

Flüssig boden

Ein zertifizierter Baustoff

Regelwerke, Qualität, Überwachung



Verfüllung

Die Verwendung von Flüssigboden ist ein innovatives Verfahren. Der Baustoff ermöglicht neue und flexible Bauweisen im Tief- und Leitungsbau. Dieses BTB-Merkblatt fasst den aktuellen Wissensstand zusammen und beschreibt die dazugehörigen Regelwerke. Flüssigboden wird auch als zeitweise fließfähiger, selbstverdichtender Verfüllbaustoff aus Böden und Baustoffen (ZFSV) bezeichnet. Das Material zeichnet sich durch seine Fließfähigkeit und Selbstverdichtung aus.

Diese Vorteile bietet Flüssigboden:

- › Verfüllung zeit- und kostensparender gegenüber Füllboden
- › optimale Verdichtung auch unterhalb von Leitungspaketen zur Vermeidung von Schäden durch Setzung
- › Verhindern späterer Nachsetzungen von Grabenverfüllungen
- › schneller Baufortschritt bei geringerem Personaleinsatz
- › Optimierung der Arbeitsräume und schmalere Leitungsrinnen möglich

Die Einsatzgebiete von Flüssigboden sind:

- › Erd-, Tief- und Straßenbau
- › Verfüllung von Gräben für Kabel- und Rohrleitungsbau sowie Baugruben und Hinterfüllungen
- › Damm- und Deichbau
- › Schacht- und Hohlraumverfüllung

Entwicklung eines Regelwerks

Die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) hat den Arbeitskreis 5.3.2 „Zeitweise verflüssigte Verfüllbaustoffe aus Boden/Bodenersatzstoffe“ mit der Erarbeitung eines Regelwerks beauftragt, um Erfahrungen und Vorschläge zur Kategorie „Flüssigboden“ zu sammeln, fachlich aufzubereiten und weiterzuentwickeln.

Flüssigboden ist ein Produkt, zu dem es bis 2012 noch kein Regelwerk gab. 2012 veröffentlichte die FGSV die „Hinweise für die Herstellung und Verwendung zeitweise fließfähiger, selbstverdichtender Verfüllbaustoffe im Erdbau“ (FGSV H ZFSV – Heft 563, www.fgsv-verlag.de), die den aktuellen Wissensstand wiedergeben.

Das Dokument gibt Hinweise für die Herstellung und Anwendung von ZFSV bei Baugruben und Leitungsgräben. Es beschreibt neben den Anwendungsgebieten Herstellung, Lieferung, Einbau und Prüfung auch die Qualitätssicherung für den Baustoff mit definierten Grenzen, verbundenen Vorteilen und Bezügen auf das bestehende Regelwerk.

Die Hinweise werden aktuell zu einem FGSV Merkblatt weiterentwickelt.

Qualitätssicherung bei ZFSV



Ein typisches Einsatzgebiet: die Verfüllung von Gräben im Kanal- und Rohrleitungsbau aus dem Transportbetonfahrmischer | Foto: Holcim (Deutschland) GmbH

Ausgangsstoffe und Herstellverfahren müssen im Hinblick auf ihre Konformität mit den Festlegungen und den Anforderungen der FGSV (H ZFSV) überwacht werden. Die Qualitätssicherung muss so angelegt sein, dass wesentliche Änderungen, die die Eigenschaften beeinflussen, aufgedeckt und angemessene Gegenmaßnahmen eingeleitet werden.



Der Verfüllbaustoff fließt in jeden Winkel der Baugrube und benötigt keine zusätzliche Verdichtung | Foto: Dyckerhoff GmbH/Christoph Mertens

Bei einer Anwendung in Leitungsgräben oder Hinterfüllungen muss eine unerwünschte langfristige Zunahme der Festigkeit des Verfüllbaustoffs vermieden werden. Das Baustoffgemisch muss so zusammengesetzt sein, dass die festgelegten Anforderungen eingehalten werden. Die Eigenschaften sind durch eine Erstprüfung zu ermitteln.



Einbau des Flüssigboden direkt aus dem Fahrnischer
Foto: Dyckerhoff GmbH/Christoph Mertens

Die Verträglichkeit mit dem Baugrund und anderen Baustoffen oder Bauteilen muss gegeben sein. Die Qualifikation des verarbeitenden Personals ist von hoher Wichtigkeit. Von großer Bedeutung sind auch die qualitätssichernden Maßnahmen in Form der Eigenüberwachung der Baustelle durch den Abnehmer und die Kontrollprüfungen durch den Auftraggeber.

[Näheres hierzu steht in FGSV H ZFSV.](#)

Durchzuführende Prüfungen

Der Hersteller hat die Eignung der für die Lieferung vorgesehenen Baustoffe und der Baustoffgemische entsprechend den Anforderungen des Bauvertrags nachzuweisen. Es darf auf vorhandene Erstprüfungen zurückgegriffen werden, sofern sich Art und Eigenschaften der zu verwendenden Baustoffe und Baustoffgemische nicht geändert haben und die Prüfzeugnisse nicht älter als 2 Jahre sind. Wenn sich die Art und Eigenschaften der Böden und Baustoffe verändern, ist eine erneute Erstprüfung vorzunehmen.

Zum Nachweis der Eignung sind bezüglich der nachfolgenden Merkmale Anforderungen vom Hersteller festzulegen:

- › zulässiges Größtkorn
- › Fließfähigkeit/Konsistenz
- › Entmischungsneigung
- › Rohdichte
- › Druckfestigkeit oder CBR-Wert
- › Wiederaushubfähigkeit



Konsistenzprüfung des Flüssigbodens
Foto: Holcim (Deutschland) GmbH

FGSV H ZFSV teilt Flüssigböden in die Wiederaushubfähigkeitsklassen „leicht“, „mittel“ und „schwer“ ein. Die hierfür gestellten Anforderungen sind in Tabelle 1 angegeben.

Druckfestigkeit im Alter von 28 Tagen			
Wiederaushubfähigkeit	leicht von Hand	mittel mithilfe leichter Geräte	schwer nur mit Geräteinsatz
Lösewerkzeuge	Schaufel, Spaten	Spitzhacke, Löffel des Minibaggers	Baggerlöffel, Pressluft oder Hydraulik- meißel
Druckfestigkeit	bis 0,3 N/mm ²	0,3 bis 0,8 N/mm ²	über 0,8 N/mm ²
CBR-Wert	bis 25 %	25 bis 60 %	über 60 %

Festigkeitsentwicklung 7d–56d			
fz-Wert * Druckfestigkeit	< 0,15 N/mm ²	< 0,20 N/mm ²	–
fz-Wert * CBR-Wert	< 12 %	< 15 %	–

Tabelle 1: Anhaltswerte für die Wiederaushubfähigkeit von ZFSV

*fz-Wert = Festigkeitszuwachs

Eigenüberwachung des Herstellers

Der Flüssigboden muss homogen sein und darf sich beim Einbau nicht entmischen. Die Eigenüberwachung beim Hersteller umfasst die Prüfungen bei der Herstellung und Lieferung. Alle Prüfungen sind zu protokollieren. Art und Umfang der Prüfungen müssen der FGSV H ZFSV entsprechen. Neben den Ausgangsstoff- und Lieferscheinkontrollen müssen in festgelegten Zeitabständen bzw. in Abhängigkeit der Produktionsmenge Frisch- und Festeigenschaften des Verfüllbaustoffs geprüft werden.



Herstellen von Probekörpern zur Prüfung der Festbetoneigenschaften | Quelle: BTB

Fremdüberwachung und Zertifizierung

Mit der Beauftragung einer freiwilligen Fremdüberwachung dokumentiert der Hersteller gegenüber dem Abnehmer Vertrauen in die Qualitätssicherung von Flüssigböden. Die Fremdüberwachung wird von neutralen und unabhängigen Stellen durchgeführt.

Hierzu zählt der Bundesüberwachungsverband Bauprodukte e.V. (BÜV BauPro) (www.buev-baupro.de), der die Einhaltung qualitätsrelevanter Anforderungen an Flüssigböden – unter Verwendung von Primärrohstoffen – in Transportbetonwerken überwacht, oder aber die Bundesqualitätsgemeinschaft Flüssigboden (BQF) (www.bqf-fluessigboden.de), deren Mitglieder die Wiederverwendung von auf Baustellen anfallenden Böden zu qualitätsgerechtem Flüssigboden im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes praktizieren.

Abgeschlossene Forschung

Zur Bemessung von in ZFSV verlegten Rohrleitungen

Da es bislang an anerkannten Bemessungsrichtlinien fehlte, beauftragte die FTB das Institut für Geotechnik der Leibniz Universität Hannover, ein entsprechendes Bemessungskonzept für in Flüssigboden gebettete Abwasserrohre und -leitungen zu entwickeln. Die Untersuchungen zeigten, dass eine Bemessung von in Flüssigboden gebetteten Rohrleitungen möglich ist. Die Bemessung lehnt sich an das Arbeitsblatt DWA-A 127 der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) an. Dieses stellt den Stand der Technik bezüglich der statischen Berechnung erdverlegter Rohrleitungen dar. Das Konzept wurde in die Arbeit des DWA-Ausschusses, der die DWA-A 127 bearbeitet, eingebracht. Wesentliche Erkenntnisse wurden in einer Publikation in der Fachzeitschrift Tiefbau, Hochbau, Ingenieurbau, Straßenbau (THIS) veröffentlicht.

Durchführung von Kalibrierversuchen an Flüssigboden

Der sogenannte Plattendruckversuch wird herangezogen, um die Verformbarkeit und Tragfähigkeit eines Bodens zu beurteilen. Das Verformungsmodul wird in der Regel mit dem statischen Plattendruckversuch bestimmt. Da dieser Versuch sowohl kosten- als auch zeitintensiv ist, wird alternativ der dynamische Plattendruckversuch untersucht.

Für verschiedene Bodengruppen nach DIN 18196 liegen Korrelationshilfswerte vor, jedoch nicht für den Flüssigboden. Ziel des zweiten Forschungsvorhabens war deshalb die Ableitung von Korrelationen der Verformungsmodul aus den statischen und dynamischen Plattendruckversuchen für werksgemischte Flüssigböden mit definierten Sanden als Ausgangsmaterialien. Hierzu wurden drei unterschiedliche Flüssigböden anhand von Feld- und Laborversuchen untersucht. Für die untersuchten Flüssigböden konnte folgende Korrelation herausgearbeitet werden:

Bei einem dynamischen Verformungsmodul von $E_{vd} \geq 10 \text{ MPa}$ (dynamischer Plattendruckversuch) kann mit dem Überschreiten der entsprechenden Grenze des statischen Verformungsmoduls von $E_{v2} = 45 \text{ MPa}$ (statischer Plattendruckversuch) gerechnet werden. Dies stellt für die Praxis ein gut handhabbares Kriterium für die Beurteilung des Flüssigbodens hinsichtlich des geforderten Grenzwertes dar. Wesentliche Erkenntnisse wurden in einer weiteren Publikation in der Fachzeitschrift Tiefbau, Hochbau, Ingenieurbau, Straßenbau (THIS) veröffentlicht.

Zu beiden Forschungsvorhaben steht Interessierten jeweils ein BTB-Sonderdruck zur Verfügung unter www.transportbeton.org/forschung



Überreicht durch:

HERAUSGEBER:



Bundesverband der Deutschen
Transportbetonindustrie e.V. (BTB)

Kochstraße 6–7, 10969 Berlin

Tel. 030 2592292-0

info@transportbeton.org

www.transportbeton.org

Weitere Informationen über Beton finden Sie auch unter
www.beton.org

Stand: Februar 2020

