

Selbstverdichtendes Verfüllmaterial

Vielfältige Vorteile in der Praxis

Angesichts der vielfältigen Vorteile ist es eigentlich erstaunlich, dass nicht bereits heute Flüssigboden/Bodenmörtel im Kanal- und Rohrleitungsbau in größerer Menge Anwendung findet.

VON DIPL.-ING. RUDOLF FEICKERT M.A. – WEILBURG/LAHN

Seit einigen Jahren stößt man mit zunehmender Intensität bei der Projektierung und Realisierung von Bauprojekten auf die Technologie der Bodenverflüssigung und des Bodenwiedereinbaus in Form von Flüssigboden oder Bodenmörtel.

Im wesentlichen sind es zwei Verfahrensanbieter – FITR Weimar sowie RSS Leipzig die bundesweit agieren und mit Lizenznehmern (FITR bzw. Vertragsfirmen (RSS) am Markt sind.

In mehr und mehr Ausschreibungen wird alternativ zur herkömmlichen Verfahrensweise - Aushub und Abtransport des Bodenaushubs, Anlieferung und Einbau von Füllmaterialien

- die Aufbereitung und der Wiedereinbau des Bodens als Flüssigboden bzw. Bodenmörtel gefordert.

Warum ist dies so?

Zum einen wird aufgrund der zunehmenden Transport- und Deponiekosten sowie steigender Kosten für Füllmaterialien die wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit der Alternativlösung –Flüssigboden/Bodenmörtel- gestärkt. Zum anderen steigt die Zahl der Know how – Träger durch die Anzahl der bereits durchgeführten Maßnahmen stetig an. Von zahlreichen Mischanlagen wird bereits Flüssigboden hergestellt und am Markt angeboten. Es gibt bereits eine Vielzahl von Bauunternehmen, welche im Einbau von Flüssigboden und Bodenmörtel ihre Erfahrungen gesammelt haben. Vor



Separator Scheibe in Scheibe ca. 30 mm Körnung

allem aber ist festzustellen, dass sich die Vorzüge des alternativen Bausystems – Verfüllung von Rohrgräben und Baugruben mit Flüssigboden/Bodenmörtel – mehr und mehr verbreitet, herumgesprochen hat.

Was ist Flüssigboden/Bodenmörtel?

Man versteht hierunter einen Verfüllbaustoff, der aus dem örtlich gewonnenen Aushub nach entsprechender Aufbereitung und Zugabe von Wasser, Kalk, Zement, Bentonit und möglichen weiteren Zusatzstoffen hergestellt wird. Der Flüssigboden/Bodenmörtel unterscheidet sich von anderen flüssigen Verfüllbaustoffen wie z.B. Beton oder Füller vor allen Dingen dadurch, dass er über eine weit geringere Endfestigkeit als diese verfügt. Flüssigboden/Bodenmörtel bleibt auch nach dem Abbinden und Erhärten noch gut lösbar, man kann ihn mit dem Spaten abtragen oder mit der Hacke lösen. (EV2 nach 30 Tagen ca. 45 – 60 MN/ m². Bei Bedarf

Mischanlage (Heckansicht Vorderseite)



kann die Festigkeit auf bis zu 120 MN/m² erhöht werden.)

Gesamtwirtschaftliche - ökologische Vorteile

Es ist im Sinne der Kreislaufwirtschaft, wenn Bodenaushub auch dort wieder eingebaut wird, wo er entnommen wurde. So entfallen zusätzliche Transportkosten für den Abtransport des Bodens und den Antransport von Füllstoffen. Gleichzeitig werden die CO₂-Emissionen wegen des verminderten Verkehrsaufkommens reduziert. Desgleichen Schallemissionen und Staubentwicklung auf den Baustellen durch die Transporte. Weiterhin kommt es zur Einsparung wertvoller Baustoffe Kies, Sand, mineralische Verfüllstoffe etc. und zur Einsparung wertvollen Deponieraums, der dann anderweitig, effizienter genutzt werden kann.

