

E 5-3 Qualitätssicherung für vertikale Dichtwände aus mineralischen Stoffen

Stand: Bautechnik 1999

1 Allgemeines

Als vertikale Dichtwände werden nachfolgend behandelt:

- Einphasen-Dichtwände
- Zweiphasen-Dichtwände
- Schmalwände

Entsprechend E 5-1 beziehen sich die nachfolgenden Angaben sowohl auf die Eigenprüfung als auch auf die Fremdprüfung.

Vor Beginn der eigentlichen Dichtwandarbeiten ist ein Probeschlitz herzustellen, der grundsätzlich nicht Bestandteil der Dichtwand ist. Dabei ist festzustellen, ob die in der Eignungsprüfung untersuchte Dichtwandmischung unter den gegebenen Baustellenbedingungen entsprechend E 3-2 verarbeitbar ist. Der für die Eignungsprüfung verantwortliche geotechnische Fachmann ist zu diesen Versuchen einzuschalten.

2 Einphasen-Dichtwände

2.1 Eingangsprüfung

Alle Baustoffe wie Wasser, Bentonit, mineralische Füllstoffe, hydraulische Bindemittel usw. werden bei Anlieferung an die Baustelle überprüft. Die dabei gefundenen Kenndaten werden mit denen jener Baustoffe verglichen, die der Ausführungsplanung zugrunde liegen bzw. bei der Eignungsprüfung entsprechend E 3-2 verwendet wurden. Von den angelieferten Baustoffen werden Rückstellproben entnommen. Die zusätzlich durchzuführenden Prüfungen sind in Tabelle 5-3.1 dargestellt.

Bei Dichtwandmassen, die an der Baustelle zusammengemischt werden, können geringe Qualitätsschwankungen der Einzelkomponenten durch eine Modifizierung der Rezeptur während des Anmischens ausgeglichen werden. Diese Möglichkeit entfällt bei der Verwendung von Fertigmischungen. Deshalb müssen hier bereits vor Lieferbeginn die geforderten Eigenschaften der Dichtwandmischung mit dem Lieferanten vereinbart und verbindlich festgelegt werden. Dementsprechend hat das Ergebnis der Wareneingangsprüfung bei Fertigmischungen einen hohen Stellenwert. Ein zwischen Lieferanten und Verarbeitern von Fertigmischungen erarbeitetes "Ablaufschema für Wareneingangsprüfungen von Fertigmischungen" (vgl. Anhang) berücksichtigt diese Gegebenheiten.

Tabelle 5-3.1: Eingangsprüfungen an Dichtwandbaustoffen

Material	Prüfung	Prüfgerät	Häufigkeit
Trinkwasser	entfällt	---	---
Brauchwasser	- pH-Wert - Leitfähigkeit - anorganische Parameter (nach DIN 4030)	- Indikatorpapier - pH-Meter - Leitfähigkeits-Messgerät - chem. Analyse	1 x vor Baubeginn, danach 1 x pro Woche 1 x vor Baubeginn, danach nur bei signifikanten Änderungen von pH-Wert oder Leitfähigkeit
Bentonit	nach DIN 4127 - Fließgrenze (n. DIN V 4126-100) - Filtratwasserabgabe - Wasseraufnahmevermögen ¹⁾ (nach DIN 18 132)	- Kugelharfe - Filterpresse - Enslin-Neff-Gerät	1 x je Liefercharge sowie Rückstellproben
Mineralische Füllstoffe	u.U. Überkornanteil ($\varnothing > 0,125$ mm)	- Nasssiegung	1 x je Liefercharge sowie Rückstellproben
Hydraulische Bindemittel	Angabe von Blaine-Wert und Hüttensandanteil auf Lieferschein	Im Bedarfsfall Nachprüfung der Werte durch ein Zementlabor an Rückstellproben	
Fertigmischungen	in Anlehnung an DIN 4127 - Fließgrenze (n. DIN V 4126-100) - Filtratwasserabgabe - Auslaufzeit (n. DIN V 4126-100) - Dichte	- Kugelharfe - Filterpresse - Marsh-Trichter - Standzylinder + Waage	1 x je Liefercharge sowie Rückstellproben

¹⁾ ggf. auch Füllstoffe aus Tonmehl

2.2 Ausführungsprüfung

Die aus den Baustoffen hergestellte Dichtwandmischung wird regelmäßig geprüft. Die ermittelten Kenndaten werden mit denen jener Dichtwandmischung verglichen, die der Ausführungsplanung zugrunde liegt bzw. die bei der Eignungsprüfung verwendet wurde. Der Prüfumfang ist in Tabelle 5-3.2 dargestellt.

