

Infopoint TECHNIK



Zeitweise fließfähige, selbstverdichtende Verfüllbaustoffe (ZFSV) . Eine Bestandsaufnahme



Was sind „zeitweise fließfähige, selbstverdichtende Verfüllbaustoffe“?

Im Tief- und Rohrleitungsbau werden vielfältige Verfüllmaßnahmen mit den unterschiedlichsten Anforderungen an das einzubauende Material durchgeführt. Die Forderung nach neuen, umweltfreundlichen und kostengünstigen Technologien hat in der jüngsten Vergangenheit zu neuen Entwicklungen auf dem Gebiet der zeitweise fließfähigen, selbstverdichtenden Verfüllbaustoffe (ZFSV), auch Flüssigboden genannt, geführt.

Anfang der 1980er Jahre wurde in Österreich die erste „stabilisierte Sandmischung“ speziell für das Verfüllen von Rohrleitungsgräben entwickelt. Seit Anfang der 1990er Jahre begann man, selbstverdichtende Verfüllbau-

stoffe auf der Grundlage von Aushub- oder Bauschuttmaterial zu entwickeln. Mitte der 1990er hat die Anwendung solcher Verfüllmaterialien stark zugenommen. Heute werden verschiedene Produkte auf dem Markt angeboten.

Der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW) und die Gaz de France (GDF SUEZ) haben in einem gemeinsamen Forschungsvorhaben Qualitätskriterien für den Einsatz von Flüssigboden erarbeitet, wobei die Entwicklungen und Erfahrungen aus Frankreich und Deutschland zusammengeführt wurden. So wurden z. B. Untersuchungen zur Lösbarkeit der Verfüllbaustoffe beim späteren Wiederaushub und zur Festigkeits-

entwicklung durchgeführt und verschiedene Prüfverfahren erprobt und weiterentwickelt.

Neben der baustofflichen Entwicklung wurde auch versucht, die Anforderungen an die ZFSV und die daraus resultierenden Materialeigenschaften in einem Arbeitspapier zusammenzufassen. Im Oktober 2012 erschien bei der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen das Hinweisblatt „Hinweise für die Herstellung und Verwendung von zeitweise fließfähigen, selbstverdichtenden Verfüllbaustoffen im Erdbau – H ZFSV“.

Die hierfür am Markt verfügbaren Produkte und Verfahren unterscheiden sich jedoch in der Zusammensetzung und den Eigenschaften.

Anwendungsbereiche von Flüssigboden

Der Leitungstiefbau ist ein bevorzugter Anwendungsbereich für fließfähige, selbstverdichtende Verfüllmaterialien. Entsprechend den „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau“ (ZTV E-StB) gilt:

Die Verwendung ist insbesondere in schwer zugänglichen und schwer verdichtbaren Bereichen vorgesehen (z. B. in schmalen Gräben, bei Leitungskreuzungen), da in diesen Bereichen eine konventionelle, anforderungsgerechte Verfüllung mit Schüttmaterial und lagenweiser Verdichtung schwierig oder gar unmöglich ist.

Selbstverdichtende Verfüllbaustoffe können aber auch in Hinterfüllungen, als Dichtungsschicht oder für Hohlräumverfüllungen eingesetzt werden.

Im Allgemeinen sind „zeitweise fließfähige, selbstverdichtende Verfüllbaustoffe“ für alle Gräben und Baugruben geeignet, die folgende Anforderungen erfüllen:

- beschleunigter Bauablauf,
- geringe Setzungen/Sackungen,
- Aushubfähigkeit bei späteren Aufgrabungen.

Sie können für alle Arten von Medienleitungen wie Strom, Gas, Wasser, Abwasser, Telekommunikation usw. eingesetzt werden.

Allerdings müssen diese Verfüllmaterialien für die Anwendung im Bereich von Strom, Gas- und Wasserleitungen zusätzliche Anforderungen erfüllen – unter anderem in Bezug auf die Wärmeleitfähigkeit, die Gasdurchlässigkeit sowie die chemischen oder mechanischen Einwirkungen auf Leitung oder Medien.

Während diese Anforderungen auf kurzen Leitungsabschnitten kein Problem darstellen, können bei langen Abschnitten durchaus Probleme auftreten. So weist der Verfüllbaustoff keine Durchlässigkeit für Medien auf, wodurch sich die Ortung einer Leckage in einer Gas-/Wasserleitung sehr schwierig und kostenaufwendig gestaltet. In der Regel „kriecht“ das

Gas bzw. das Wasser am Rohr entlang und tritt an einer nicht mit dem ZFSV verfüllten Stelle aus.

