielfach Altstandorte, die in den frühen 90er Jahren erkundet und sanierungstechnisch beplant worden sind. Hierbei fehlten bei dem damaligen Stand der Technik die Möglichkeiten der Schadstoffdepoterkundung, wie sie heute z. B. mit den verschiedenen Ver-

| | LHKW | BTEX | LHKW, BTEX, CB, Alkylphenole, OCP | PAK und MKW | Sonstige (z. B. Cyanide, Arsen) | Summe |
|------------------------|------|------|-----------------------------------|-------------|---------------------------------|-------|
| Anzahl der Grundstücke | 16 | 4 | 4 | 5 | 1 | 30 |
| Transferbereiche | 2 | | | | 1 | 3 |
| Anteil in % | 54 | 13 | 13 | 17 | 3 | 100 |

Tab. 2: Stoffliche Charakterisierung von Grundwasserschäden auf VA-Standorten in Berlin

Tab. 2: Main pollutants of groundwater contamination on remediation sites in Berlin

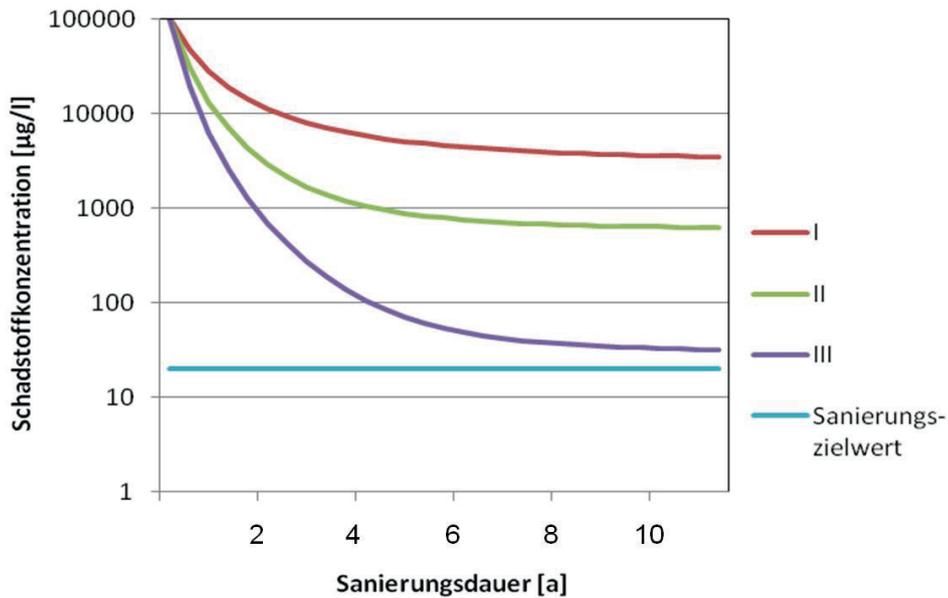


Abb. 3:
Verläufe der hydraulischen Grundwassersanierung auf VA-Altlastengrundstücken in Berlin (ZIMMERMANN 2008)

Fig. 3:
Characteristic behaviors of contaminants as a result of hydraulic groundwater remediation on contaminated sites in Berlin (ZIMMERMANN 2008)

fahren teufenorientierter in-situ-Grundwasserbeprobungen und Liniererkundungen praktiziert werden. Da diese Schadstoffherde, z. B. aufgrund bestehender Überbauungen sowie ihrer meist nur lokal limitierten Ausbreitung oftmals schwer zu ermitteln sind, ist die erfolgreiche "Quellensanierung" im Boden als wichtiger Bestandteil der Grundwassersanierung vielfach von komplexen Randbedingungen der Grundstücksnutzung abhängig. So zeigen unbefriedigende hydraulische Sanierungsverläufe an, inwieweit entweder nicht erkannte oder nur schwer hydraulisch extrahierbare Schadstoffpotentiale permanent in das Grundwasser emittieren, so dass erst im Ergebnis dieser Sanierungsverläufe zielgerichtete, kostenoptimierte Untersuchungen des tieferen Untergrundes veranlasst werden können.