Durch die Reduzierung des Verkehrsaufkommens, durch den eingesparten Abtransport von Erdreich und den Antransport von Schüttgütern werden Straßen und Verkehrswege geschont, die ansonsten abgenutzt und bei schwerem

durch die Verdichtungsarbeit wurde lange Zeit sträflich unterschätzt. Die durch die Verdichtungsarbeit hervorgerufene mechanische und dynamische Belastung übersteigt oftmals die des normalen Betriebes.

Der Aufenthaltszeitraum für das Baustellenpersonal im Bereich von Baugruben wird reduziert, gesundheitliche Gefährdungen die von schwingungsübertragenden Verdichtungsgeräten ausgehen entfallen, schwere Handarbeit im Zuge von Verfüll- und Verdichtungsarbeiten können reduziert werden.

Durch das hohlraumfreie, homogene Verfüllen von Rohrgräben und Baugruben durch das Flüssigboden/Bodenmörtelmaterial kommt es zu einer erheblichen Reduzierung von Setzschäden, die insbesondere bei Verkehrsflächen (Straßen, Parkplätze, Lagerflächen etc.) zu hohen volkswirtschaftlichen Schäden führen.

Die Lebensdauer der mit Flüssigboden/Bodenmörtel eingebetteten und umhüllten Bauwerke und Rohrleitungen erhöht sich, so dass durch eine längere Nutzungsdauer geringere Abschreibungskosten pro Jahr entstehen.

Bauspezifische Vorteile

Mit Flüssigboden/Bodenmörtel gelingt es, Baugruben und Rohrleitungsgräben hohlraumfrei zu verfüllen. Setzungen, hervorgerufen durch Fehlstellen, können wegen der Fließfähigkeit gar nicht entstehen, so dass die daraus resultierenden Folgeschäden entfallen.

Die Lebensdauer der in Flüssigboden eingebetteten Leitungen, insbesondere bei Kreisquerschnitten erhöht sich durch eine bessere Bettung und Lagerung beträchtlich. Die bekannte Problematik der Rohrbettung und Umantelung, unzureichende Zwickelverdichtung, entfällt. Es entsteht eine ideale Bettung und Lagerung des Rohres. Die Lebensdauer des verlegten Rohres erhöht sich beträchtlich. Je nach Baustoffart können in der Zukunft bei konsequenter Anwendung von Flüssigboden/Bodenmörtel Kosten bei der Rohrerstellung eingespart werden. [1]

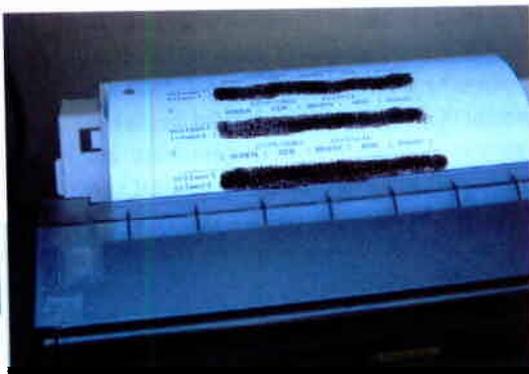
Durch die Verwendung von Flüssigboden/Bodenmörtel ist es möglich, die Vorgehensweise bei der Erstellung von Rohrleitungsgräben dahingehend zu verändern, dass schmalere Gräben zur Ausführung kommen. Dies ist deshalb möglich, da eine einwandfreie Umhüllung durch das Einfließen in den Zwickelbereich möglich ist, auch wenn der Abstand von Außenkante Rohr bis zur verbauten Rohrgrabenwand lediglich 5 cm beträgt. Die Reduzierung der Grabenbreiten – Baugrubenbreiten führt



nicht nur zur Einsparung von Bodenaushub für die Herstellung der Rohrgräben – Baugruben, sondern auch im Falle der Oberflächenwiederherstellung im Bereich von Verkehrsflächen zu einer erheblichen Kosteneinsparung bei der Wiederherstellung dieser Oberflächen.

