

730 Untergrundabdichtung

730.1 Leistungsbeschreibung (rechtliche / technische Grundlagen)

Die Errichtung einer nachträglichen Untergrundabdichtung hat zum Ziel, die vertikale Schadstoffausbreitung aus einem kontaminierten Bereich über den Grundwasserpfad zu unterbinden. Am ehesten kommt eine Basisabdichtung in Kombination mit anderen Sicherungsmaßnahmen wie Oberflächenabdichtung und vertikale Abdichtung sowie einer Sickerwassererfassung und -behandlung in Betracht. Sind unter einer Altlast bis in größere Tiefen nur wasserdurchlässige Bodenschichten anzutreffen, so kann es sinnvoll sein, die Einkapselung an der Basis durch eine nachträgliche Basisabdichtung zu schließen. Durch die vollständige Einkapselung wird ein im Grundwasser stehender "Topf" ausgebildet, dessen Innenwasserstand geringfügig unterhalb des Außenwasserstandes gehalten wird, um einen dem Konzentrationsgradienten entgegengerichteten Druckgradienten zu erreichen. Als sehr kostenintensives Verfahren wurde der Einbau einer nachträglichen Basisabdichtung bisher nur in Einzelfällen realisiert.

Verfahrensbeschreibung

Die Verfahren zur nachträglichen Errichtung einer Untergrundabdichtung basieren im wesentlichen auf Poreninjektionsverfahren und die bergmännische Unterfahrung (Stollenbau). Je nach Bauverfahren wird unterschieden zwischen

- vertikaler Injektion geeigneter, abdichtender Materialien in das vorhandene Gestein von der Geländeoberfläche aus nach Durchbohrung des Schadstoffkörpers (Jet-Grouting-Verfahren),
- horizontaler Injektion geeigneter, im erhärteten Zustand gering durchlässiger Materialien in das vorhandene Gestein von Baugruben / Schächten bzw. von bergmännisch hergestellten Stollen aus (Injektionsschirme),
- Herstellung einer durchgehenden Sohle mittels Dichtungsteppich aus geeigneten, abdichtenden Materialien von bergmännisch hergestellten Stollen aus (Injektion mit Düsenstrahlsäge, Stahlelemente mit Dichtungsmasse, Einbau von Dichtungsbahnen mit Schwerteinbauverfahren)
- Überschnittene bzw. dicht an dicht gelegene, mit dichtendem Material verfüllte, bergmännisch erstellte Stollen.

Im Rahmen der Altlastensicherung spielen Verfahren mit bergmännischer Unterfahrung (Stollenbau) aufgrund des hohen technischen Aufwandes praktisch keine Rolle. Neben den verfahrenstechnischen Kosten wären darüber hinaus zusätzliche Kosten für die Entsorgung von möglicherweise kontaminiertem Bodenaushub zu berücksichtigen. Bisher wurden nachträgliche Untergrundabdichtungen von Altlasten nur mittels Injektion entsprechender Materialien von der Geländeoberfläche aus hergestellt.

Bei dem Jet-Grouting-Verfahren wird nach dem Abteufen einer Bohrung bis zur gewünschten Tiefe mit einem oder mehreren Hochdruckdüsen an der Spitze des Bohrgestänges (Düsenstrahlverfahren) innerhalb einer definierten Reichweite der anstehende Boden in seiner Struktur aufgelöst und mit einer Suspension vermischt. Das verfestigte Material liegt in Form einer Säule vor. Um einen durchgehenden Verfestigungskörper zu erhalten, werden die Bohrungen in einem Dreiecksraster so angeordnet, dass es zu Überschneidungen der verfestigten Säulen kommt. Das Jet-Grouting- / Soilcrete-Verfahren wird angewandt zur in-situ-Verfestigung von kontaminierten Böden. Es können organische und/oder anorganische Verunreinigungen eingebunden werden. Ursprünglich wurde das Verfahren entwickelt zur Baugrundverbesserung sowie zum Erstellen von Dichtungssohlen und Dichtwänden bei Baugruben.

Die Planung, Ausführung und Prüfung von Injektionsmaßnahmen bei Baumaßnahmen sind ausführlich in DIN 4093 beschrieben. Das Einpressen erfolgt von Bohrlöchern aus, die in einem definierten Bohrraster angeordnet sind. Dabei muss sichergestellt werden, dass sich die einzelnen Injektionskörper nach Fertigstellung überschneiden bzw. Klüfte und Hohlräume lückenlos verfüllt werden. Bei Injektionsmaßnahmen von der Geländeoberfläche aus muss eine flächenhafte Zugänglichkeit des Geländes für Bohrfahrzeuge usw. gegeben sein. Da bei solchen Maßnahmen zumindest teilweise durch den kontaminierten Bereich zu bohren ist, sind entsprechenden Maßnahmen des Arbeits- und Umgebungsschutzes zu planen.

Anforderungen an die Materialien

Sohlabdichtungen haben die Aufgabe, den Untergrund der Altlasten nachträglich gegen austretendes Sickerwasser bzw. Kontaminationen abzudichten. Die Abdichtung muss ihre Funktionsfähigkeit, Dauerbeständigkeit und Widerstandsfähigkeit über lange Zeit behalten. Die Anforderungen an das einzubringende Dichtmaterial sind entsprechend dem jeweiligen Bauverfahren anhand folgender Aspekte anzupassen:

- auf das Herstellungsverfahren abgestimmte physikalische Eigenschaften
- rasche Wirksamkeit (Dichtigkeit nach dem Einbau, Festigkeit)
- Beständigkeit gegen Kontamination im frischen und erhärteten Zustand
- Erstarrung und Erhärtung im teilweise kontaminierten Boden
- Dichtigkeit sowohl gegen Wasser als auch gegen versickerndes Niederschlagswasser und Schadstoffphasen.

Die einzubringenden Injektionsmischungen müssen je nach Komponentenauswahl eine niedrige Viskosität, damit sie fließfähig und auch über weite Strecken pumpbar sind, und ggf. eine geringe Sedimentation (Dekantation) aufweisen sowie eine lange Verarbeitungszeit garantieren.

Injektionsmaßnahmen zur Herstellung von nachträglichen Basisabdichtungen sind technisch nahezu bei allen Boden- bzw. Gesteinsarten realisierbar. Bei Böden mit ausreichend großem Porenraum werden weitestgehend Ton-Zement- bzw. Bentonit-Zement-Mischungen als mineralische Baustoffe für die Injektionen eingesetzt. Bei kleineren Porenräumen (z.B. schluffiger Sand) müssen fließfähigere Gemische, wie z.B. Silikat-Gele, verwendet werden. In der Erprobung befindet sich die Einbringung von Montanwachsemlulsionen mittels Düsenstrahlverfahren (Jet-Grouting). In der nachfolgenden Tabelle sind die Anwendungsmöglichkeiten der Injektionsmittel für die Herstellung von nachträglichen Basisabdichtungen nach DIN 4093 dargestellt.

Tabelle 1: Anwendungsmöglichkeiten der Injektionsmittel für die Herstellung von nachträglichen Basisabdichtungen nach DIN 4093

Hohlräume in		Abdichtung / Injektionsmittel
Lockergestein	Kies	Tonzementsuspension, Tonzementsuspension und Silikatgel ¹⁾
	Sand	Silikatgel, Tonsuspension
	schluffiger Sand	Silikatgel, Kunststofflösung (wässriges oder nichtwässriges System)
Fels	Hohlräume (Karst, große Klüfte)	Zementpaste, Zementmörtel, Zementsuspension, Tonzementsuspension, Schaumstoff
	Klüfte (> 0,1 mm)	Zementsuspension, Tonzementsuspension, Tonzementsuspension und Silikatgel ¹⁾
	Klüfte (≥ 0,1 mm)	Silikatgel
Bauwerke	Hohlräume (Stollen, Kanäle)	Zementpaste, Zementmörtel, Zementsuspension
	Fugen und Risse (> 0,1 mm)	Zementsuspension, Tonzementsuspension
	Risse (≤ 0,1 mm)	Kunststofflösung (wässriges oder nichtwässriges System)