Die Verlaufskurve II zeigt den Stand zu den derzeit noch in Betrieb befindlichen Grundwassersanierungsmaßnahmen an.

Wie aus der Verlaufskurve III zu erkennen ist, konnte keine der bisher abgeschlossenen hydraulischen Sanierungen den ursprünglich geplanten Sanierungszielwert erreichen, sondern sich nur annähern. Sie wurden beendet, da die Kosten im Vergleich zum Schadstoffaustrag nicht mehr gerechtfertigt und somit die Verhältnismäßigkeit der Mittel nicht gewahrt werden konnte. Lediglich im unmittelbaren Vorfeld eines Wasserwerkes ist es nach zwei Jahrzehnten der Sanierung gelungen, die angestrebten Vinylchlorid-Konzentrationen (2–3 µg/l VC) im Grundwasser zu erreichen.

Bei einer Bandbreite der spezifischen Sanierungskosten von 40 €/kg bis 2000 €/kg entfernter Schadstoffmasse ermittelten die Autoren einen Durchschnittswert von ca. 500 €/kg für alle hier betrachteten Grundwassersanierungsmaßnahmen (ohne die Berücksichtigung von Sicherungsgalerien).

Allein auf den Altlastenflächen des Ökologischen Großprojektes Berlin wurden im Zeitraum ab 1992/93 rd. 179 Mio. m³ kontaminiertes Grundwasser gefördert, in 40 Grundwasserreinigungsanlagen aufbereitet und damit etwa 677 t Schadstoffe entfernt (NAUMANN & ZIMMERMANN 2018)

5.2 Erfordernis der Quellensanierung / Bodensanierung

Die Ausführungen in den Abschnitten 5.1.1 und 5.1.2 lassen erkennen, dass es eine Reihe von Altlastengrundstücken mit stofflichen Grundwasserschäden gibt, deren Sanierungserfolg an die nachhaltige Beseitigung der Schadstoffquelle(n) im Boden geknüpft ist. Hier stehen mehrere technische Sanierungsverfahren zur Verfügung. Insbesondere die in-situ-Verfahren werden in der Literatur und auf Fachveranstaltungen vielfach beschrieben und vorgestellt. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass eine Reihe von publizierten in-situ-Maßnahmen lediglich auf Ergebnissen aus Labor- bzw. Feldversuchen basiert, praktische Anwendungen bei komplexen großräumigen Schadensfällen hingegen die Ausnahme sind.

Für die hier betrachteten Altlastenfälle gilt dazu folgendes: Von den Grundwassersanierungsprojekten konnte nur ein Objekt erfolgreich mit einer in-situ-Maßnahme (ISCO: in situ chemische Oxidation) nachlaufend zur hydraulischen Sanierung und auch nur nach örtlichem Bodenaushub saniert werden. Alle anderen Versuche der chemischen und biologischen in-situ-Grundwassersanierung (Einbringen von Fentons Reagenz, Natrium- bzw. Kaliumpermanganat, Sauerstoff, Airsparging) sind dagegen bereits aufgrund ihrer technisch unbefriedigenden Labor- bzw. Feldversuchsergebnisse, aber auch teilweise im Rahmen der Kostenprüfung im Vergleich mit dem konventionellen Bodenaushub gescheitert. Hierzu ist allgemein festzustellen, dass unter

Bedingungen, bei denen die hydraulische Sanierung an ihre Grenzen stößt, auch die physikalischen, chemischen und biologischen Verfahren nur entsprechend limitiert angewendet werden können. Da die reaktiven Substanzen aufgrund der Schadstoffverteilungen bzw. ungünstiger hydrodynamischer Bedingungen die Quellbereiche nicht vollständig oder nur über relativ lange Zeiträume durchdringen, lassen sich damit Herdsanierungen nur in besonderen Einzelfällen realisieren.