Durch die Verfüllung von Rohrgräben – Baugruben mit einem flüssigen Medium sind auch sonst unzugängliche Baugruben – Rohrgrabenbereiche einwandfrei, d.h. qualitativ hochwertig, homogen zu verfüllen. Schwachstellen im Bereich von mehrfach kreuzenden Leitungen oder konstruktiv bedingten Engstellen in den Baugruben oder Rohrgräben führen nicht zu unzureichenden inhomogenen Verfüllung. Schäden die durch den Einbau gefrorenen Materials während der Wintermonate vorkommen unterbleiben, da die Verarbeitung des Flüssigbodens nur im Bereich der positiven Temperaturen erfolgt.

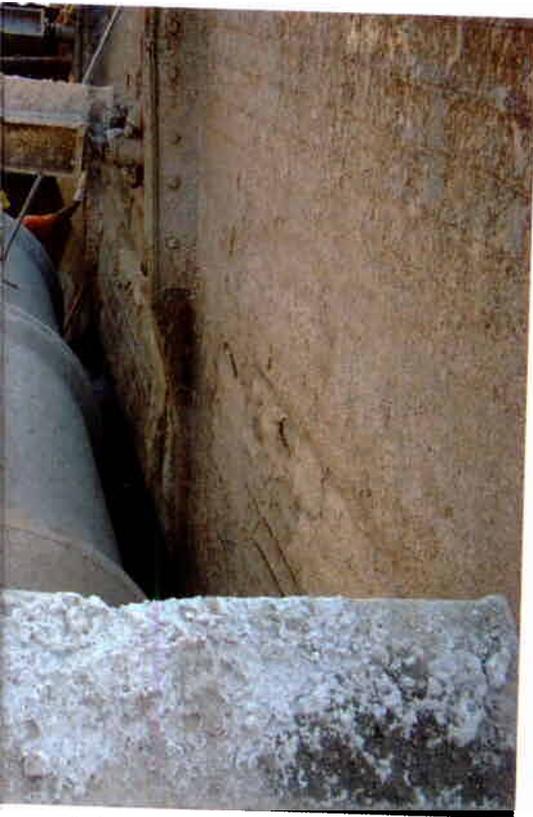
Flüssigboden/Bodenmörtel kann auch bei höheren Temperaturen in Baugruben – Rohrgräben eingebaut werden, ohne die Nachteile sonstiger flüssiger Verfüllbaustoffe hinnehmen zu müssen. Gemeint ist hier z.B. der Einbau von flüssigen Füllmaterialien im Bereich von heißen Quellen, z.B. in der hessischen Landeshauptstadt Wiesbaden. Hier hat man in der Vergangenheit häufig auf die Verfüllung mit Magerbetonen oder Füllern zurückgegriffen,



Mischanlage Druckerausdruck

Baustellenbetrieb z.T. schwer belastet und beschädigt würden.

Durch das Einbauen von Flüssigboden/Bodenmörtel entfällt die bei den bisher angewendeten Verfüllstoffen notwendige Verdichtungsarbeit. Hiermit sind nicht nur Kostenreduzierungen verbunden, sondern auch Reduzierungen an Emissionen, die durch die Verdichtungsarbeit der eingesetzten Geräte entsteht (CO₂, Schall, Vibrationen.) Insbesondere Vibrationen und Schwingungen, die beim Verdichtungsvorgang an das übrige, angrenzende Erdreich weitergegeben werden, sorgen oftmals für nachfolgende Schäden an anderen Bauteilen (Leitungsnetzen, Kabel, Bauwerken etc.), sowie nahestehenden Bauwerken und Gebäuden. Gleiches gilt auch für die in Gräben verlegten Rohre. Die Beanspruchung der Rohre



Grabenprofil Außenmuffe plus ca. 10 cm - Arbeitsraumminimierung

mit dem Nachteil, dass diese Materialien eine viel zu hohe Festigkeit aufweisen und nachträglich nur noch mit erheblichem Aufwand auszuheben sind.

Ein weiterer spezifischer Vorteil des Einsatzes von Flüssigboden /Bodenmörtel besteht darin, dass bei einer etwa später notwendigen Aufgrabung, das bei mineralischer Verfüllung notwendige Herausrieseln des Füllbodens entfällt. Hohlräumbildungen unter Verkehrsflächen und damit vorprogrammierte Schäden werden vermieden.

