

720 Vertikale Abdichtung

Durch eine vertikale Abdichtung, die i.d.R. als Dichtwand ausgeführt wird, soll die horizontale Schadstoffausbreitung durch das Grundwasser in der gesättigten Zone unterbunden werden. Zur Einkapselung von Bodenverunreinigungen werden vertikale Abdichtungen häufig in Kombination mit Oberflächenabdichtungen und hydraulischen Maßnahmen eingesetzt. Dichtwände dienen darüber hinaus zur räumlichen Begrenzung von hydraulischen Maßnahmen oder von Dekontaminationsverfahren in-situ.

Voraussetzung für den Einsatz von vertikalen Abdichtungen ist das Vorhandensein eines ausreichend mächtigen, gering durchlässigen Horizontes, in den die Abdichtung eingebunden wird. Technisch möglich ist die Erstellung der Abdichtungen sowohl im Locker- wie im Festgestein. In der Regel werden vertikale Abdichtungen jedoch vorwiegend im Lockergestein ausgeführt.

Die Eignung der für die Abdichtung gewählten Materialien ist im Labor nachzuweisen (z. B. Abbindeverhalten und Beständigkeit gegenüber vorhandenen Schadstoffen). Zusätzlich wird die Überprüfung der Planungsvorgaben in einem Probetrieb bzw. die Errichtung einer Probedichtwand empfohlen. Für die Ausführung ist ein Qualitätssicherungsplan zu erstellen, der die Anforderungen an die Materialien, die Bauausführung und den Umfang der Bau begleitenden Prüfungen festlegt.

Grundsätzlich können folgende Abdichtungssysteme unterschieden werden:

Abdichtungssystem	Ausführung
Aushub des Bodens und Einbau des Abdichtungsmaterials	Schlitzwand überschnittene Bohrpfahlwand MIP-Wand (Mixed-In-Place)
Verdrängung des Bodens und Einbau des Abdichtungsmaterials	Schmalwand Spundwand gerammte Schlitzwand
Verringerung der Durchlässigkeit des anstehenden Bodens	Injektionswand Hochdruckinjektionswand
Gefrierwand	(temporär)

Die Hochdruckinjektionswand wird durch das Einbringen einer Injektionssuspension in den Boden hergestellt. Dazu wird über ein Bohrgestänge mit Düsenköpfen die Bodenstruktur in den abzudichtenden Bereichen aufgelöst. Der dadurch in Suspension gebrachte Boden wird mit dem über die Düsen eingebrachten Injektionsgut vermischt. Die Hochdruckinjektion kann zur Einkapselung lokal begrenzter Kontaminationen angewendet werden. Hochdruckinjektionen können auch als Schrägbohrungen hergestellt werden. Eine verbesserte Dichtigkeit kann durch die Anordnung einer zweiten Reihe von Injektionen erzielt werden.

Die gängigsten Ausführungen der vertikalen Abdichtung sind Schlitzwände im Einphasen- und Zweiphasenverfahren (s. Kap. 720.4, 720.5), Schlitzwandkombinationsabdichtungen (s. Kap. 720.6) und Spundwände (s. Kap. 720.1). Injektions- und temporär wirkende Gefrierwände kommen eher selten zum Einsatz, sie werden nicht als eigene Leistungsbereiche aufgenommen.

Die Hinweise zur Literatur und Leistungsanbietern werden nachfolgend für die Kapitel 720.1 bis 720.7 zusammenfassend dargestellt.

Literatur

- Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) Bohrarbeiten – DIN 18301, VOB Teil C, Dezember 2000.
- DIN 4014 Bohrpfähle – Herstellung, Bemessung, Tragverhalten, März 1990.
- DIN V 4126-100 Schlitzwände – Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten, April 1996.
- DIN 4126 Ortbeton-Schlitzwände, Konstruktion und Ausführung, August 1986.
- DIN 4127 Schlitzwandtone für stützende Flüssigkeiten, August 1986.
- DIN 18313 Schlitzwandarbeiten mit stützenden Flüssigkeiten, Juni 1996.
- GDA-Empfehlung E 3-2: Eignungsprüfung mineralischer Dichtwandmassen, GDA-Empfehlungen Geotechnik der Deponien und Altlasten, 3. Auflage, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT), Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 1997.
- GDA-Empfehlung E 4-1: Herstellung von Dichtwänden, GDA-Empfehlungen Geotechnik der Deponien und Altlasten, 3. Auflage, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT), Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 1997.
- GDA-Empfehlung E 5-3: Qualitätsüberwachung für vertikale Dichtwände aus mineralischen Stoffen, GDA Empfehlungen Geotechnik der Deponien und Altlasten, 3. Auflage, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT), Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 1997.
- Hamad, Y.; Azzam, R.: Numerische Modellierung von Weichgelinjectionen zwecks Altlastenabkapselung in sandigen Böden, TerraTech 5/2000, S. 56-60.
- Handbuch Altlasten und Grundwasserschadensfälle, Materialien Band 23 „Sicherung von Altlasten mit Schlitz- oder Schmalwänden“, Hrsg.: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1995.
- Ingenieurtechnischer Verband Altlasten e.V. ITVA: Sicherung durch vertikale Abdichtung, Arbeitshilfe H 1-4, 1994.
- Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, Band 3 „Auswertung der Erfahrungen aus durchgeführten Sicherungsmaßnahmen bei Altlasten“, Hrsg.: Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, 1997.
- Reinhard, M.; Stark, J.: Qualitätssicherung einer Dichtwandumschließung am Beispiel der Sanierung Metallhütte Fahlbusch, TerraTech 1/2001, S. 45-49.
- Simmer, K.: Grundbau 2 Baugruben und Gründungen, B.G. Teubner, Stuttgart, 1999.