Tabelle 5-3.2.: Ausführungsprüfung an Einphasen-Schlitzwänden

Material	Prüfung	Prüfgerät	Häufigkeit und Probenentnahmestelle
Dichtwand-Mischung	nach DIN 4127 - Fließgrenze, (n. DIN V 4126-100) - Filtratwasserabgabe - Auslaufzeit (n. DIN V 4126-100) - Dichte - Sandgehalt (nicht am Zulauf)	Kugelharfe Filterpresse Marsh-Trichter Standzylinder +Waage Sandgehalt-Messgerät nach API	am Zulauf 2 x pro Element, mind. 3 x pro Schicht aus d. Dichtwandschlitz vom Kopf- und Fußbereich der Wand je 250 m ² Wandfläche (125 m ² je Prüfung)
	Durchlässigkeitsbeiwert, einaxiale Druckfestigkeit	nach E 3-2	aus dem Dichtwandschlitz vom Kopf- und Fußbereich der Wand je 1 x pro 1000 m ² Wandfläche (500 m ² je Prüfung)
Anmerkung: Für die Probengewinnung ist ein Entnahmegerät zu verwenden, welches die Materialentnahme aus der gewünschten Tiefe des Wandelements sicherstellt.			
Lagegenauigkeit des Schlitzes	Schichtenfolge Tiefe d. Dichtwand Einbindemaß des Wandfußes Vertikalität der Dichtwand Überschneidungsmaß der Wandelemente	Aushub Lotung Aushub, Probenentnahme Lotung mit 2 Messstellen an Greiferschalen bzw. Inklinometereinsatz Lotung mit 2 Messstellen an Greiferschalen bzw. Inklinometereinsatz	fortlaufend 1 x pro Element 1 x pro Element 1 x pro Element 1 x pro Lamelle
Anmerkung: Bei kontinuierlichem Aushubbetrieb mit Tieflöffel-Bagger eine Überprüfung pro 10 m Wandlänge.			
Zusätzliche Dichtelemente Kombinationswand	Prüfung der Einbaukriterien die aus der Probewand-Prüfung der Produktions- und Herstellungsbedingungen im Einzelfall abzuleiten sind. Ggf. zusätzlicher Nachweis der Vollständigkeit der Schlossverbindungen mit Hilfe geeigneter Prüfverfahren.		

Von den Schöpfproben aus dem Schlitz kann zusätzlich der Wassergehalt und die Wasseraufnahme bestimmt und an entsprechenden Rückstellproben zunehmenden Alters (28, 56 84, 168 Tage) die zeitabhängige Veränderung dieser Kennwerte (Zunahme der Wasseraufnahme, Abnahme des Wassergehaltes, sowie die Abnahme des Durchlässigkeitsbeiwertes ermittelt und auch auf statistischer Basis analog E 5-8, Abschnitt 3.3 die Qualität und Zuverlässigkeit der vollständigen Abdichtungswirkung beurteilt werden.

3 Zweiphasen-Dichtwände

3.1 Eingangsprüfung

Alle Baustoffe für Phase 1 (Bentonit- Suspension) und für Phase 2 (Dichtwandmassen) werden bei Anlieferung an die Baustelle überprüft. Hierfür sind sinngemäß die Regelungen nach Abschnitt 2.1 anzuwenden.

3.2 Ausführungsprüfung

Die aus den Baustoffen hergestellten Mischungen für Phase 1 (Bentonit-Suspension) und Phase 2 (Dichtwandmasse) werden regelmäßig geprüft. Die dabei gefundenen Daten werden mit jenen der Ausführungsplanung bzw. der Eignungsprüfung verglichen. Der Prüfungsumfang ist in Tabelle 5-3.3 dargestellt.