Schließlich sei ausdrücklich auf den menschlichen Faktor verwiesen. Überall wo Menschen tätig sind, werden auch Fehler gemacht. Besonders dann, wenn es sich, wie bei der Verfüllung und Verdichtung schwer zugänglicher Bereiche, um ermüdende Handarbeit handelt.

- Nicht umsonst steht fest, dass die unzureichende Zwickelverdichtung im Bereich der Rohrauflagerung zu den am häufigsten festgestellten Fehlern im Kanal- und Rohrleitungsbau zählt.
- Aufgrund des systemimmanenten Vorgangs, des fließenden und damit hohlraumfreien homogenen Einbaus, erklärt sich der Vorteil der Methode selbsttätig.
- Der menschliche Faktor kann in dieser Hinsicht keine Fehler mehr verursachen. (Dafür freilich andere, welche aber ungleich offen-

kundiger sind und bereits bei der Herstellung direkt erkannt werden!)

Soweit also die Vorteile des neuen Verfahrens. Bei der Fülle der aufgezeigten positiven Punkte ist es eigentlich erstaunlich, dass nicht bereits heute in größerer Menge dieser Baustoff Anwendung findet. Da jedoch nach wie vor die Wirtschaftlichkeit eines jeden Bauverfahrens einzeln, und zwar ohne Wertung der volkswirtschaftlichen Vorteile sowie ohne Wertung der Kosten die über die Lebensdauer des Bauteils, bzw. des Bauwerkes entstehen, berücksichtigt werden, schneidet das Bauverfahren – Flüssigboden/Bodenmörtel – nach wie vor noch schlechter ab als die herkömmlichen. Auf Dauer wird sich aber die Erkenntnis durchsetzen, dass die Vorteile bei der Betrachtung der wirklichen Gesamtkosten, d.h. volkswirtschaftlich und einschließlich der Unterhaltungskosten bei der Verwendung von Flüssigboden/Bodenmörtel weit höher sind als der scheinbare Mehrpreis!

Praxisbeispiel

In den Jahren 2006 und 2007 wurde im Auftrag der Stadt Hennef/Sieg, im OT Hüchel durch die Fa. Walter Feickert GmbH, Weilburg (Hessen) die komplette Kanalisation der Ortentwässerung durchgeführt. Bei diesem Bauvorhaben wurden Schmutz- und Regenwasserkanäle der Nennweiten DN 250 GFK sowie Stahlbetonrohre DN 300 bis DN 600 in Grabentiefen von 2,50 m – 5,50 m verlegt.

Aufgrund eines Sondervorschlages der bauausführenden Firma wurde die Verfüllung der Kanalgräben mit Flüssigboden/Bodenmörtel vor-

genommen. Nach eingehender Beratung durch Dr. Berger vom FITR Weimar, (Forschungsinstitut für Tief- und Rohrleitungsbau) und der bauausführenden Firma hatte der zuständige Werksleiter der Stadt Hennef, Dipl.Ing. Stenzel, seine Zustimmung zu diesem neuen Bauverfahren gegeben.

Als Lizenznehmer des FITR hat sich die Fa. Walter Feickert GmbH verpflichtet, die geforderten Standards zur Erreichung einer qualitätsgesicherten Abwicklung einzuhalten.

Diese stellten sich wie folgt dar:

Das auf der Baustelle gewonnene Aushubmaterial wurde mittels Lkw auf einen in Baustellen-nähe eingerichteten Verarbeitungsplatz transportiert und dort abgekippt. Das gelagerte Material wurde sodann mit Schaufel-separatoren aufgearbeitet und mit Kalk soweit stabilisiert, dass ein weiter verarbeitbarer, rieselfähiger Bodenbaustoff daraus entstand (Körnung 0/30, abschlagen des Überkorns beim Separieren.) Dem so aufgearbeiteten Bodenmaterial wurde nunmehr eine Probe entnommen, aus der eine Versuchsreihe von 6 verschiedenen Mischungen durch ein vom FITR konzessioniertes Labor (BPS Baustoffprüfstelle Schaaf, Dreikirchen) erstellt wurde. Die verschiedenen Probemischungen wurden nach 14, 28 und 56 Tagen einer Druckprüfung unterzogen, so dass aus den verschiedenen Mischungen diejenige herausgesucht werden konnte, welche den definierten Anforderungen an das Material Flüssigboden/Bodenmörtel am nächsten kam. Gefordert war gute Fließfähigkeit, eine hohe Frühfestigkeit (Begehbarkeit, Befahrbarkeit) etwa nach 12 bis 16 Stunden sowie eine niedrige Endfestigkeit nach 28 Tagen. Das Material soll auch