Insoweit ist im Land Berlin auch weiterhin der Bodenaushub das Mittel der Wahl zur "Quellensanierung" bei Grundwasserschäden. Die Abb. 4 zeigt die für insgesamt 36 Fälle der Bodensanierung in den letzten Jahrzehnten angewandten Bodenaushubverfahren.

Die kosten- und nutzenentscheidende Festlegung des optimalen Aushubvolumens beim Bodenaushub, die eine nachhaltige Schadstoffentlastung des Grundwassers gewährleistet, ist eines der anspruchvollsten und vielfach kontrovers diskutierten Themen im Vorfeld einer solchen Sanierungsmaßnahme. Dazu wird in der Regel im Ergebnis der Bodenuntersuchungen ein geometrisches Sanierungsziel umrissen, das darin besteht, den Untergrund im Quellbereich im Rahmen der Verhältnismäßigkeit von Schadstoffen zu entlasten und so das grundwasserverfügbare stoffliche Nachschubpotential insoweit zu reduzieren, dass keine weiteren Grundwassersanierungsmaßnahmen notwendig sind. Hierbei stellen sich insbesondere an die gutachterlichen Untersuchungen und ingenieurseitigen Planungsarbeiten hohe Anforderungen. Bewährt hat sich ein Modell, bei dem mehrere Aushubvarianten mit ihren ermittelten Schadstofffrachten kostenseitig gegenübergestellt werden und im Ergebnis die Aushubvariante gewählt wird, die im Vergleich von ausgeprägter Schadstoffmenge zu Aushubkosten die optimierte bzw. effizienteste Lösung bietet.

Die Erfahrungen vieler Bodensanierungsmaßnahmen zeigen aber auch, dass selbst relativ engmaschige Linerbeprobungen im Rahmen der Sanierungsuntersuchungen die tat-

sächliche Schadstoffverteilung im Boden nur eingeschränkt abbilden können und deshalb in einzelnen Fällen das geometrische Sanierungsziel im Zuge von Sohlbeprobungen bzw. der Deklaration des Bodenaushubs in seiner vertikalen und horizontalen Begrenzung ggf. angepasst werden muss („letzte Baggerschaufel“, Messungen der leichtflüchtigen Schadstoffe mit dem Photoionisationsdetektor PID).

Allein mit den Bodensanierungsprojekten auf 17 Grundstücken im Ökologischen Großprojekt Berlin wurden insgesamt 1,5 Mio t Bauschutt und Boden ausgehoben und zu 76 % als gefährlicher Abfall entsorgt. Hinzu kamen rd. 91 000 t belasteter Industrieschlamm und rd. 2 t LHKW und BTEX aus der ungesättigten Bodenzone. Die aus der gesättigten Bodenzone ausgetragenen ca. 1500 t Schadstoffe, insbesondere COP, BTEX und MKW, können nur eine Vorstellung der Größenordnung vermitteln, da für eine vollständige Bilanzierung die Datenbasis nicht hinreichend ist (NAUMANN & ZIMMERMANN 2018).

6 Nutzung von Synergien der Flächenentwicklung im Rahmen der Altlastenfreistellung

Im Unterschied zur anfänglichen Altlastenbearbeitung in den 90er Jahren hat man ab dem Jahr 2000 auf vielen der ehemals belasteten Industrieflächen investiert, so dass eine große Anzahl dieser Grundstücke neu bebaut bzw. unter Nutzung vorhandener Bausubstanz einem neuen Zweck zugeführt wurden. Diese Entwicklung wäre nicht möglich gewesen, wenn man beispielsweise nur eine hydraulische Sicherung der Wasserwerke ohne die Sanierung der Schadstoffeintragsgrundstücke verfolgt hätte. Mit diesem erweiterten Ansatz ist es gelungen, die ursprünglich weitflächig vorhandenen Schadstoffbelastungen in Boden und Grundwasser in diesem Teil von Berlin maßgeblich zu reduzieren. Gleichzeitig erreichte man neben dem Zweck der Gefahrenabwehr auch die Beseitigung von Investitionshemmnissen. Nicht zuletzt der Tatsache einer in der Regel 90%igen Kostenübernahme der Gefahrenabwehrmaßnahmen durch