Tabelle 5-3.3.: Ausführungsprüfung an Zweiphasen-Dichtwänden

Material	Prüfung	Prüfgerät	Häufigkeit und Probenentnahmestelle
Phase 1 (Wasser/ Bentonit)	nach DIN 4127 - Fließgrenze (n. DIN V 4126-100) - Filtratwasserabgabe - Dichte	Kugelharfe Filterpresse Standzylinder + Waage	am Zulauf 1 x pro Schicht
	nach DIN 4127 - Fließgrenze (n. DIN V 4126-100) - Dichte	Kugelharfe Standzylinder + Waage	aus dem Dichtwandschlitz 1 x pro Element ca. 0,3 m über Schlitzsohle vor Austausch gegen Phase 2
Phase 2 (Dichtwand- masse)	-Dichte -Ausbreitmaß (n. DIN 1048 Tl. 1)	Probewürfel-Form (15 x 15 x 15 cm) und Waage Ausbreitisch	aus Anlieferung 1 x pro 250 m ² Wandfläche
	Durchlässigkeitsbeiwert einaxiale Druckfestigkeit	nach E 3-2	aus Anlieferung 1 x pro 1000 m ² Wandfläche
Lagegenauig- keit	Schichtenfolge Tiefe der Dichtwand Einbindemaß des Wandfußes Vertikalität der Dichtwand Überschneidungsmaß der Wandelemente	Aushub Lotung Aushub, Probenent- nahme Lotung mit 2 Meßseilen an Greiferschalen bzw. Inklinometer Lotung mit 2 Meßseilen an Greiferschalen bzw. Inklinometer	fortlaufend 1 x pro Element 1 x pro Element 1 x pro Element 1 x pro Element
Anmerkung: Diese Messungen sind vor Einbau der Dichtwandmasse durchzuführen.			

4 Schmalwände

4.1 Eingangsprüfung

Die Eingangsprüfung für alle Wandbaustoffe erfolgt entsprechend Abschnitt 2.1.

4.2 Ausführungsplanung

Die aus den Baustoffen hergestellte Schmalwand-Dichtungsmasse wird regelmäßig geprüft. Die dabei gefundenen Daten werden mit jenen der Ausführungsplanung bzw. der Eignungsprüfung verglichen. Der Prüfungsumfang ist in Tabelle 5-3.4 dargestellt.

Tabelle 5-3.4.: Ausführungsprüfung an Schmalwänden

Material	Prüfung	Prüfgerät	Häufigkeit und Probenentnahmestelle
Schmalwandmischung	nach DIN 4127 - Fließgrenze - Filtratwasserabgabe - Dichte Durchlässigkeitsbeiwert, einaxiale Druckfestigkeit	Kugelharfe Filterpresse Stahlzylinder + Waage nach E 3-2	am Zulauf 1 x pro Schicht am Zulauf 1 x pro 2000 m ² Wandfläche
Lagegenauigkeit	Erreichen des Einbindehorizontes Vertikalität	Zeit-Weg-Diagramm der Rüttelbohle Druck-Mengen-Diagramm der Verpresspumpe Inklinometer am Mäkler Kontrolle mit 2 m-Wasserwaage an Rüttelbohle	fortlaufend fortlaufend fortlaufend optisch 1 x pro Schicht
Dichtungsmassenaufnahme im Boden		Druck-Mengenschreiber mit kontinuierlicher Aufzeichnung	fortlaufend

Zur Überprüfung von Überschneidungsmaß und Vollzähligkeit sämtlicher Rüttelstiche soll die fertig gestellte Schmalwand vom Arbeitsplanum aus soweit freigelegt werden, bis die angeschnittene Wand mit der Lage der einzelnen Rüttelstiche sichtbar wird.