Verfüllung nach ca. 14 Stunden - Aushärtung



Boden mit Kalk vorbereiten

nach dem Abbinden, Aushärten noch hack- und stechfähig sein, so dass es dem anstehenden Boden ähnlich, mittels Hacke und Spaten abbaubar bleibt. Nach einer Optimierung der ausgearbeiteten Rezeptur, wurde diese nebst einer identischen Bodenprobe zur Genehmigung an das FITR Weimar versandt. Diese Probe wurde entsprechend der Rezeptur aufbereitet und geprüft. Erst nach Genehmigung durch das FITR erfolgte die Vorlage beim Auftraggeber und die endgültige Freigabe zur Produktion des Flüssigbodens/Bodenmörtels, auf der Baustelle. Die Produktion des Verfüllbaustoffes erfolgte vor Ort, neben dem Erdlager, durch eine semi-mobile Mischanlage, die von der Fa. Feickert dort aufgestellt und betrieben wurde. Die Mischleistung dieser Anlage beträgt maximal 300 m³ je Tag. Es wurden dort täglich zwischen 40 und 150 m³ Flüssigboden/ Bodenmörtel über einen längeren Zeitraum hergestellt und verarbeitet. Insgesamt 5500 m³. Je 500 m³ produzierten Materials wurden 3 Probewürfel zur Qualitätskontrolle hergestellt und überprüft. Die Beschickung der Mischanlage erfolgte durch einen Liebherr-Radlader 538 über ein Förderband. Das Material fällt sodann in einen Vorratsbunker, von dem es dann chargenweise auf ein weiteres Förderband verwogen wird, um das Material von dort in einen Zwangsmischer 1,5 m³ zu fördern. Auf der gegenüberliegenden Seite der Mischanlage befinden sich die Materialbunker für die notwendigen Zugabekomponenten Bentonit und Zement. Die Förderung der Zuschlagsstoffe erfolgt über Förderschnecken in den Zwangsmischer. Das notwendige Mischwasser wurde durch einen Anschluss am Festnetz sichergestellt. Der etwa 3 Min. andauernde Mischvorgang im Zwangsmischer sorgt für eine homogene und intensive Durchmischung des Erdmaterials mit Wasser und den zugesetzten Kompo-

nenten. Der Abtransport von der Mischanlage zur Einbaustelle erfolgt entweder über Spezialfahrzeuge (Mischfahrzeuge) oder über eine Förderleitung, die von einer Dickstoffpumpe beschickt wird.

Der gesamte Mischvorgang wird jeweils je Mischung dokumentiert. Es erfolgt eine automatische Zeiterfassung und Aufzeichnung des Mischvorgangs, so wie die Aufzeichnung der zugeführten Mengen an Erdreich, an Wasser sowie der Gewichtsanteile von den jeweiligen Zuschlagsstoffen. Eine ständige, nachvollziehbare, kontrollierbare Qualitätsüberwachung ist so möglich und jederzeit vom Auftraggeber bzw. dem Lizenzgeber einsehbar.

Der Einbau selbst erfolgt nach kurzem Zwischentransport über Schütten in den Graben, bzw. über einen flexiblen Schlauch. Notwendigerweise erfolgt die Grabenverfüllen bzw. Baugrubenverfüllung jeweils an den Nachmittagen, immer für das bereits an diesem Tag fertiggestellte Kanalteilstück.