Information über Leistungsanbieter

Auf Initiative des Hauptverbandes der Deutschen Bauindustrie wurde 1989 die Überwachungsgemeinschaft „Bauen für den Umweltschutz“ e.V. gegründet. Ziel der Gründung war die Sicherstellung einer qualifizierten Ausführung für die Bereiche „Bau von Abfallentsorgungsanlagen“ und „Sicherung und Sanierung von Altlasten“.

In der Überwachungsgemeinschaft haben sich Fachfirmen zusammengeschlossen, die unterschiedliche Leistungsspektren anbieten. Über eine Suchmaske im Internetportal www.ueberwachungsgemeinschaft-bu.de kann nach den entsprechenden Fachfirmen recherchiert werden.

720.1 Spundwand

720.1.1 Leistungsbeschreibung (rechtliche / technische Grundlagen)

Spundwände bestehen aus aneinandergereihten Stahlbohlen, die in den Untergrund eingerammt werden und mit Schlössern durchgehend verbunden sind. Durch geeignete Beschichtungsmaterialien und Schlossdichtungen wird eine Dichtwand erstellt, die gegen die vorhandenen Schadstoffe beständig ist.

Leistungen im Rahmen der Erstellung von Spundwänden werden im Leistungsbereich 230-000-000 „Verbau- und Rammarbeiten“ beschrieben und sind nach den dortigen Vorgaben zu kalkulieren.

720.2 Schmalwand

720.2.1 Leistungsbeschreibung (rechtliche / technische Grundlagen)

Schmalwände sind Dichtungswände von 8-15 cm Dicke und Tiefen bis zu 23 m. Sie werden durch aneinandergereihtes überlagerndes Einrütteln / Rammen und Ziehen einer speziellen Stahlbohle mit I-Profil nahezu ohne Bodenaushub erstellt. Die durch die Bohle entstehenden Hohlräume werden gleichzeitig vom Fuß der Bohle ausgehend über eine Verpressleitung mit Dichtungsmaterial verfüllt. Das Abteufen der Stahlbohle erfolgt in einem sogenannten Vorlaufgraben (0,5-1,0 m), der mit der Schmalwandmasse gefüllt ist. Die Schmalwand kann auch mittels Hochdruckspülung hergestellt werden. Die Wanddicke beträgt dann 15-25 cm.

Als Schmalwandmasse wird zumeist eine Bentonit-Zement-Suspension mit Zugabe von Steinmehl verwendet. Je nach Zusammensetzung der Dichtmasse sowie der Porengeometrie und Porenkanalweite kann die Suspension das umgebende Erdreich penetrieren und weitgehend abdichten. Da die Schmalwand im Vergleich zu anderen Dichtwänden nur eine geringe Dicke aufweist, muss die Suspension eine hohe Dichte, ein rasches Abbindevermögen und eine geringe Durchlässigkeit besitzen. Um einer möglichen Rückverformung des verdrängten Bodens entgegenzuwirken und die Erosionsbeständigkeit der Suspension zu erhöhen, wird für Schmalwandmassen eine Dichte von 1500 kg/m³ empfohlen.

Die einzelnen Lamellen der Schmalwand werden überschnitten ausgeführt. Für Dichtungswände ist ein Überschneidungsmaß von 50 % der Steghöhe der Injektionsbohle üblich. Der Einbau von zwei parallelen, im Abstand von 5-8 m erstellten Schmalwänden, die durch Querschotte in Abständen von rund 50 m in Kammern unterteilt werden, ermöglicht eine Dichtigkeitskontrolle durch Anordnung von Brunnen in den Kammern und Pegeln im Außenbereich.

720.2.2 Kostenermittlung

720.2.2.1 Abrechnungseinheiten, Kostenkalkulation

Kostenangaben zu Kreuzungen und Durchdringungen in der Dichtwand sowie zu Qualitätskontrollen finden sich im Kapitel 720.4.