5 Systemprüfung

Die Systemprüfung der Dichtwände erfolgt mittels Pumpversuchen an Probekammern. Für vollständig erstellte, einfache oder doppelte Dichtwände sowie Dichtwandkästen erfolgt die Prüfung durch Absenken des Wasserspiegels im "Dichtungstopf" bzw. in den "Dichtungskammern". Bei Wandabschnitten von einfachen Dichtwänden erfolgt die Absenkung nach Möglichkeit im Abströmbereich des Grundwassers.

Ablaufschema für Wareneingangsprüfungen von Fertigmischungen

Zweck und Geltungsbereich:

Zweck dieser Wareneingangsprüfung ist die Prüfung, inwieweit die Qualität der auf die Baustelle gelieferten Ware mit der bestellten übereinstimmt.

Probenahme:

Die Probenahme des Trockenproduktes sollte in Anlehnung an DIN EN 196, Teil 7 erfolgen.

Herstellung der Mischung:

Aufschlussgerät:

IKA Ultra-Turrax T 50 mit Drehzahlmesser IKATRON/Fa. Janke & Kunkel (alternativ: Sondermodell T 50 mit fester Drehzahl von 4000 U/min) mit Rührwelle R 50 (Dissolverscheibe R 1402).

Aufschlussmodus:

5 Minuten Rührdauer bei 4000 Umdrehungen/Minute. Die Rührwelle wird so in das Mischgefäß eingetaucht, dass sich der Mittelpunkt der Hakenscheibe exzentrisch etwa 10 mm über dem Boden des Gefäßes befindet.

Dispergiergefäß:

3 Liter-Kunststoffmessbecher mit Henkel: Innen-Ø unten: 130 mm, Innen-Ø oben: 150 mm, Höhe: 230 mm (Bezugsquelle: Laborfachhandel).

Ansatzmenge:

2 Liter

Wasseraufbereitungsgerät:

Wasservollentsalzer, z.B. Typ Behropur B 5 (Fa. Behr/Düsseldorf) mit Ersatzpatrone

Das zum Aufschluss benutzte Wasser muss eine Restleitfähigkeit von ≤ 1 mS/m (≤ 10 µS/cm) besitzen. Eine ggf. von $10 \pm 2^\circ\text{C}$ bzw. $20 \pm 2^\circ\text{C}$ abweichende Temperatur ist auf dem Formblatt der Wareneingangsprüfung zu vermerken.

Kugelharfe, Marshtrichter und Filterpresse sollten 1 x pro Woche auf Funktion, Verschmutzung bzw. Verschleiß (z.B. Marshtrichter: Auslaufzeit mit Wasser) geprüft werden.

Ablauf der Prüfung:

- 1 Einwaage von x g Fertigmischung.
- 2 Einwaage von x g Wasser in das Dispergiergefäß.
- 3 Ultra-Turrax auf 4000 U/min einstellen und anschalten; Gesamtdispergierzeit 5 Minuten. Zugabe der Fertigmischung zum Wasser innerhalb der ersten 15 Sekunden.
- 4 Nach erfolgter Dispergierung 2 Minuten Wartezeit; innerhalb dieser Zeit Bestimmung der Suspensions-Temperatur.
- 5 Bestimmung der Marshzeit.
- 6 Auffüllen des Behälters zur Messung der Fließgrenze (Wartezeit nach dem Befüllen bis zur Messung: 1 Minute)
- 7 Auffüllen der Filterpresse und Starten des Filterpressversuchs durch Aufbringen des Prüfdrucks innerhalb der ersten 30 Sekunden.
- 8 Bestimmung der Fließgrenze mit der Kugelharfe.
- 9 Auffüllen des 1 l-Standzylinders zur Bestimmung des Absetzmaßes.
- 10 Bestimmung der Dichte mit Standzylinder und Waage.
- 11 Bestimmung der nach 7,5 Minuten abgegebenen Filtratwassermenge.
- 12 Auswertung der Fließgrenze mittels Kugel-Nummer und Suspensionsdichte mit Hilfe des Diagramms¹⁾
- 13 Der Standzylinder bleibt zur Bestimmung des Absetzmaßes nach 30 min und 24 h stehen.