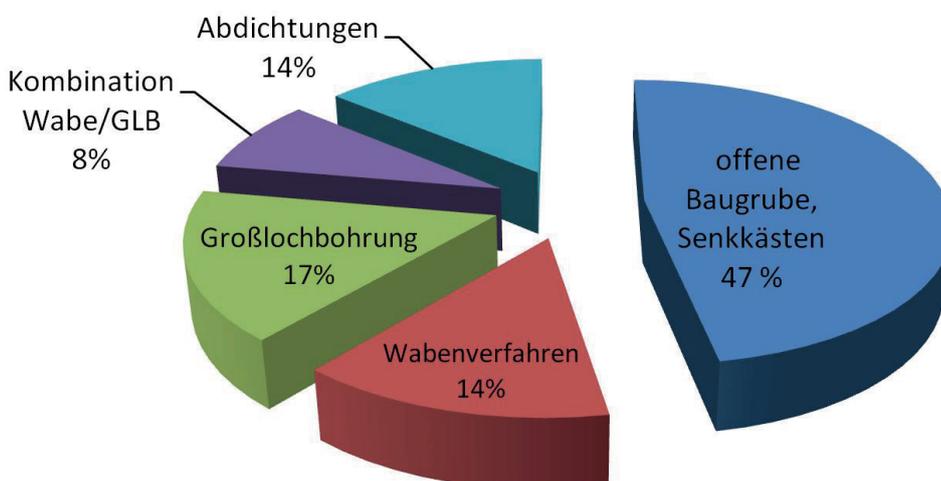


Abb. 4: Angewandte Sanierungs- und Sicherungsverfahren bei der Bodensanierung im Bereich des VA-Altlasten, Land Berlin

Fig. 4: Technical procedures of remediation and containment performing soil remediation measures on contaminated sites in Berlin

Bund und Land ist es zu verdanken, dass sich zahlreiche Investoren entschlossen haben, nach Einstellung der früheren Industrieproduktion Entwicklungsmaßnahmen auf den ehemaligen Altlastengrundstücken umzusetzen, hier neue Gewerbe anzusiedeln und Arbeitsplätze zu schaffen.

Sobald Entwicklungsabsichten zu den einzelnen Altlastengrundstücken bestanden, hat sich die jeweilige Projektgruppe mit den Investoren ins Benehmen gesetzt, um Synergien für die Umsetzung laufender bzw. zurückgestellter Gefahrenabwehrmaßnahmen auszuloten. Das Ziel dieser Vorgehensweise für die Behörde und den Investor besteht darin, dass auf dem Grundstück alle Schadstoffherde erkannt und – soweit gefahrenrelevant – beseitigt werden. Zusätzlich kann der Investor ggf. finanzielle Vorteile im Rahmen der Mehrkostenklausel zur Entsorgung erwarten, sofern sanierungserhebliche Schadstoffmassen im Rahmen seiner Baufeldvorbereitung anfallen. Bund und Land dage-

gen können Untersuchungen und/oder Boden-sanierungen umsetzen, ohne z. B. die Kosten zum Abriss von Gebäuden oder Fundamenten zu tragen.