In der Kostenkalkulation sind die Abrechnungseinheiten wie folgt vorgesehen:

Leistung	Abrechnungseinheit	alternativ
Vorlaufgraben herstellen	m	
Schmalwand mit I-Profilen als Dichtwand herstellen	m ²	
Mischeinrichtung bereitstellen, vorhalten und räumen	psch.	
Einbringen von zusätzlicher Dichtwandmasse bei porösen Bodenarten	m ³	
Ausbauen, Zerkleinern und Zwischenlagern des Vorlaufgrabenmaterials	m ³	

720.2.2.2 Leistungsregister

weiterführende Leistungen:

LB 110	Geotechnische Felduntersuchungen
LB 140	Geotechnische Laboruntersuchungen
LB 210	Baustelleneinrichtung
LB 220	Arbeits-, Emissions- und Immissionsschutz
LB 230	Verbau-, Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten
LB 240	Brunnenbau und Pumpversuche
LB 250	Wasserhaltungsarbeiten
LB 340	Eigenkontrollmaßnahmen der Überwachung und Nachsorge
LB 520	Fassung und Entnahme von Grund-, Schichten- und Oberflächenwasser
LB 530	Behandlung von Grundwasser, Prozess- oder Sickerwasser
LB 600	Reaktive Systeme
LB 810	Verwertung und Beseitigung von Aushub- und Abbruchmaterial

720.3 Gerammte Schlitzwand

720.3.1 Leistungsbeschreibung (rechtliche / technische Grundlagen)

Bei der gerammten Schlitzwand wird der Boden durch Einrammen eines unten geschlossenen Hohlkastens verdrängt. Der Kasten besteht aus Stahlspundbohlen und wird unten mit einer Stahlplatte wasserdicht verschlossen. Nachdem der Kasten auf die erforderliche Tiefe gerammt wurde, wird das nächste Kastenprofil in Schössern geführt eingebracht. Die Hohlkästen werden mit Dichtungsmasse gefüllt, so dass sich die Bodenplatte unter dem Gewicht der Füllmasse löst. Hinsichtlich der Zusammensetzung der Dichtwandmasse entspricht das Verfahren dem Zweiphasensystem, wobei die erste Stützung der Erdwände nicht durch eine Suspension, sondern durch die Stahlkästen erfolgt. Die Kästen werden bei gleichzeitiger Verdichtung der Füllmasse wieder gezogen. Es findet keine Vermischung der Dichtungsmasse mit dem umgebenden Erdreich statt. Die gezogenen Kästen werden mit einer neuen Sohlplatte versehen und in Verlängerung der Wand erneut abgeteuft.

Da bei diesem Verfahren die Verdrängung großer Erdmassen erforderlich ist, sind gerammte Schlitzwände nur in weichen Böden und bei begrenzten Tiefen einsetzbar. Die Vorteile dieses Verfahrens liegen in der Vermeidung von kontaminiertem Bodenaushub.

720.3.2 Kostenermittlung

720.3.2.1 Abrechnungseinheiten, Kostenkalkulation

Kostenangaben zu Kreuzungen und Durchdringungen in der Dichtwand sowie zu Qualitätskontrollen finden sich im Kapitel 72.4.

In der Kostenkalkulation sind die Abrechnungseinheiten wie folgt vorgesehen:

Leistung	Abrechnungseinheit	alternativ
Baustelleneinrichtung	psch.	
Gerammte Schlitzwand herstellen	m ²	

720.3.2.2 Leistungsregister

weiterführende Leistungen:

LB 110	Geotechnische Felduntersuchungen
LB 140	Geotechnische Laboruntersuchungen
LB 210	Baustelleneinrichtung
LB 220	Arbeits-, Emissions- und Immissionsschutz
LB 230	Verbau-, Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten
LB 240	Brunnenbau und Pumpversuche
LB 250	Wasserhaltungsarbeiten
LB 340	Eigenkontrollmaßnahmen der Überwachung und Nachsorge
LB 520	Fassung und Entnahme von Grund-, Schichten- und Oberflächenwasser
LB 530	Behandlung von Grundwasser, Prozess- oder Sickerwasser
LB 600	Reaktive Systeme
LB 810	Verwertung und Beseitigung von Aushub- und Abbruchmaterial

720.4 Einphasen-Schlitzwand

720.4.1 Leistungsbeschreibung (rechtliche / technische Grundlagen)

Schlitzwände dienen der Einkapselung von Kontaminationen durch Aushub des anstehenden Bodens und Einbau eines Abdichtungsmaterials. Beim Einphasenverfahren wird der Schlitz mit Hilfe von Schlitzwandgreifern, -fräsen oder mittels Tieflöfler ausgehoben. Zum Stützen der Erdwände wird eine Bentonit-Zement-Suspension verwendet, die nach Beendigung des Aushubs im Schlitz verbleibt und langsam aushärtet. Die Suspension übernimmt dabei sowohl die Funktion als Stützflüssigkeit beim Aushub als auch einer eigentlichen Dichtwand nach dem Aushärten. Der Durchlässigkeitsbeiwert k gegenüber Wasser liegt bei 10^{-9} m/s bis 10^{-10} m/s (Laborwerte). Durch Zugabe von Zusatzstoffen kann der Feststoffanteil der Suspension erhöht und damit die Durchlässigkeit auf bis zu 10^{-11} m/s (Laborwert) reduziert werden.

Schlitzwandgreifer lösen und fördern das Aushubmaterial. Die Suspension fließt während des Aushubs aus dem Greifer ab, der geförderte Bodenaushub weist jedoch noch hohe Suspensionsanteile auf und erfordert zumeist eine Entsorgung. Die kostengünstige Baustelleneinrichtung und niedrige Aushubkosten bei einfach zu lösenden Böden sind die Vorteile der Greifertechnik.

Bei Schlitzwandfräsen erfolgt das Lösen des Bodens durch rotierende Schneidräder oder Bohrköpfe. Der mit der Suspension vermischte Boden wird hydraulisch gefördert und in Separieranlagen von der Suspension getrennt. Dadurch ist im Vergleich zur Greifertechnik zumeist eine kostengünstigere Entsorgung möglich. Die Vorteile der Frästechnik liegen in der nahezu erschütterungsfreien Arbeitsweise, in der Erreichbarkeit großer Tiefen und einer hohen Genauigkeit bezüglich der Abweichung zur Vertikalen.

Die Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) „Schlitzwandarbeiten mit stützenden Flüssigkeiten“ DIN 18313 gelten für das Herstellen von Wänden und anderen Bauwerksteilen in flüssigkeitsgestützten Erdschlitzen und für das Ausheben dieser Schlitze unter stützender Flüssigkeit, z.B. Ortbeton-schlitzwände, Fertigteilschlitzwände, Einphasenschlitzwände - gegebenenfalls mit Einbauteilen - und Tonbeton-schlitzwände. Sie gilt auch für das Herstellen und Beseitigen von Leitwänden und für die dazugehörenden Erdarbeiten.

Die ATV DIN 18313 gilt nicht für das Herstellen von Dichtungswänden in Schlitzen, die mit Hilfe von eingerammten, eingepressten oder eingerüttelten Trägern oder Bohlen hergestellt werden (sogenannte Schmalwände, s. Kap. 720.2).

720.4.2 Kostenermittlung

720.4.2.1 Abrechnungseinheiten, Kostenkalkulation

In der Kostenkalkulation sind die Abrechnungseinheiten wie folgt vorgesehen:

Leistung	Abrechnungseinheit	alternativ
Herstellen und Beseitigen der Leitwände einschließlich zugehöriger Erdarbeiten	m	
Herstellen der Schlitzwand einschließlich Aushub, Dichtwandmasse und Bewehrung	m ²	
Herstellen der Schlitzwand getrennt nach Aushub und Einbringen Dichtwandmasse einschließlich Bewehrung	m ³ m ²	m ²
Herstellen der Schlitzwand getrennt nach Aushub und Einbringen Dichtwandmasse und Bewehrung	Schlitzwandaushub Schlitzwand herstellen	m ³ m ²
Herstellen der Schlitzwand getrennt nach Aushub und Einbringen Dichtwandmasse und Bewehrung	Schlitzwandaushub Schlitzwand herstellen	m ³ m ²
Bewehrung liefern, schneiden, biegen, flechten, einbauen	kg	t
Verfüllen des Leerschlitzes	m ³	m ²
Ersatz bei Verlust der Stützflüssigkeit	m ³	kg
Anschlüsse, Aussparungen, Einbauteile etc.	Stck.	
Dichtungs- und Stützelemente (z.B. Dichtungsbahnen, Stahlspundwand)	m ²	
Beseitigen von Hindernissen beim Aushub	m ²	m ³

Ergänzend zur ATV DIN 18299, Abschnitt 2, gilt:

- Die Leistung umfasst auch das Herstellen der stützenden Flüssigkeit, deren Einleiten in die Schlitze, Homogenisieren und Ausleiten aus den Schlitzen sowie das Entsorgen der stützenden Flüssigkeit. Ist sie baugrundbedingt schadstoffbelastet, ist ihre Entsorgung eine gesonderte Leistung.
- Mit stützender Flüssigkeit vermengter Aushub (gelöster Boden und Fels) geht in das Eigentum des Auftragnehmers über, soweit der Aushub nicht baugrundbedingt schadstoffbelastet ist.
- Nicht mit stützender Flüssigkeit vermengter Aushub geht nicht in das Eigentum des Auftragnehmers über.

Ergänzend zur ATV DIN 18299, Abschnitt 5, gilt:

- Der Ermittlung der Leistung - gleichgültig, ob sie nach Zeichnungen oder Aufmaß erfolgt - sind zugrunde zu legen
 - für die Länge der Leitwände, des Schlitzwandaushubes und der Schlitzwände:
die Länge der Schlitzwandachse im Grundriss,
 - für die Dicke des Schlitzwandaushubes und der Schlitzwände:
die vorgeschriebene Nenndicke nach DIN 4126,
 - für die Tiefe des Schlitzwandaushubes:
das Maß von der vorgegebenen Bodenoberfläche bis zur vorgeschriebenen Schlitzwand-Unterkante,

- für die Tiefe der Schlitzwand:
das Maß von der vorgeschriebenen Schlitzwand-Oberkante bis zur vorgeschriebenen Schlitzwand-Unterkante,
- für die Tiefe des leeren Schlitzbereiches (Leerschlitze):
das Maß von der vorgegebenen Bodenoberfläche bis zur vorgeschriebenen Schlitzwand-Oberkante.
- Das Flächenmaß wird unabhängig von der Grundrissform der Schlitzwand aus der Länge und der Tiefe ermittelt.
- Das Raummaß wird ermittelt aus dem Flächenmaß multipliziert mit der Nenndicke.
- Aussparungen, Leitungen und Einbauteile werden übermessen.
- Durch Bewehrung verdrängte Betonmengen, bzw. andere Schlitzwandstoffmengen, werden nicht abgezogen.
- Der Ersatz des Verlustes an stützender Flüssigkeit wird ermittelt nach Raummaß, gemessen an der Mischanlage, oder nach Gewicht der für die Herstellung der Ersatzflüssigkeit verwendeten Stoffe.
- Bewehrung
 - Das Gewicht der Bewehrung wird nach den Stahllisten abgerechnet.
 - Das Stahlgewicht wird unter Ansatz der statisch erforderlichen und konstruktiven Bewehrungselemente, wie z.B. Fußbügel, Abstandshalter, Diagonalen, Flachbügel, Stahlbügel, Aufhängebügel, ermittelt.
 - Maßgebend ist das errechnete Gewicht, bei genormten Stählen die Gewichte der DIN-Normen (Nenngewichte), bei anderen Stählen die Gewichte des Profilbuchs des Herstellers.
 - Bindedraht, Walztoleranzen und Verschnitt werden bei der Ermittlung des Abrechnungsgewichtes nicht berücksichtigt.

720.4.2.2 Leistungsregister

weiterführende Leistungen:

LB 110	Geotechnische Felduntersuchungen
LB 140	Geotechnische Laboruntersuchungen
LB 210	Baustelleneinrichtung
LB 220	Arbeits-, Emissions- und Immissionsschutz
LB 230	Verbau-, Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten
LB 240	Brunnenbau und Pumpversuche
LB 250	Wasserhaltungsarbeiten
LB 340	Eigenkontrollmaßnahmen der Überwachung und Nachsorge
LB 520	Fassung und Entnahme von Grund-, Schichten- und Oberflächenwasser
LB 530	Behandlung von Grundwasser, Prozess- oder Sickerwasser
LB 600	Reaktive Systeme
LB 810	Verwertung und Beseitigung von Aushub- und Abbruchmaterial

720.5 Zweiphasen-Schlitzwand

720.5.1 Leistungsbeschreibung (rechtliche / technische Grundlagen)

Beim Zweiphasenverfahren zur Herstellung von Dichtwänden wird die Schlitzwand abschnittsweise ausgehoben. Der obere Bereich des Schlitzes wird wie beim Einphasenverfahren durch Leitwände gesichert. Die Stützung der Grabenwände wird durch eine Bentonitsuspension (Primärsuspension) gewährleistet. Nach Erreichen der Endtiefe wird die eigentliche Dichtwandmasse im Kontraktorverfahren in den Schlitz eingebracht. Die verdrängte

Bentonitsuspension wird abgepumpt, regeneriert und erneut eingesetzt. Nach mehreren Umläufen weist die Primärsuspension einen zu hohen Feinkornanteil auf und muss beseitigt werden.

Zweiphasen-Schlitzwände werden bevorzugt bei Anfall von aggressiven Sickerwässern eingesetzt. Da eine Zweiphasen-Dichtwand zum überwiegenden Teil aus Feststoff besteht, kann hier durch Optimierung der Zusatzstoffe eine bestmögliche Schadstoffresistenz erzielt werden (DynagROUT-Verfahren).

Die Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) DIN 18313 gelten auch für Zweiphasen-Schlitzwände.

720.5.2 Kostenermittlung

720.5.2.1 Abrechnungseinheiten, Kostenkalkulation

Für die Abrechnung und Kalkulation von Zweiphasen-Schlitzwänden gelten die Abrechnungseinheiten für Einphasen-Schlitzwände und die Ergänzungen zur (ATV) DIN 18299 Abschnitte 2 und 5 entsprechend (s. Kapitel 72.4.2.1 und 72.4.2.2). Kostenangaben zu Kreuzungen und Durchdringungen in der Dichtwand sowie zu Qualitätskontrollen finden sich ebenfalls im Kapitel 72.4.

In der Kostenkalkulation sind die Abrechnungseinheiten wie folgt vorgesehen:

Leistung	Abrechnungseinheit	alternativ
Herstellen und Beseitigen der Leitwände einschließlich zugehöriger Erdarbeiten	m	
Herstellen der Schlitzwand einschließlich Aushub, Dichtwandmasse und Bewehrung	m ²	
Herstellen der Schlitzwand getrennt nach Aushub und Einbringen Dichtwandmasse einschließlich Bewehrung		
Schlitzwandaushub	m ³	m ²
Schlitzwand herstellen	m ²	
Herstellen der Schlitzwand getrennt nach Aushub / Einbringen Dichtwandmasse und Bewehrung		
Schlitzwandaushub	m ³	m ²
Schlitzwand herstellen	m ²	
Bewehrung liefern, schneiden, biegen, flechten, einbauen	kg	t
Verfüllen des Leerschlitzes	m ³	m ²
Ersatz bei Verlust der Stützflüssigkeit	m ³	kg
Anschlüsse, Aussparungen, Einbauteile etc.	Stck.	
Dichtungs- und Stützelemente (z.B. Dichtungsbahnen, Stahlspundwand)	m ²	
Beseitigen von Hindernissen beim Aushub	m ²	m ³

720.5.2.2 Leistungsregister

weiterführende Leistungen:

LB 110	Umwelt- und geotechnische Felduntersuchungen
LB 140	Geotechnische Laboruntersuchungen
LB 210	Baustelleneinrichtung
LB 220	Arbeits-, Emissions- und Immissionsschutz

LB 230	Verbau- und Rammarbeiten
LB 240	Brunnenbau
LB 250	Wasserhaltung
LB 340	Eigenkontrollmaßnahmen der Überwachung und Nachsorge
LB 520	Entnahme und Fassung von Grundwasser, Schichten- oder Oberflächenwasser
LB 530	Behandlung von Grundwasser, Prozess- oder Sickerwasser
LB 600	Reaktive Systeme
LB 810	Verwertung und Beseitigung von Aushub- und Abbruchmaterial

720.6 Schlitzwand-Kombinationsabdichtung

720.6.1 Leistungsbeschreibung (rechtliche / technische Grundlagen)

Bei der Kombinationsdichtwand werden in Einphasen-Schlitzwände bei noch nicht vollständig abgebundener Dichtwandmasse flächige Dichtungselemente eingestellt. Diese können aus Kunststoffdichtungsbahnen oder Spundbohlen bestehen. Durch geeignete Materialzusammenstellung lassen sich die Dichtigkeit wie auch die Langzeitbeständigkeit des gesamten Abdichtungssystems erhöhen.

Kunststoffdichtungsbahnen werden durch spezielle Einbauvorrichtungen (z.B. Rahmen oder Trommeln) abgesenkt, während Spundbohlen und Stahlbetonelemente durch ihr Eigengewicht die Scherkräfte der Dichtwandmassen überwinden. Spundbohlen und Stahlbetonelemente werden eingesetzt, wenn die Dichtwand auch statische Aufgaben übernehmen soll. Dient die Dichtwand nur der Einkapselung, so werden überwiegend Kunststoffbahnen in die Schlitzwand eingebracht. Die Verbindung der Elemente erfolgt durch ineinandergreifende Schlossprofile, die durch eingezogenes Dichtungsband, Injektion oder Verschweißung zusätzlich abgedichtet werden. Durch eine Fußplombe aus feststoffreicher Dichtwandmasse kann die Einbindung der Schlitzwand in die wasserstauende Schicht optimiert werden. Ein konvektiver Schadstofftransport kann je nach Ausbildung der Schlossverbindungen weitgehend ausgeschlossen werden. Bei Kunststoffdichtungsbahnen ist der Einsatz diffusionsdichter Einlagen oder Beschichtungen möglich.

Die Tiefe einer Kombinationsdichtwand wird durch die maximale Länge der zusätzlichen Dichtungselemente begrenzt. Die Kombinationsdichtwand erfordert im Gegensatz zum herkömmlichen Schlitzwandbau im Pilgerschrittverfahren die Herstellung in kontinuierlicher Bauweise. Dabei entstehen lange, mit Suspension gestützte Schlitzte. Die Zusammensetzungen der Dichtwandmassen sind auf die einzelfallspezifischen Erfordernisse durch Wahl der Bentonit- und Zementsorten abzustimmen.

720.6.2 Kostenermittlung

720.6.2.1 Abrechnungseinheiten, Kostenkalkulation

In der Kostenkalkulation sind die Abrechnungseinheiten wie folgt vorgesehen:

Leistung	Abrechnungseinheit	alternativ
Herstellen und Beseitigen der Leitwände einschließlich zugehöriger Erdarbeiten	m	
Herstellen der Schlitzwand Bodenaushub mit / ohne Liefern und Einbau der Dichtwandmasse	m ²	
Dichtwandmasse liefern und einbringen	m ²	m ³
Verfüllen des Leerschlitzes	m ³	m ²
Ersatz bei Verlust der Stützflüssigkeit	m ³	kg
Anschlüsse, Aussparungen, Einbauteile etc.	Stck.	

Dichtungs- und Stützelemente (z.B. Dichtungsbahnen, Stahlspundwand)	m ²	
Beseitigen von Hindernissen beim Aushub	m ²	m ³

Weitere Hinweise zu Abrechnung und Kalkulation der Leistungen gemäß den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) DIN 18313 und DIN 18299 finden sich im Kapitel 720.4.2.1 und 720.4.2.2.

720.6.2.2 Leistungsregister

weiterführende Leistungen:

- LB 110 Geotechnische Felduntersuchungen
- LB 140 Geotechnische Laboruntersuchungen
- LB 210 Baustelleneinrichtung
- LB 220 Arbeits-, Emissions- und Immissionsschutz
- LB 230 Verbau-, Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten
- LB 240 Brunnenbau und Pumpversuche
- LB 250 Wasserhaltungsarbeiten
- LB 340 Eigenkontrollmaßnahmen der Überwachung und Nachsorge
- LB 520 Fassung und Entnahme von Grund-, Schichten- und Oberflächenwasser
- LB 530 Behandlung von Grundwasser, Prozess- oder Sickerwasser
- LB 600 Reaktive Systeme
- LB 810 Verwertung und Beseitigung von Aushub- und Abbruchmaterial

720.7 Überschnittene Bohrpfahlwand

720.7.1 Leistungsbeschreibung (rechtliche / technische Grundlagen)

Bohrpfahlwände werden aus nebeneinander stehenden, einzeln hergestellten Bohrpfählen aus Ort beton gebildet. Bohrpfähle im Sinne der DIN 4014 sind Bohrpfähle mit einem Durchmesser von 0,30 – 3,0 m, einer Neigung nicht flacher als 4:1 und einer Mindestlänge im Baugrund von 5,0 m oder von 5 x D (D = Bohrrohrdurchmesser), die in einem in den Baugrund gebohrten Hohlraum durch Einbringen von Beton, ggf. mit Bewehrung, hergestellt werden. Nach der Anordnung der Pfähle wird zwischen mit Abstand angeordneten Pfählen, tangierenden Pfählen und überschnittenen Pfählen unterschieden. Für die vertikale Abdichtung kommen nur überschnittene Bohrpfahlwände zum Einsatz. Soll die Bohrpfahlwand neben der abdichtenden Wirkung auch Standsicherheitsfunktionen übernehmen, so wird jeder zweite Bohrpfahl aus bewehrtem Beton hergestellt.

Bohrungen für Bohrpfahlwände werden abgestimmt auf den jeweiligen Baugrund im Drehbohrverfahren z.B. mit Drehbohrgreifern, Bohreimern, Bohrschnecken etc., mit Bohrgreifern an Seilbaggern oder als Spülbohrung im Lufthebeverfahren ausgeführt. Die Stützung der Bohrlochwandung erfolgt durch Verrohrung oder durch thixotrope Flüssigkeiten (z.B. Bentonit-Suspensionen).

Mit verrohrten Bohrungen können Bohrdurchmesser bis 2,0 m und Bohrtiefen bis > 40 m erreicht werden. Die Verrohrung muss dem Bohrfortschritt vorauslaufen, um Auflockerungen unter der Bohrlochsohle zu vermeiden. Im Grundwasserbereich ist im Bohrrohr ein Wasserüberdruck bzw. ein Überdruck der Stützsuspension erforderlich, um das Eindringen von Bodenteilchen und die Gefahr eines hydraulischen Grundbruchs zu verhindern. Bei

Iotrichten verrohrten Bohrungen wird der Beton mittels Schütttrichter und einem Schüttrohr von > 2 m Länge eingebracht. Bei allen anderen verrohrten Bohrungen muss das Schütt- oder Pumprohr zu Beginn des Betonierens bis zur Bohrlochsohle reichen und während des Betonierens stets in den Frischbeton eintauchen.

Bei suspensionsgestützten Bohrungen erfolgt die Sicherung der Bohrlochwandung über eine Stützflüssigkeit aus Wasser und z.B. Bentonit (nach DIN 4126). Das Verfahren suspensionsgestützt hergestellter Bohrpfähle eignet sich vor allem für bindige und nicht-bindige standfeste Böden, deren Kohäsion im undränierten Zustand $c_u > 15$ kN/m² bzw. die Konsistenzzahl $I_c > 0,25$ ist. Es können Bohrdurchmesser bis 3,0 m und Tiefen bis ca. 50 m erreicht werden. Nach dem Setzen eines Führungsrohres zur Stützung des Bohrwerkzeuges und der Bohrung im Kopfbereich erfolgt der Fördervorgang des Bohrgutes unter gleichzeitigem Einbringen der Suspension mit Spezialgreifern. Nach Aushub auf Endtiefe ist die Suspension auf Dichte, Fließgrenze und Sandgehalt zu prüfen, ggf. zu homogenisieren bzw. gegen frische Suspension auszutauschen. Das Betonieren erfolgt im Kontraktorverfahren über ein Schütt- und Pumprohr. Die dabei verdrängte Bentonitsuspension wird abgepumpt und aufbereitet.

Einpressarbeiten zum Dichten oder Verfestigen von Boden und Bauwerken (auch Erdbauwerken) und für das Füllen von Hohlräumen für Verankerungen werden gemäß DIN 18309, Betonarbeiten für das Herstellen von Bauteilen aus unbewehrtem Beton gemäß DIN 18331 ausgeführt. Bohrarbeiten zur Erstellung von Bohrpfählen und Bohrpfahlwänden sind nach (ATV) DIN 18301 auszuführen.

Eine häufig ausgeführte Alternative zu den o. g. Bohrpfahlwänden stellt das „Mixed-in-Place-Verfahren“ (MIP) dar. Neben dem Einsatz als vertikale Abdichtung findet das MIP-Verfahren auch bei der In-situ-Immobilisierung von Schadstoffen Anwendung.

Bei der MIP-Technik wird eine Dreifachschnecke bis auf die Solltiefe abgeteuft. Während des Abbohrens und Ziehens der Schnecke wird der anstehende Boden aufgemischt und durch das hohle Seelenrohr der Schnecke eine Bindemittelsuspension eingebaut. Die Porenräume im Bodengerüst werden dabei mit dem Bindemittel verfüllt. Die einzeln zu variierende Drehrichtung der Schnecken garantiert eine homogene Vermischung von Bindemittelsuspension und Boden. Die Herstellung der MIP-Wand erfolgt im Pilgerschrittverfahren. Zur Anwendung kommt die MIP-Wand als Dichtwand mit und ohne eingestellte Spundbohlen, als Verbauwand mit eingestellten Trägern, als Verbauwand mit tangierenden oder eingeschnittenen Pfählen und als mattenbewehrte Verbauwand.

Das MIP-Verfahren ist in vielen Bodenarten anwendbar. Nicht geeignet ist das Verfahren bei Fels, großen Steinen und Blöcken. Bei bindigem Boden ist die festigkeitsmindernde Wirkung zu berücksichtigen.

720.7.2 Kostenermittlung

720.7.2.1 Abrechnungseinheiten, Kostenkalkulation

Die Bohrlänge von Bohrungen wird ermittelt vom plangemäßen Bohransatzpunkt bis zur vereinbarten Teufe. Die Länge von Bohrschablonen bei Bohrpfahlwänden wird in der Achse der Wand gemessen.

In der Kostenkalkulation sind die Abrechnungseinheiten wie folgt vorgesehen:

Leistung	Abrechnungseinheit	alternativ
Überschnittene Bohrung herstellen	m ³	
Überschnittene Bohrpfahlwand herstellen	m ²	
Bohrschablone herstellen	m	Stck.
Basisabdichtung am Fuß der Bohrpfahlwand herstellen	m ²	m ³
Beseitigung von Bohrhindernissen aus dem Bohrrohr	Stck.	

720.7.2.2 Leistungsregister

weiterführende Leistungen:

LB 110	Geotechnische Felduntersuchungen
LB 140	Geotechnische Laboruntersuchungen
LB 210	Baustelleneinrichtung
LB 220	Arbeits-, Emissions- und Immissionsschutz
LB 230	Verbau-, Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten
LB 240	Brunnenbau und Pumpversuche
LB 250	Wasserhaltungsarbeiten
LB 340	Eigenkontrollmaßnahmen zur Überwachung und Nachsorge
LB 520	Fassung und Entnahme von Grund-, Schichten- und Oberflächenwasser
LB 530	Behandlung von Grundwasser, Prozess- oder Sickerwasser
LB 600	Reaktive Systeme
LB 810	Verwertung und Beseitigung von Aushub- und Abbruchmaterial