

# Altablagerung „Balger Straße“

Sicherung durch Kombination von Einphasen-Dichtwand, MIP-Wand und Dränagewand

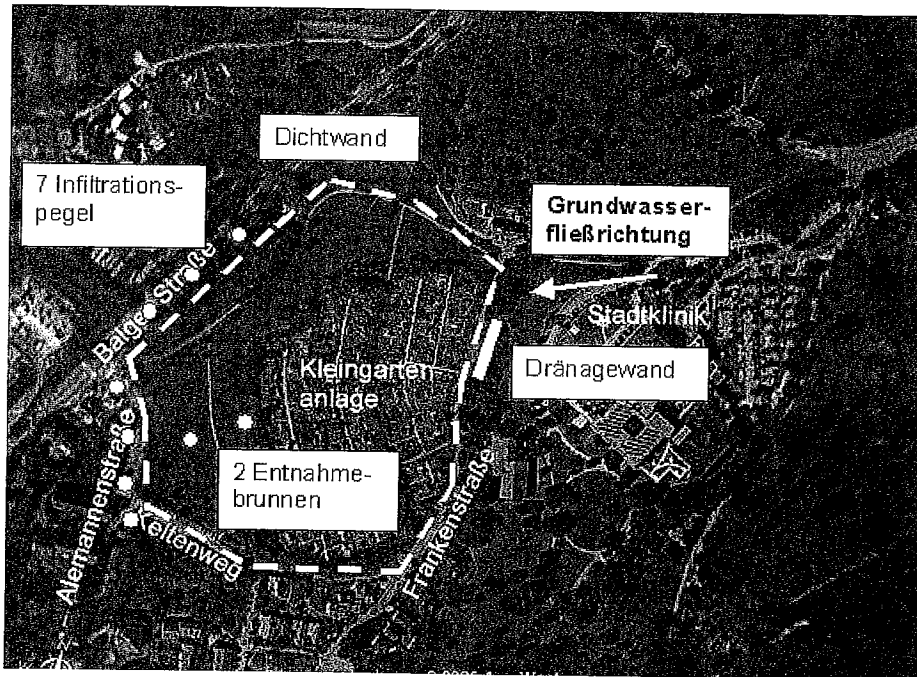


Bild 1: Lageplan mit Sanierungselementen (Luftbildaufnahme google earth)

Mit den Bauarbeiten und vorbereitenden Arbeiten zur Dicht- und Dränagewand sowie der Herstellung der Müllbohrung wurde im Dezember 2007 begonnen. Die Arbeiten führte die Arbeitsgemeinschaft Sanierung Altablagerung Balger Straße - Bauer Spezialtiefbau GmbH/Bauer Umwelttechnik GmbH, Schrobenhausen aus. Bauherr war der Eigenbetrieb Umwelttechnik der Stadt Baden-Baden. Die Bauarbeiten wurden Ende August 2008 abgeschlossen.

Die Altablagerung „Balger Straße“ befindet sich im Stadtteil Weststadt. Im Bereich der Altablagerung steigt das Gelände von NN +145 m auf NN +173 m. Auf der Altablagerung befindet sich heute im östlichen Teil eine Kleingartenanlage. Der südliche, westliche und nördliche Teil wurde mit Rasenfläche, Wegen und Bäumen angelegt. Im Osten befinden sich eine Skater-Anlage sowie ein Kinderspielplatz. Bild 1 zeigt die Ausdehnung der Altablagerung sowie die Anordnung der Sanierungselemente.

## Geologie, Untergrund und Grundwasserverhältnisse

Die Altablagerung liegt in der Vorbergzone am östlichen Rand des Oberrheingrabens, ungefähr 300 m westlich der Hauptgrabenrandstörung. Die Vorbergzone besteht hier überwiegend aus tertiären Tonmergelsteinen, die mit quartären Lockergesteinen (Hangschutt, Fließerden, Terrassenschottern, Lösslehm) überdeckt sind.

Der tiefere im Untersuchungsgebiet anstehende Untergrund setzt sich aus oligozänen alttertiären Tonmergelsteinen der Unteren Pechelbronner Schichten zusammen, die in der ehemaligen Tongrube abgebaut wurden. Es handelt sich hierbei um Abfolgen feinschichtiger Tonmergelsteine mit vereinzelt Konglomeratlagen. Bei der quartären Überdeckung handelt es sich um eine Abfolge aus groben Schottern und Blöcken, eiszeitliche Fließerden sowie einer Lösslehmabdeckung.

Die Altablagerung wurde nach ihrer Schließung lediglich mit einer Erdatdeckung versehen. Die Mächtigkeit der Abdeckschicht beträgt meist 1–3 m. Die Bestimmung der Müllgrenze bzw. die Lage der Dichtwandtrasse wurde aufgrund vorhandener Luftbildauswertungen während der Verfüllung der Tongrube sowie aus

Thomas Egloffstein, Gernot Kunz,  
Markus Schmiel

In den Jahren 1956 bis 1972 wurde eine ehemalige Tongrube nordwestlich der Stadt Baden-Baden als Deponie zur Ablagerung von Siedlungs- und Gewerbeabfällen, Sperrmüll, Bauschutt und Erdaushub sowie Straßenkehrschutt und Resten aus der damaligen Hausmüll- und Klärschlammkompostierung genutzt. Das Ablagerungsvolumen wurde bei einer Ablagerungsfläche von ca. 6,5 ha mit ca. 700 000 bis 1 000 000 m<sup>3</sup> abgeschätzt. Die Deponie wurde nach ihrer Schließung lediglich mit einer ca. 1 bis 3 m starken Erdatdeckung ohne jegliche weitere technische Sicherungselemente versehen. 2006 wurde mit der Sanierung des Geländes begonnen.

Ab 1991 wurde die Altablagerung gemäß BBschV eingehend untersucht. Gemäß dem Altlastenhandbuch Baden-Württemberg wurde die Altablagerung in vier Stufen erkundet (Einfache Erkundung E<sub>0-1</sub>, Orientierende Erkundung E<sub>1-2</sub>, Nähere Erkundung E<sub>2-3</sub>, Eingehende Erkundung E<sub>3-4</sub>). Im Jahr 2006 wurde auf Grundlage der von ICP erstellten Sanierungsplanung nach BBschV die Genehmigung zur Sanierung der Altablagerung Balger Straße durch das Regierungspräsidium Karlsruhe erteilt.

In diesem Zusammenhang wurde eine Dichtwand um die Altablagerung vorgesehen (Länge ca. 950 m, mittlere Tiefe ca. 15 m). Zur Regulierung des Grundwasserspiegels wurden im Anstrombereich eine Dränagewand zur Entnahme von Grundwasser sowie im Abstrombereich mehrere Reinfiltrationsbrunnen vorgesehen, um einen Aufstau von Grundwasser vor der Wand sowie einen Absink des Grundwassers und Setzungsschäden bei der Wohnbebauung zu verhindern. In diese Brunnen wird zur Grundwasserkompensation das aus der Dränagewand entnommene Grundwasser reinfiltiert. Innerhalb der Umschließung wird über zwei Müllbohrungen Sickerwasser entnommen und zunächst dem städtischen Schmutzwasserkanal zugeführt. Nach Fertigstellung der Umschließung und einer Monitoring-Phase wird dann eine Sickerwasserreinigungsanlage installiert.

Bohrungen bzw. durch ergänzende Sondierungen ermittelt.

Die Altablagerung liegt im Heilquellenschutzgebiet, Zone III. Das oberirdische Grundwassereinzugsgebiet beträgt ca. 40 ha. Als mittlere Grundwasserneubildungsrate wurden  $8,71/s \times km^2$  ermittelt. Die Fließrichtung und das Gefälle des Grundwassers werden im Wesentlichen durch die Morphologie des stauenden Tonsteins und am Hangfuß auch durch die Inhomogenitäten innerhalb des Lockergesteins bestimmt. Die Durchlässigkeiten der quartären Ablagerungen wurden im Bereich von  $1,6 \times 10^{-6}$  bis  $2,8 \times 10^{-4}$  m/s ermittelt. Über dem stauenden Tonmergelstein ist ein zwischen ca. 0,7 m und ca. 5,3 m mächtiger freier Grundwasserleiter ausgebildet. Der Grundwassergleichplan zeigt im östlichen Zustrombereich eine nach Westsüdwest gerichtete Grundwasserströmung, die sich im weiteren Grundwasserabstrom deutlich nach Südwesten ausrichtet.

## Kontamination und Sanierungsziele

Im Rahmen der Erkundung wurden Gasmessungen mithilfe eines FID-Messgerätes auf der gesamten Fläche sowie in Schächten und den anliegenden Wohnbebauungen durchgeführt. Bei den durchgeführten Flächenkartierungen wurde eine Überschreitung der unteren Explosionsgrenze für Methan an drei Stellen im Bereich der Kleingartenanlage festgestellt. Bei einer Stelle wurde die UEG mit 4 Vol.-% fast erreicht. Darüber hinaus wurden Gasemissionen mit Werten  $> 1000$  ppm an insgesamt ca. zwölf weiteren Stellen kartiert.

Weiterhin wurde festgestellt, dass es vor allem im Straßenunterbau im höher gelegenen Bereich der Frankenstraße und unter dem Parkplatz am Keltenweg zu Gasansammlungen und hohen  $CH_4$ -Konzentrationen kommen kann. Des Weiteren wurden teilweise in den anliegenden Häusern des Keltenweges und der nördlichen Alemanenstraße eine geringe  $CH_4$ -Belastung der Raumluft (maximal 70 ppm) gemessen.

Die Notwendigkeit einer Sanierung wurde bereits als Ergebnis der Näheren Erkundung  $E_{2,3}$  erkannt. Seinerzeit wurde als wesentlicher Aspekt der Gefährdung der Gaspfad identifiziert. Im Verlauf der Eingehenden Erkundung  $E_{3,4}$  stellte sich heraus, dass der Wasserpfad aufgrund der Verunreinigungen mit im Wesentlichen CKW, PAK und Ammonium, untergeordnet auch mit Benzol und Cyanid, gegenüber dem Gaspfad eine noch wesentlichere Gefährdung darstellt. Die deutlichen Überschreitungen des Prüfwertes bei PAK, CKW, Benzol, Cyanid und Ammonium im Grundwasserabstrom zeigten, dass von der Altablagerung eine Grundwasserunreinigung ausgeht, die auch noch in weiter entfernten Messstellen erkannt wird. Die Prüfwerte der



Bild 2: Herstellung der Einphasendichtwand mithilfe eines Schlitzwandgreifers

BBodsChV wurden im Grundwasserabstrom für Ammonium 140-fach, für CKW 100-fach und für PAK 68-fach überschritten.

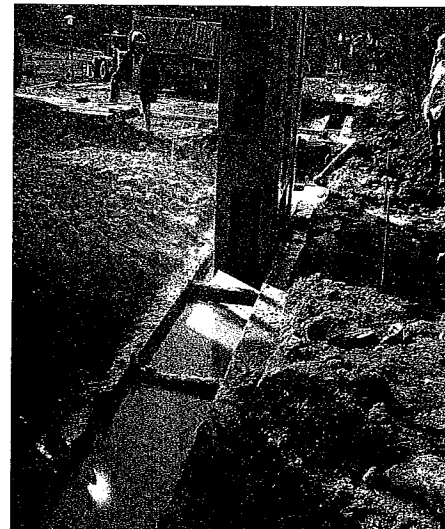
Auf Grundlage der  $E_{3,4}$ -Erkundung und einer Immissions-/Emissionsbetrachtung mit dem Stromröhrenmodell der LUBW Baden-Württemberg konnte nachgewiesen werden, dass eine Vollumschließung die Schadstoffe CKW, PAK und Ammonium unter die  $E_{max}$ -Grenze reduziert (Erfüllung der einzelfallbezogenen Mindestanforderung). Eine Niederschlag-Volumenreduktion durch eine Oberflächenabdichtung war für die Einhaltung der einzelfallbezogenen Mindestanforderung nicht erforderlich. Diese Ausgangslage führte zu dem Sicherungs-/Sanierungsvorschlag der Umschließung mithilfe einer Dichtwand ohne Oberflächenabdichtung.

Als Sanierungsziel der Altlast „Balger Straße“ wurde eine Reduktion der Schadstoffe CKW, PAK, Benzol, Cyanid und Ammonium in den abstromigen Grundwassermessstellen unter die  $E_{max}$ -Grenze mithilfe einer Vollumschließung ohne Oberflächenabdichtung definiert.

Die Dichtwand stellt gleichzeitig eine Sicherung der umliegenden Wohnbebauung in Bezug auf im Untergrund migrierendem Deponiegas dar. In Übereinstimmung mit den Annahmen des erstellten Grundwassermodells wurde eine Systemdurchlässigkeit der Dichtwand von  $k_{sys} = 10^{-9}$  m/s zugrunde gelegt. Die Systemdurchlässigkeit berücksichtigt neben der Durchlässigkeit des reinen Dichtwandmaterials, die mit  $k_{DWM} = 10^{-9}$  m/s angesetzt wurde, auch den Einfluss von Imperfektionen, z. B. Fugenqualität, allgemeine Qualität der Dichtwandherstellung und Restdurchlässigkeit der Einbindung in den Tonstein.

## Bauausführung

In der Ausführungsplanung wurde für die Dichtwand ursprünglich eine Einphasendichtwand, Stärke  $d = 60$  cm mit einer Einbindetiefe in den Tonstein von  $t = 2$  m vorgesehen. Bei der Herstellung einer Ein-



phasendichtwand wird mithilfe eines Schlitzwandgreifers oder einer Schlitzwandfräse ein vertikaler Schlitz im Boden ausgehoben. Der Schlitz wird dabei in einzelnen Lamellen abschnittsweise hergestellt. Die Schlitzwandlamellen müssen während des Aushubvorgangs kontinuierlich durch eine Stützflüssigkeit gegen den Erddruck des Bodens gestützt werden.

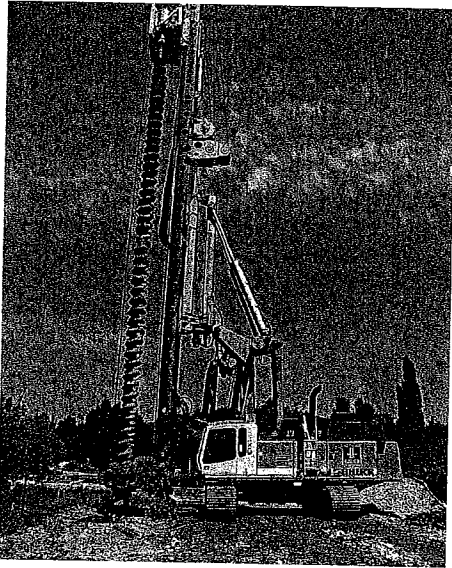
Diese Suspension wird im Gegensatz zum Zweiphasen-Verfahren nicht mehr ausgetauscht. Nach dem Aushub der Lamelle verbleibt die frische Dichtwandsuspension im Schlitz, der Zement erstarrt, die Stützflüssigkeit wird fest und übernimmt dann ihre Aufgabe als Dichtungsmaterial.

Im Rahmen der Vergabe der Baumaßnahme wurde in einem Sondervorschlag die Gleichwertigkeit einer Mixed-in-Place-

## Danksagung

Die Sanierung der „Altablagerung Balger Straße“ wird zu 90% durch den Altlastenfond des Landes Baden-Württemberg gefördert. Die Stadt Baden-Baden dankt dem Umweltministerium des Landes Baden-Württemberg, dem Regierungspräsidium Karlsruhe als Genehmigungs- und Bewilligungsbehörde, vor allem den dort zuständigen Mitarbeitern Herrn Herr und Herrn Boos, dem Fachgebiet Umwelt und Gewerbeaufsicht als Untere Bodenschutz- und Altlastenbehörde, insbesondere Herrn Braun und Herrn Teichmann, den Mitgliedern der Altlastenbewertungskommission und allen projektbeteiligten Firmen für die Ermöglichung der Durchführung dieses Projektes.

Seitens der Verfasser dieses Artikels sei darüber hinaus dem Bauherrn, dem Eigenbetrieb Umwelttechnik der Stadt Baden-Baden, Frau Emling und Herr Schäfer für die immer konstruktive und kollegiale Zusammenarbeit gedankt.