Dafür ist zur Vorbereitung notwendig, am Kopfe des jeweiligen Arbeitsabschnitts ein Schott einzubauen, um dass zu verfüllende Teilstück einzugrenzen. Die Rohrlagerung und Sicherung gegen Auftrieb kann durch Flüssigboden einer steifen Konsistenz erstellt werden, bzw. durch entsprechendes Abstreben und Stützen der Rohrleitungen gegen den Verbau. Dabei ist es möglich in einzelnen Verfüllabschnitten in der Höhe zu variieren oder aber auch bei entsprechender Vorbereitung den Graben komplett bis Unterkante Frostschutz zu verfüllen. Die Verarbeitungsdauer des Flüssigbodens sollte 30 Min. nicht überschreiten, da ansonsten der beginnende Abbindvorgang gestört wird. Innerhalb dieses Zeitraumes ist dann auch der eingebaute Verbau zu ziehen, so dass sich der Flüssigboden selbsttätig an die Aushubränder angleichend, fließen kann.

Die von der Fa. Feickert verfüllten Einzelabschnitte waren nach einem Abbindzeitraum von 12 – 16 Stunden wieder begehb- und befahrbar, so dass auch an Arbeitsstellen mit sehr beengtem Platzangebot vor Kopf, weiter gearbeitet werden und die Beschickung über den mit Frostschutz restverfüllten Graben verfolgen konnte. Während des Abbindzeitraumes ist es notwendig die Baustelle, Rohrgraben/ Baugrube gegen jegliches Betreten zu sichern. Hierfür wurden flexible Bauzäune vorgehalten und eingesetzt.

Im Zuge der Bauabwicklung stellte sich bei der Herstellung und Verarbeitung sowie auch beim Transport des Flüssigbodens/Bodenmörtels zunehmend eine sich verstärkende Routine ein. Die Handhabung dieses neuen Verfüllmaterials bedarf für das ausführende Personal der Schulung und Gewöhnung und d.h. im Baustellenbetrieb der laufenden Baupraxis!

Die Fa. Feickert verfügt inzwischen über eine ausreichende Praxis und Erfahrung in der Herstellung und im Transport wie auch der Verarbeitung dieses neuen Baustoffes. Nach dem insgesamt bereits über 10.000 m³ Flüssigboden/Bodenmörtel hergestellt und verarbeitet wurden ist vieles, was am Anfang schwer oder schwierig war, inzwischen Routine.

Ihr wurde auch Seitens der Stadtwerke Hennef folgendes bestätigt: "Aufgrund der technischen und qualitativen Verbesserung, die das Werk Kanalbau bzw. andere Rohrleitungsbauarbeiten durch den Einsatz von Flüssigboden/ Bodenmörtel erreichen, bessere Bettung und Ummantelung der Rohre, setzungsfreie Grabenverfüllung, keine Hohlräume und Fehlstellen auch in ansonsten schwer zu verdichtenden Bereichen etc., würden wir auch in Zukunft bei Preisgleichheit oder Preisvorteil auf eine solche Technik zurückgreifen" [2].

Aufgrund der gewonnenen Erfahrungen ist man im Hause Feickert interessiert, weiter mit diesem Baustoff zu arbeiten. Zumal sich auch andere interessante Anwendungsmöglichkeiten für dieses neue Verfüllmaterial ergeben. ■

[1] Vergleiche hierzu auch Forschungsbericht, Einsatz von Bettungs- und Verfüllmaterialien im Rohrleitungsbau. Laboruntersuchungen und Versuche im Maßstab 1:1 im Auftrag des Ministeriums für Umweltschutz und Natur, sowie Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Bearbeitet von Ruhr-Universität, Bochum, Lehrstuhl für Grundbau und Bodenmechanik sowie IKT – Institut für unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen.

[2] Referenzschreiben der Stadt Hennef/Sieg: Die vorgenommenen Verdichtungskontrollen und Sichtkontrollen die auf Veranlassung des Auftraggebers und des Ing.-Büros Goyke, Siegburg vorgenommen wurden, bestätigten die einwandfreie Verarbeitung und den Einbau von Flüssigboden/ Bodenmörtel.