Kontakt

Ansprechpartner und Autor
Rohrleitungsbauverband e.V.
Dipl.-Wirtsch.-Ing.
Lukas Romanowski



T +49 221 37668-41
romanowski@rbv-koeln.de

Mitautor
IAB Institut für Angewandte
Bauforschung Weimar
gemeinnützige GmbH
Enrico Scholz



T +49 3643 8684-827
e.scholz@iab-weimar.de

Woraus bestehen „zeitweise fließfähige, selbstverdichtende Verfüllbaustoffe“ (ZFSV)?

Selbstverdichtende Verfüllbaustoffe sind Baustoffgemische aus Gesteinskörnungen oder natürlichen Böden oder industriellen Nebenprodukten.

Solche Baustoffgemische bestehen beispielsweise aus Aushubböden, Sand, Kies, Gesteismehl, RC-Baustoffen mit geringen Dosierungen von Zement oder anderen hydraulischen Bindemitteln, Wasser und evtl. weiteren

Zusätzen wie Verflüssiger, Luftporenbildner, Stabilisatoren, Kolloide. Der Großteil an ZFSV besteht im Wesentlichen aus vier Grundbausteinen (siehe Abb. 1).

Die Baustoffgemische werden so hergestellt, dass beim Verfüllen keine Verdichtung erforderlich wird. Das bedeutet, dass das Verfüllmaterial ohne Einwirkung zusätzlicher Verdichtungsenergie oder Vibration eingebaut wird.

© IAB, Abb. 1 | Grundbausteine von ZFSV



Welche Eigenschaften müssen ZFSV aufweisen?

Nach dem Hinweisblatt der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. (FGSV) fließen ZFSV „... ohne Einwirkung zusätzlicher Verdichtungsenergie, allein unter dem Einfluss der Schwerkraft, und füllen Hohl- und Zwischenräume vollständig aus. Die Verfüllbaustoffe weisen nach einem definierten Zeitraum den Anwendungen entsprechend mechanische und physikalische Eigenschaften auf und gewährleisten diese langfristig“ [1].

Die Verfüllbaustoffe weisen nach einem definierten Zeitraum ausreichende Tragfähigkeit auf, um überbaut oder betreten bzw. befahren zu werden. Langfristig sollen sie eine begrenzte Festigkeit aufweisen, sodass das Material bei einem eventuellen Wiederaushub leicht lösbar ist.

Für jeden Anwendungsbereich werden die maßgebenden Anforderungen an die ZFSV zur qualitätsgerechten Ausführung von Baumaßnahmen spezifisch festgelegt. Darüber hinaus sind diese in den entsprechenden Leistungsbeschreibungen anzugeben. Um die festgelegten Anforderungen zu erfüllen, müssen die eingesetzten Verfüllbaustoffe eine entsprechende Zusammensetzung aufweisen. Über eine Eignungsprüfung ist die für den Einsatzzweck maßgebende Zusammensetzung zu ermitteln.

Dabei sind die folgenden maßgeblichen Anforderungen für den qualitätsgerechten Einbau zu berücksichtigen:

- **zulässiges Größtkorn**

Laut den geltenden Normen ist derzeit das Größtkorn für die ZFSV auf einen Durchmesser von 20 bzw. 22 mm beschränkt. Die Notwendigkeit dieser Beschränkung besteht darin, dass die Abstände zwischen Grabenwand und Rohr bzw. Rohr und Rohr vollständig verfüllt werden und es nicht zu einer Brückenbildung mit darunterliegendem Hohlraum kommt.

- **Fließfähigkeit (Konsistenz)**

Die Fließfähigkeit der selbstverdichtenden Verfüllbaustoffe wird über die Anteile an Plastifikator und Zugabewasser geregelt. Dabei kann die Konsistenz von plastisch bis sehr fließfähig je nach Anwendung eingestellt werden. Wichtig ist, dass das bei der Eignungsprüfung ermittelte Ausbreitmaß am Einfüllort erreicht wird. Eine Zugabe von zusätzlichem Wasser auf der Baustelle führt zur Veränderung der Produkteigenschaften und somit zu einer nicht sachgerechten Ausführung.