Insoweit führt auf Altlastengrundstücken die Kopplung von Sanierungsmaßnahmen (Quellensanierung) an investitionsbedingte Erschließungen für alle Beteiligte zu einem hohen Nutzen. Statistische Erhebungen der Berliner Senatsverwaltung belegen, dass im Rahmen des Freistellungsverfahrens insgesamt 73 Grundstücke mit einer Gesamtfläche von 408 ha saniert wurden bzw. derzeit noch saniert werden. Für 61 Flächen mit einer Gesamtflächen-größe von 343 ha wurden seitens der öffentlichen Hand Sanierungskosten mit einem Gesamtbetrag von 183,2 Mio. € refinanziert. Daraus resultieren Durchschnittskosten von etwa 53,3 €/m² für die in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführten Altlastenflächen mit Kosten-Bandbreiten gemäß Abb. 6 (NAUMANN & MÜLLER 2015).

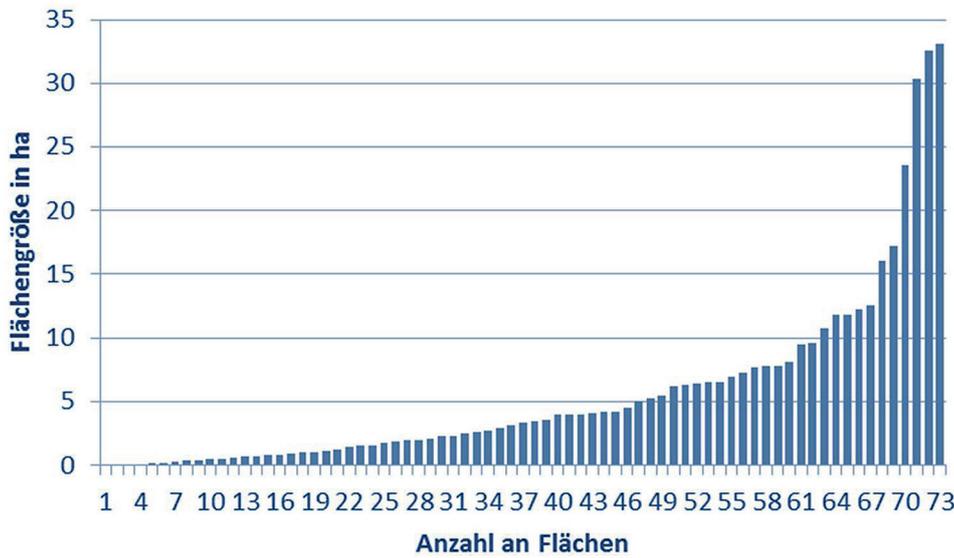


Abb. 5: Verteilung der Flächengrößen (ha)

Fig. 5: Representation of the area sizes (ha)

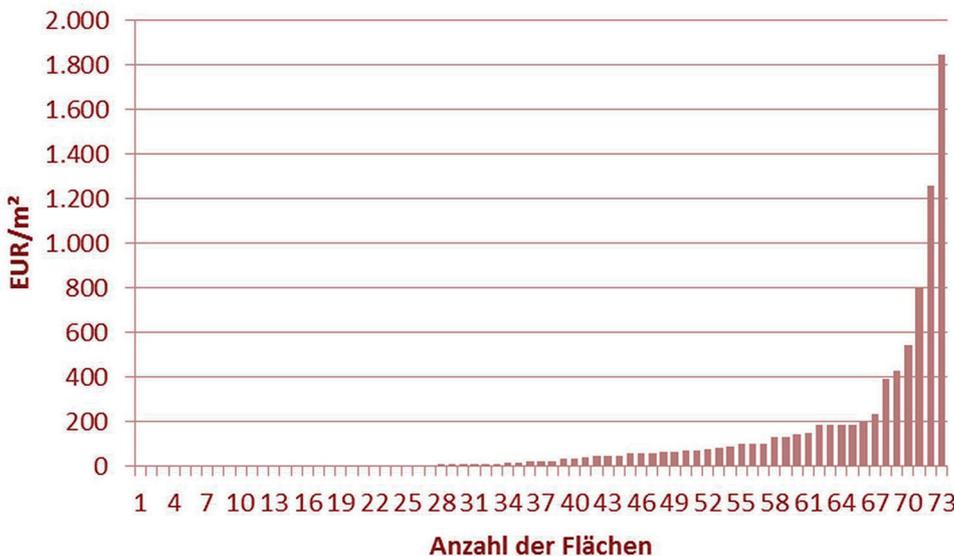


Abb. 6: Flächenspezifische Sanierungskosten (€/m²)