1) Zweiphaseninjektion

Eignungsprüfung und Qualitätssicherung

Grundsätzlich müssen für die Suspensionen, die zur Herstellung einer nachträglichen Basisabdichtung verwendet werden, die gleichen Eignungsprüfungen wie für Dichtmassen bei der Herstellung von vertikalen Dichtwänden durchgeführt werden. Bei den Verfahren, die eine Zumischung des anstehenden u. U. kontaminierten Bodens für die eingebrachte Dichtmasse beinhalten, sind zusätzliche Untersuchungen erforderlich. Diese beziehen sich einmal auf die Mischfähigkeit des anstehenden Bodens in der Dichtmasse und insbesondere auf die Eigenschaften der Mischungen selbst (Druckfestigkeit, Durchlässigkeit und Auslaugverhalten). Man wird eine Bandbreite möglicher Mischungsverhältnisse erstellen, die sich an dem verwendeten und in einem Feldversuch vorab ermittelten tatsächlichen Mischungsverhältnis orientieren wird.

Die DIN 4093 gibt Vorgaben für die Prüfung von Injektionsmaßnahmen. Die Qualität der Ausführung der Maßnahme kann überprüft werden durch die

- Ausführung von Kernbohrungen im injizierten Bereich; Überprüfung von Mächtigkeit und Durchlässigkeit der hergestellten Basisabdichtung,
- Durchführung von Pumpversuchen zur Überprüfung der Gesamtdichtwirkung; hierzu ist die Einrichtung eines Grundwassermessstellennetzes erforderlich.

Ansonsten sind die für Spezialbaumaßnahmen üblichen qualitätssichernden Maßnahmen mit einer lückenlosen Dokumentation zu ergreifen.

730.2 Kostenermittlung

730.2.1 Abrechnungseinheiten, Kostenkalkulation

In der Kostenkalkulation sind die Abrechnungseinheiten wie folgt vorgesehen:

Leistung	Abrechnungseinheit	alternativ
Auffahren von Hohlräumen und Einbringen von Dichtsystemen	m ³	
Injektion von Dichtmassen / Suspensionen	m ³	

730.2.2 Leistungsregister

weiterführende Leistungen:

LB 01-00-00	Planung, Überwachung, Dokumentation
LB 11-00-00	Umwelt- und Geotechnische Felduntersuchung, Probenahme
LB 14-00-00	Geotechnische Laboruntersuchungen
LB 21-00-00	Baustelleneinrichtung
LB 22-00-00	Arbeits-, Emission- und Immissionsschutzmaßnahmen
LB 25-00-00	Wasserhaltung
LB 30-00-00	Erdarbeiten
LB 31-00-00	Wiedereinbau
LB 71-00-00	Oberflächenabdichtung
LB 72-00-00	Vertikale Abdichtung
LB 74-00-00	Immobilisierung
LB 80-00-00	Baustoffaufbereitung, Konditionierung, Vorbehandlung
LB 81-00-00	Entsorgung, Transport

730.3 Literatur

Deutsches Institut für Normung (1987): DIN 4093 Einpressen in den Untergrund. Planung, Ausführung, Prüfung; Berlin 1987.

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.) (1990): Handbuch für die Einkapselung von Altablagerungen, Materialien zur Altlastenbearbeitung Band 4, Karlsruhe, November 1990.

730.4 Information über Leistungsanbieter

Kompetente Fachunternehmen sind anhand einschlägiger Referenzen auszuwählen.