- **Druckfestigkeit/Tragfähigkeit (Verformungsmodul EV2)/Wiederaushubfähigkeit**

Seit den ersten Entwicklungen von fließfähigen Verfüllbaustoffen ist die Druckfestigkeit ein Maß zur Beurteilung der Trag- und Wiederaushubfähigkeit. Im Hinweisblatt des FGSV wird erstmalig eine Einteilung der Druckfestigkeit bezüglich der Wiederaushubfähigkeit vorgenommen. So werden Materialien mit einer Druckfestigkeit bis 0,30 N/mm²

als leicht und von Hand als wiederaushubfähig bezeichnet. Verfüllbaustoffe mit Druckfestigkeiten größer 0,30 N/mm² gelten als mittel bzw. schwer wiederaushubfähig. Somit steigt auch der technische Aufwand beim erneuten Öffnen des Grabens und es kann zu Beschädigungen an den Leitungen kommen. Durch die geringen Einsatzmengen an Stabilisator – je nach Grundmaterial werden zwischen 30 und 60 kg/m³ verwendet – ist auf strikte Einhaltung der vorgegebenen Rezeptur im Mischwerk oder an der mobilen Mischanlage zu achten. Wie die Abb. 2 verdeutlicht, kann schon eine geringe Abweichung der ermittelten Zugabemenge an Bindemittel zu einer Erhöhung der Druckfestigkeit führen und die Wiederaushubfähigkeit beeinflussen.

Aufgrund der besonderen Eigenschaften der ZFSV ist eine Prüfung des EV2-Wertes frühestens nach sieben Tagen möglich. Erfahrungen haben jedoch gezeigt, dass eine Überbaubarkeit nach acht Stunden gegeben ist. Deshalb empfiehlt es sich, während der Rezepturerstellung Probefelder zum Nachweis der Tragfähigkeit und Korrelation zur Druckfestigkeit anzulegen.

Die Festigkeitsentwicklung ist erst nach 28 Tagen aussagekräftig zu bewerten.

- **Volumenstabilität**

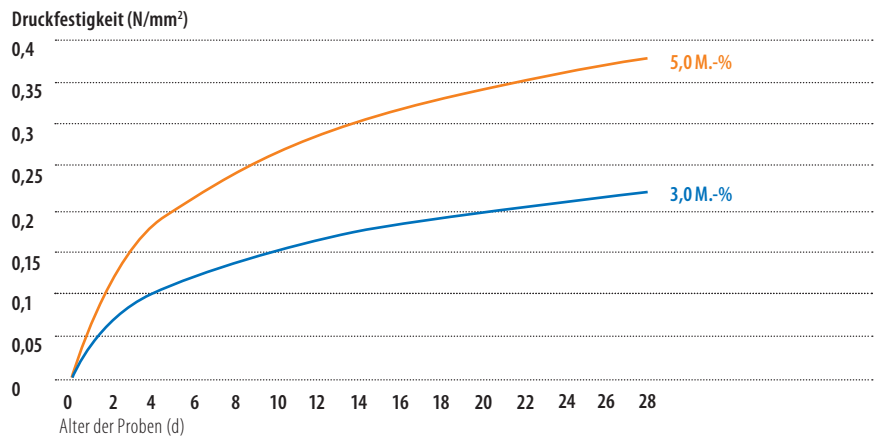
Unter Volumenstabilität versteht man die Volumenabnahme (Schrumpfen) bzw. Volumenzunahme (Treiben) der ZFSV als Folge

[1] Quelle FGSV: „Hinweise für die Herstellung und Verwendung von zeitweise fließfähigen, selbstverdichtenden Verfüllbaustoffen im Erdbau – H ZFSV“

von Wasserverlust bzw. -aufnahme ohne Einwirkung von äußeren Spannungen.

Bei den meisten Verfüllbaustoffen wird in der Regel mit einem Wasserüberschuss gearbeitet, damit die gewünschte Fließfähigkeit erreicht wird. Ein Großteil des Zugabewassers wird vom Stabilisator gebunden bzw. am Plastifikator und an den Zuschlagstoffen angelagert. Das restliche Zugabewasser wird in das angrenzende Erdreich abgeleitet. Schon bei der Rezepturerstellung ist darauf zu achten, dass es zu keinem Absetzen von Zugabewasser auf dem Baustoff kommt. Als Folge können oberflächliche Schwindrisse auftreten. Als volumenstabil gelten Mischungen mit einem Absetzmaß zwischen 0,2 und 0,5 %.

© IAB, Abb. 2 | **Festigkeitsentwicklung bei unterschiedlichen Bindemittelanteilen**



Wie können ZFSV hergestellt und transportiert werden?

Zur Herstellung von ZFSV bestehen grundsätzlich zwei Möglichkeiten:

• in stationären Mischanlagen

Die Herstellung der Verfüllbaustoffe kann in zentralen Mischanlagen (Betonwerken) erfolgen, wobei meistens Gesteinskörnungen wie Sande, Kiessande oder Recycling-Baustoffe (RC-Baustoffe) eingesetzt werden.

• in mobilen Baustellenanlagen

Die Herstellung von selbstverdichtenden Verfüllbaustoffen aus dem Aushubmaterial kann auch in mobilen oder semimobilen Anlagen erfolgen, in denen der gesammelte Aushub einer oder mehrerer Baustellen aufbereitet und zu einem fließfähigen Baustoffgemisch weiterverarbeitet wird (siehe Abb. 3). Da der Fixkostenanteil für die Baustelleneinrichtung

und die Eignungsprüfungen relativ hoch ist, sollte unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten die direkte Wiederaufbereitung auf der Baustelle in mobilen Anlagen erst ab einer Einbauleistung von täglich etwa 30 m³ erfolgen. Für größere, semimobile Anlagen muss eine Mindestmenge von 60 m³ pro Tag und mindestens 2000 m³ je Baustelle angesetzt werden. Ein Beispiel für eine semimobile Anlage zeigt Abb. 4.

Als Grundmaterial können grob-, gemischt- und feinkörnige Böden entsprechend der Zuordnung nach DIN 18196: 2011-05 „Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke“ eingesetzt werden. Ebenso ist eine Verwendung von Böden und Baustoffen nach den „Technischen Lieferbedingungen für Böden und Baustoffe im Erdbau

des Straßenbaus“ (TL BuB E-StB) möglich, z.B. Recycling-Baustoffe. Böden oder Baustoffe aus Gewinnungsbetrieben – etwa Vorsiebmaterial oder Gesteinskörnungen für die Betonherstellung – sind ebenfalls verwendbar. Bei der Eignungsprüfung, die sich über 28 Tage erstreckt, sind die gewünschten Eigenschaften des Flüssigbodens nachzuweisen. Danach wird der ZFSV je nach Herstellungsweise zum Einbauort transportiert und eingebaut.

Beim Einbau über größere Entfernungen besteht die Möglichkeit des Einsatzes von herkömmlichen Betonpumpen (siehe Abb. 5). Bei Transport und Einbau mit Fahrmischern ist auf den Füllstand in der Trommel zu achten, da es aufgrund der Fließfähigkeit des Materials zum Austritt des Verfüllbaustoffes während der Fahrt kommen kann.



© IAB, Abb. 3 | **Mobile Mischanlage**



© Feickert GmbH, Abb. 4 | **Semimobile Mischanlage zur Herstellung von ZFSV**



© IAB, Abb. 5 | **Einbau mittels Fahrmischer**

Einbau von Flüssigboden

Beim Einsatz von Flüssigboden bei Baumaßnahmen, bei denen der Aushub wiederverwendet werden soll, ist bereits in der Planung, aber auch in der Bauausführung einiges zu beachten. So können sich bei Linienbaustellen die Bodenarten ändern, und die gewünschte Qualität des Verfüllbaustoffes erfüllt eventuell nicht mehr die notwendigen Eigenschaften. Da eine erneute Eignungsprüfung wiederum 28 Tage dauern würde, wird bei diesen Baustellen eine sehr detaillierte Vorplanung notwendig.

Eine Lieferung von Verfüllbaustoff aus dem Mischwerk auf die Baustelle stellt hier eine Alternative dar. Diese Vorgehensweise stört zwar den Bauablauf nicht, hat jedoch den Nachteil, dass der Aushub abgefahren werden muss. Hierdurch fallen zusätzliche Entsorgungskosten an. Dabei gilt: Die Bestimmungen des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG) sind strikt einzuhalten. Der ZFSV und seine Komponenten müssen vollständig umweltunbedenklich sein. Zudem ist der Aushub zu beproben und auf einer Deponie mit einem Nachweis zu entsorgen. Darüber hinaus sind beim Einbau von ZFSV folgende Randbedingungen zu beachten:

Aufgrund der Fließfähigkeit des Materials müssen während des Baufortschrittes Sicherungsmaßnahmen gegen ungewolltes Abfließen des Verfüllbaustoffes in angrenzende Gebäude, Tiefgaragen, Kanäle u. a. getroffen werden.