Fig. 6: Area-specific costs of remediation (€/m²)

Von den sanierten Flächen werden derzeit bereits 50 ha für industrielle und gewerbliche Zwecke genutzt, 65 ha befinden sich in der konkreten Planungsphase und 218 ha stehen einer neuen Nutzung für Wohnbebauung, Misch- oder Gewerbegebiete zur Verfügung, nur 75 ha sind aktuell noch nicht beplant. Inwieweit durch das Bevölkerungswachstum und dem damit verbundenen erheblichen Wohnungsdruck in Berlin weitere Umnutzungen stadtplanerisch erforderlich sind, ist derzeit noch nicht abschätzbar aber wahrscheinlich.

7 Zusammenfassung

Die Ergebnisse der 30-jährigen Altlastensanierung in Berlin zeigen, dass mit der weitflächigen Schadstoffverminderung im Boden und Grundwasser die Sicherung der Trinkwassergewinnung langfristig und nachhaltig erreicht wird. Die damit verbundene vielfache Sanierung innerstädtischer Industriebrachen mit Mitteln der öffentlichen Hand führt zu umfangreichen privatwirtschaftlichen Investitionen und wirkt positiv auf Stadtentwicklung. Dies ermöglicht die Reduzierung des Flächenverbrauches ebenso wie die Bewahrung städtebaulicher Strukturen von Wohnen und Gewerbe. Diese Entwicklung entspricht dem Ziel und erfüllt den Zweck des Investitionshemmnis-Beseitigungsgesetzes aus dem Jahre 1991.

Summary

The results of 30 years of remediation of contaminated sites in Berlin show that the widespread reduction of pollutants in the soil and groundwater had contribute decisively to the sustainable protection of drinking water supply in the long term. The associated multiple remediation of urban brownfield sites with public funds leads to extensive private-sector investments and has a positive effect on urban development. This makes it possible to reduce land consumptions as well as the preservation of urban structures of residential and commercial areas. This development is in line with the goal and fulfills the purpose of the Investment Obstacles Removal Act from the year 1991.

Literaturverzeichnis

- NAUMANN, J. & W. MÜLLER (2015): Altlastenmanagement und Flächenrecycling in Berlin, unveröffentlicht
- NAUMANN, J. & A. ZIMMERMANN (2018): 25 Jahre Ökologisches Großprojekt Berlin, eine Erfolgsgeschichte aus der Bundeshauptstadt – altlasten spektrum 05.18, S. 173–183
- RAUCH, F. (2013): Chancen und Grenzen von Quellensanierungen an Beispielen im Ökologischen Großprojekt Berlin (ÖGP Berlin)

ZIMMERMANN, A. (2008): Erfolge und Grenzen bei der Erkundung und hydraulischen Sanierung von Grundwasserschäden – Altlastensymposium „15 Jahre Ökologisches Großprojekt Berlin“

Anschriften der Autoren:

Dipl.- Geol. Andreas Zimmermann
GESA Gesellschaft zur Entwicklung
und Sanierung von Altstandorten mbH
Schöneberger Ufer 89–91
10785 Berlin
E-Mail: a.zimmermann@gesa-info.de

Dipl.- Geogr. Frank Rauch
Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität,
Verbraucher- und Klimaschutz
Brückenstraße 6
10179 Berlin
E-Mail: frank.rauch@senumvk.berlin.de