**Bild 3:** Herstellung der Dichtwand mithilfe des Mixed-in-Place-Verfahrens

Wand (MIP-Wand) zur ausgeschriebenen Einphasendichtwand nachgewiesen. Zur Herstellung einer MIP-Wand wird eine an einem Mätkler eines Großdrehbohrgerätes angeordnete Dreifachschnecke unter Suspensionszugabe abgebohrt. Nach Erreichen der Endtiefe wird durch wechselseitiges Drehen der einzelnen Schnecken, bei ggf. gleichzeitigem Auf- und Abbewegen des gesamten Schneckenstranges das Boden-Bindemittelgemisch homogenisiert.

Um die Ausführung einer durchgehenden, fugenlosen Wand zu gewährleisten, werden die Einzellamellen nach dem sogenannten doppelten Pilgerschrittverfahren angeordnet. Diese Herstellungsabfolge ist gekennzeichnet durch eine zusätzliche Bearbeitung der Überschneidbereiche aus Primär- und Sekundärlamelle. Somit ist gewährleistet, dass jeder Bereich zweimal von der Dreifachschnecke durchfahren und bearbeitet wird.

Durch die fortlaufende, Nass-in-nass-Herstellung von Primär-, Sekundär- und Zusatzlamellen, entsteht in Abhängigkeit vom Schichtrythmus eine beinahe fugenlose Wand. Das Ergebnis ist ein sehr gering wasserundurchlässiges System mit  $k_f < 1 \times 10^{-9}$  m/s.

Da das MIP-Großbohrgerät jedoch aufgrund der begrenzten Höhe seiner Schnecken die Dichtwand nur bis zu einer Tiefe von 18 m herstellen kann, die Dichtwandumschließung der Altdeponierung jedoch in Teilen bis zu einer Tiefe von 23 m aufweist, mussten im Rahmen der Bauausführung beide Verfahren zum Einsatz kommen (MIP-Wand ca. 750 lfm., Einphasendichtwand ca. 200 lfm.).

### Qualitätssicherung Dichtwandarbeiten

Die Qualitätssicherung der Dichtwandarbeiten auf der Baustelle erfolgte durch eine Eigenüberwachung der Baufirma sowie einer unabhängigen Fremdüberwachung (Büro IGH, Dr. Friedrich, Hannover). Neben

Eignungsuntersuchungen der eingesetzten Dichtwandbaustoffe bei der MIP bzw. Einphasendichtwand (Rheologie, Nachweis ausreichender Festigkeit und Durchlässigkeit sowie Sickerwasserbeständigkeit) umfasste die Qualitätssicherung bei der Einphasendichtwand im Wesentlichen:

- Eingangskontrollen der Dichtwandmasse nach dem Mischen der einzelnen Baustoffe (Fließgrenze, Filtratwasserabgabe, Marsh-Zeiten, Dichte)

- Kalibrierung der Messtechnik im Greifer (Kreisel-/Inklinometermesssystem)

- Prüfen des Lamelleneinteilungsplanes

- Prüfungen während der Herstellung der Dichtwand im Kopf-, Mitte- und Fußbereich der hergestellten Dichtwand (rheologische Parameter, Sandgehalt, Schichtfolge und Kontrolle der Einbindetiefe des einbindenden Tonsteins, Bestimmung  $c_u$  bei Herstellung von Sekundärlamellen, Tiefe der Dichtwand, Kontrolle der Vertikalität und des Überschneidungsmaßes der Schlitzwandlamellen, Fußpunktversatzplan)

- Nach Fertigstellung und Aushärtung der Einphasendichtwand wurden Kernbohrungen DN 150 in der Dichtwand hergestellt und Absenk- bzw. Pumpversuche zur Überprüfung der Durchlässigkeit der Wand durchgeführt. Die Versuche waren zum Redaktionsschluss noch nicht vollständig abgeschlossen. Die vorläufigen Ergebnisse weisen auf eine Durchlässigkeit der Wand im Bereich  $10^{-9}$  m/s hin.

Bei den MIP-Wandarbeiten wurde die Qualitätssicherung auf der Baustelle wie folgt festgelegt:

- Eingangskontrollen Bentonit (Fließgrenze, Filtratwasserabgabe, Auslaufzeit, Dichte)

- Prüfung der Frischsuspension (pH-Wert Temperatur, Marshzeit, Dichte)

- Entnahme von Probenmaterial aus der Lamelle (Schöpfprobe in ca. 2 m Tiefe zur Bestimmung der Druckfestigkeit und der Wasserdurchlässigkeit). Weiterhin wurde festgelegt, an mehreren Stellen Tiefenentnahmen (Mitte- und Fußbereich) mit einem speziellen Kastenbohrer durchzuführen, der an der MIP-Schnecke befestigt wurde.

- Erkundung der Einbindetiefe in den Tonstein: Bei jedem Primärstich wurde die Dreifachschnecke mit wenig Suspension auf planmäßige Endtiefe abgebohrt. Abschließend wird mit drehenden äußeren Schnecken und stehender Mittelschnecke gezogen.

- Kalibrierung der Messtechnik in den äußeren Schnecken (Inklinometer)

- Fußpunktversatzplan und fortlaufende Einmessung der Stiche durch einen am MIP-Gerät installierten Laser

- Herstellprotokolle der MIP-Stiche (Bohrtiefe, Drehzahl der Antriebsmotoren, Suspensionsdurchfluss, Suspensionsverbrauch, Abbohr- und Ziehzeit, Tiefenverlauf)

- Nach Fertigstellung und Aushärtung der MIP-Wand wurden ebenfalls Kernbohrungen DN 150 zur Überprüfung der Durchlässigkeit hergestellt. Weiterhin wurde ein von der Universität Karlsruhe (Institut für Boden- und Felsmechanik) entwickeltes Dichtwandprüfgerät in der MIP-Wand eingebaut. Auch hier waren die Versuche bei Redaktionsschluss noch nicht vollständig abgeschlossen. Die Ergebnisse der Wiederanstiegsversuche liegen bei ca.  $6 \times 10^{-10}$  m/s.

Die Dichtwandarbeiten konnten nahezu reibungslos ablaufen. Insbesondere das MIP-Verfahren stellte eine gute technische und wirtschaftliche Alternative gegenüber dem ausgeschriebenen Einphasendichtwandverfahren dar.

### Monitoring und Sickerwasserreinigungsanlage

Nach dem Bau der Dicht- und Dränagewand beginnt ab September 2008 eine Monitoring-Phase, in der neben Gas-, Setzungs- und Grundwassermessungen die in der Grundwassermodellierung berechneten Entnahmemengen für die Sickerwasserhaltung überprüft werden. Hierzu werden vierteljährlich Sickerwasserproben in den Müllbohrungen entnommen und auf die Parameter des Anhangs 51 der Abwasserverordnung sowie die spezifischen Parameter der Altdeponierung analysiert. In der Monitoring-Phase soll sowohl die Mengen- als auch die Konzentrationsentwicklung der Sickerwasserinhaltsstoffe ermittelt werden, um mit diesen gewonnenen Daten eine Sickerwasserreinigung zu optimieren.

Während der Monitoring-Phase wird anfallendes Sickerwasser zunächst über die Mischwasserkanalisation in die Kläranlage eingeleitet. Eine den Gegebenheiten angepasste Sickerwasserreinigung wird nach Auswertung der Daten aus der Monitoring-Phase konzipiert, wenn genügend belastbare Daten über die Zusammensetzung, Konzentrationen und Mengen des Rest-Sickerwassers vorliegen. Primäres Ziel ist die Reinigung auf Direkteinleiterniveau und Ableitung des gereinigten Wassers in den Regenwasserkanal bzw. in die Oos. Ist dieses Reinigungs-niveau im Rahmen einer ökologischen und ökonomischen Kosten-Nutzen-Betrachtung nicht erreichbar, so wird eine auf die Reinigungsleistung der Kläranlage Baden-Baden abgestimmte Vorreinigung konzipiert. ■

### Literaturhinweis

Egloffstein/Burkhardt (Hrsg.): „Sicherung der Altdeponierung „Balger Straße“ in Baden-Baden durch eine kombinierte Einphasen-Dichtwand/MIP-Wand/Dränagewand“, Altlasten 2008, ICP Eigenverlag. Bauen und Umwelt, Band 4; ISBN 978-3-939662-03-7