Ebenso ist bei Baumaßnahmen mit Rohrleitungen auf Dichtheit der Muffen zu achten, damit beim Verfüllen kein Material in die Rohre fließen kann. Befinden sich in den zu verfüllenden Leitungsabschnitten Hydranten oder Absperrschieber mit Sickersteinen, so sind auch hier entsprechende Schutzmaßnahmen zu treffen, damit die Funktionalität der Bauteile erhalten bleibt. Das kann z.B. durch das Anbringen von Vlies erfolgen.

Die im Graben liegenden Leitungen sind vorab gegen Auftrieb zu sichern.

Bei mehreren Leitungen muss zusätzlich eine Lagesicherung, beispielsweise mit Abstandshaltern, erfolgen, um eine Lageverschiebung auszuschließen. Hinzu kommt: Aufgrund der zeitlich definierten Aufnahme von relativ hohen Kräften durch den gerade eingebauten ZFSV besteht bei verbauten Gräben die Möglichkeit, die Verbaulemente direkt nach dem Einbringen in den Graben zu ziehen.

In Bereichen mit hohem Wasserstand kann es durch den eingebauten ZFSV zu einer Unterbrechung des natürlichen Wasserhaushaltes kommen.

In diesem Fall wirkt der eingebaute ZFSV wie ein Riegel, an dem sich das Wasser im Erdreich anstaut. Dadurch kann es zu Hebungen von Bauwerken und Feuchtigkeitsproble-

men an erdverlegten Bauwerken kommen. Bei einer konventionellen Verlegung wirken die verlegten Leitungen wie eine Drainage. Um diesen Effekt auch beim ZFSV zu erreichen, müssen zusätzlich Längsdrainagen eingeplant werden, über die anfallendes Stauwasser gefahrlos abtransportiert werden kann.

Das Verfüllen des Leitungsgrabens mit ZFSV erfolgt erschütterungsfrei.

Die Arbeiter müssen dafür Sorge tragen, dass bei Leitungen in der Nähe von Gebäuden die Fassaden mit dem Flüssigboden nicht bespritzt werden. Eine Reinigung der Fassaden kann sehr aufwendig und kostspielig werden. Die Begehbarkeit der verfüllten Gräben kann durch die Zugabe von Zusatzstoffen geregelt und zeitlich schnell hergestellt werden. Des Weiteren sind die Temperaturbedingungen zu berücksichtigen.

Grundsätzlich gilt, je niedriger die Außentemperatur, umso länger dauert der Verfestigungsvorgang, da der ZFSV zu einem großen Teil aus Wasser besteht.

Außerdem kann es zu unerwünschter Eisbildung auf der Oberfläche kommen. Die beschriebenen Sachverhalte führen ebenfalls zu Verzögerungen im Bauablauf und zusätzlichen Kosten.

Fazit

Der Einsatz von ZFSV hat viele Vorteile, birgt jedoch auch etliche Risiken. In Baustellenbereichen wie Verkehrskreuzungen oder bei Arbeiten im Bestand mit vielen Leitungen, wo Verdichtungsarbeiten im Graben nicht möglich sind, ist das Verfahren täglich im Einsatz. Auf Linienbaustellen gibt es noch viele ungeklärte Fragen, insbesondere zu dem Verhalten des austretenden Mediums im Schadensfall.

Des Weiteren ist die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens beim Einsatz auf Linienbaustellen zu prüfen, da eine Verwendung von ZFSV in

der Regel teurer ist als eine konventionelle Verfüllung von Leitungsgräben. Eine nicht exakt ausgeführte Mixtur kann zu einer unerwünschten Aushärtung des ZFSV führen. Wenn es dann später zu einem Schaden an den Leitungen kommt, ist ein Freilegen ohne Stemmarbeiten nicht möglich. Allerdings fehlen insbesondere hier entsprechende Langzeiterfahrungen im Umgang mit dem Verfahren. Hinzu kommt, dass die Bauunternehmen das Personal mit dem Bauverfahren vertraut machen und den Gerätepark teilweise umstellen müssen. Dadurch entstehen zusätzliche Investitionskosten.

Impressum

Rohrleitungsbauverband e.V.
Marienburger Straße 15
50968 Köln
T +49 221 376 68-20
info@rbv-koeln.de
www.rbv-koeln.de

Die Übernahme und Nutzung der im Infopoint Technik publizierten Inhalte bedürfen der schriftlichen Zustimmung des rbv e.V.