¹⁾ Das/Die im Anhang wiedergegebenen Diagramm(e) basieren z.T. auf der Tabelle in der DIN V 4126-100

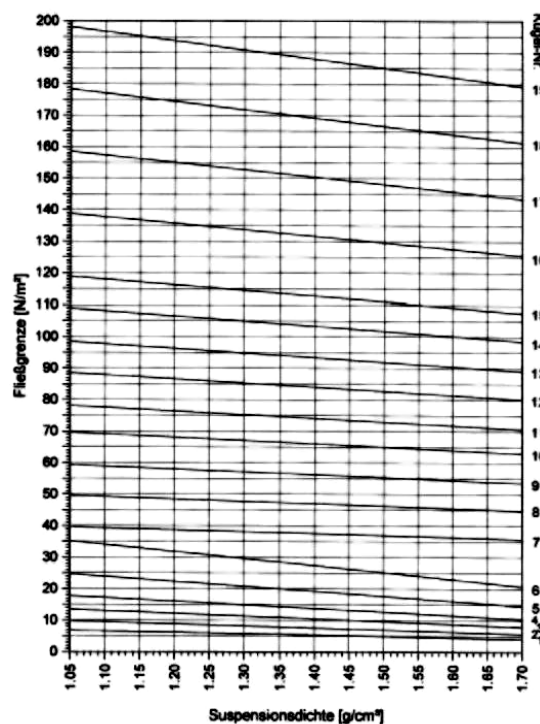


Bild 5-3.1: Ermittlung der Fließgrenze aus Suspensionsdichte und Kugelnummer (Standard-Kugelharfe und schwere Ausführung)

Messtechnisch mögliche Streubreite der Suspensionskennwerte:

Prüfparameter	Prüfmethode	Streubreite
Suspensionsdichte	Standzylinder/Waage	$\pm 0,05 \text{ t/m}^3$
Marshzeit	DIN V 4126-100	$\pm 5 \text{ s}$
Fließgrenze	DIN V 4126-100	$\pm 1 \text{ Kugel}$
Filtratwasserabgabe	DIN 4127	$\pm 10 \text{ cm}^3$
Absetzmaß nach 24 h ¹⁾		$\pm 2,5 \text{ Vol.-%}$

¹⁾ nicht Bestandteil der Wareneingangsprüfung

Vom Hersteller anzugebender Zeitraum ab Liefer-Datum, innerhalb dessen die geforderten Eigenschaften der Fertigmischung eingehalten werden.

Zulässige Verarbeitungszeit im Schlitz. Mindestgehalt an Tonmineralien in der Fertigmischung gemäß Eignungsprüfung.

Formblatt für die Wareneingangsprüfung von Fertigmischungen

Suspensionsrezeptur: kg/m³ Fertigmischung

Reindichte der Fertigmischung von bis t/m³

..... kg/m³ Wasser

vereinbarte Prüftemperatur: 10 ± 2 °C 20 ± 2 °C

gemessene Suspensionstemperatur: °C

Ansatzmenge: 2 Liter

Parameter	gemessener Wert	vertraglich vereinbarte Spannweite	o.k.
Marshzeit n. DIN V 4126-100	..... s	..... ≤ s ≤	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein
Fließgrenze (Kugelharfe) n. DIN V 4126-100	kleinste Kugel-Nr. mit gespanntem Faden: N/m ²	..... ≤ N/m ² ≤	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein
Filtratwasserabgabe (Filterpresse) DIN 4127	..... cm ³	≤ cm ³	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein
Suspensionsdichte (Standzylinder/Waage)	..... t/m ³	..... ≤ t/m ³ ≤	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein

nicht Teil der Wareneingangsprüfung:

Absetzmaß im 1 l-Zylinder *)	n. 30 min : Vol.-% n. 24 h : Vol.-%	n. 24 h : ≤ Vol.-%	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein
---------------------------------	--	--------------------------	--

*) Verhältnis Füllhöhe/Durchmesser ≈ 6

Rückstellprobe	Entnahmeart:
----------------	--------------------

Bemerkungen

Datum: Ort: Bearbeiter: