



press releases Pressemitteilungen

**FiFB Forschungsinstitut
für Flüssigboden GmbH**
Wurzner Straße 139
04318 Leipzig

Tel +49(0)341-24469-21
Fax +49(0)341-2446932
E-Mail j.detjens@fi-fb.de
Internet www.fi-fb.de



Ingenieurbüro LOGIC
Logistic Engineering GmbH
Wurzner Straße 139
04318 Leipzig
Tel: 0341-244 69-0
Fax: 0341-244 69-32
info@logic-engineering.de
www.logic-engineering.com

Flüssigbodeneinsatz erfordert für den optimalen Erfolg oft eine Fachplanung

Leipzig. Im Herbst 2019 fand in Dresden die 4. D.A.CH-Tagung Flüssigboden statt. An der Hochschule für Technik und Wirtschaft beschäftigten sich Experten, Wissenschaftler und Anwender mit den Möglichkeiten des Flüssigbodenverfahrens. Die Teilnehmer kamen aus Deutschland, Österreich und der Schweiz. Die Themenvielfalt war dabei sehr groß. So berichteten Teilnehmer u. a. vom Einsatz thermisch stabilisierten Flüssigbodens in der Hochspannungskabeltechnik, Dr.-Ing. Cornelius Sandhu (Hochschule Dresden) berichtete über die ingenieurtechnischen Vorleistungen beim Bauen im Grundwasser oder andere Teilnehmer über die Aspekte zur Bettung von Erdkabel und Stromrohren in Flüssigboden. Das Fazit der zweitägigen Tagung war:

1. Dem Einsatz von Flüssigboden im Sinne des vom Forschungsinstitut für Flüssigboden (FiFB) in Leipzig entwickelten RSS®-Flüssigbodenverfahrens zur Lösung der gegenwärtigen Herausforderungen im Bausektor kommt eine immer größere Bedeutung zu.

2. Speziell die Möglichkeiten des Verfahrens, wie z. B. die Vermeidung von Bodenaustausch, vor allem aber auch der Einsatz von Energie und damit Geld und CO₂-sparender neuer Technologien, bieten einen sehr wirtschaftlichen Weg, um die umwelt- und klimapolitischen Forderungen des Gesetzgebers erfüllen zu können.

3. Die Anwendungen, das Verfahren und die Methoden und Technologien werden durch den Verfahrensentwickler, das FiFB, zielstrebig und umfangreich immer weiterentwickelt. Damit nimmt der mit dem Verfahren mögliche Nutzen schrittweise mit jeder Weiterentwicklung zu.

4. Die einzigen drei Voraussetzungen sind die Beherrschung der entsprechenden Technologien und Bauweisen, die Verfügbarkeit der teils ganz speziellen technischen Hilfsmittel für Herstellung, Anwendung und Gütesicherung von Flüssigboden und vor allem aber die richtige, ingenieurtechnische Weichenstellung im Rahmen der Planung und Bauvorbereitung.

5. Die Aus- und Weiterbildung der beteiligten Planer, Baugrundgutachter und Baufirmen wird zu einer wichtigen Voraussetzung für eine schadensfreie und erfolgreiche Nutzung des Flüssigbodenverfahrens. Das erforderliche Fachwissen für die Vielzahl der inzwischen verfügbaren Anwendungen steht über dem Verfahrensentwickler jedem Interessenten über den Weg einer entsprechenden Ausbildung zur Verfügung.

6. Möchte man schadensfreie Baustellen sicherstellen, ist bei anspruchsvollen Projekten eine kompetente Fachplanung im Zusammenwirken mit der passenden Gütesicherung für die Anwendung der Flüssigbodentechnologie sinnvoll bis zwingend erforderlich.



Forschungsinstitut für Flüssigboden GmbH
Wurzner Straße 139
04318 Leipzig
Tel: 0341-24469 11
Fax: 03423-73424 74
info@fi-fb.de
www.fi-fb.de

Ansprechpartner f.d. Presse:
Ing. Andreas Bechert
Pressesprecher des FiFB Leipzig
Tel: 0151-24 13 55 02
andreas.bechert@gmail.com

7. Für kleine Baustellen gilt, dass man eine Art Checkliste abarbeiten kann, deren Umsetzung bei weniger anspruchsvollen, dann meist auch kleineren Baustellen einen schadensfreien Einsatz von Flüssigboden absichern hilft. Auch diese Option kann durch die Arbeit eines Fachplaners für Flüssigbodenanwendungen abgesichert werden. Ihre Handhabung wird ebenfalls im Rahmen der Weiterbildungsangebote des Verfahrensentwicklers vermittelt.

Deutlich wurden diese Zusammenhänge am Beispiel des Vortrages von Dr.-Ing. Steffen Weber (LOGIC Logistic Engineering Leipzig), der über das Thema „RSS-Flüssigbodenwände zur Baugrubensicherung und Abdichtung“ referierte. In seinem Beitrag stellte er eine innerstädtische Baugrube vor, begrenzt durch sehr nahe Bebauungen und Straßen. Mit der vorgestellten Lösung ging es um eine zwar sehr vorteilhafte, aber auch in Sachen technologische und technische Möglichkeiten sehr anspruchsvolle Anwendung, bei der auch die exakte Einhaltung der vorgegebenen Eigenschaften des herzustellenden Flüssigbodens funktionswichtig sind.

An ihr konnte man die Rolle der ingenieurtechnischen Vorleistungen sehr gut erkennen. So funktioniert eine derartige Anwendung nur dann sicher, wenn man die Eigenschaften des dafür eingesetzten RSS-Flüssigbodens so einstellt, dass die statischen und teils auch dynamischen und hydrologischen Beanspruchungen einer solchen RSS-Wand sicher und ohne zeitliche Beschränkungen erfüllt werden. So werden die planerischen und qualitätssichernden Vorleistungen einer Fachplanung zur Grundlage der sicheren Funktion einer solchen, meist hochwirtschaftlichen Lösung für Baugrubenprobleme in anspruchsvollen Situationen.



Dr.-Ing. Steffen Weber sprach über das Thema RSS-Flüssigbodenwände zur Baugrubensicherung und Abdichtung. Foto: FiFB Leipzig

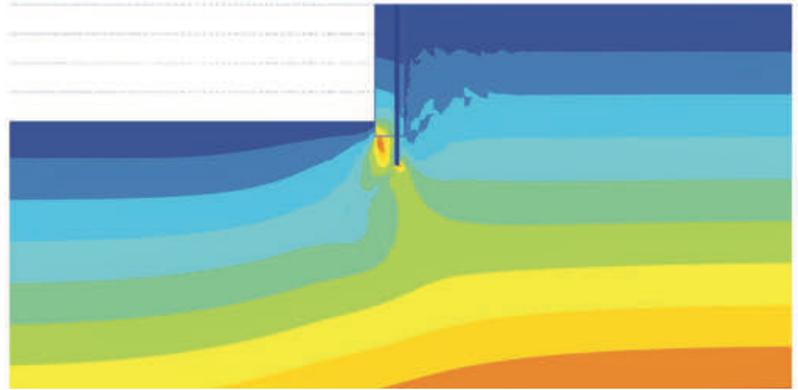


Die Flüssigbodenbauweise ist im Zusammenwirken mit den damit verbundenen vielen neuen technologischen Möglichkeiten ein alternatives Verfahren zum schonenden Umgang mit Ressourcen und damit auch zum Schutz der Umwelt. Mit der Entwicklung dieses Verfahrens durch das Forschungsinstitut für Flüssigboden (FiFB) aus Leipzig war und ist auch die Entwicklung neuer Anwendungsmöglichkeiten und neuer technischer und technologischer Lösungen verbunden. Dr.-Ing. Steffen Weber: „Das RSS-Flüssigbodenverfahren mit der unterstützenden Fachplanung für Flüssigbodenanwendungen hat seine Feuertaufe als intelligente Verbaulösung schon seit Jahren mit Bravour bestanden. Inzwischen wurden die Baugruben immer tiefer und die Baustellensituationen immer anspruchsvoller. Heutzutage werden auch sehr komplizierte Untergrundverhältnisse in schlecht tragfähigen Böden und unter Grundwassereinwirkung mit solchen Lösungen geplant und gebaut.“ In Kombination mit interessanten neuen Technologien, so Dr.-Ing. Weber weiter, wird vieles möglich, was mit herkömmlichen Mitteln oft unmöglich schien. Wand und Bodenplatte werden inzwischen auch als verlorene Schalung genutzt, gegen die man direkt betonieren kann. Die damit verbundenen

Verfüllung einer Baugrubenwand mit RSS-Flüssigboden und das fertige Ergebnis nach dem Aushub der Baugrube. Fotos: FiFB Leipzig

Vorteile und Kostenreduzierungen sind sicher für den Fachmann gut nachvollziehbar. Um für derartige Anwendungen auch die nötige Sicherheit bieten zu können, werden solche Projekte durch den verantwortlichen Fachplaner detailliert vorbereitet, alle nötigen Berechnungen und Nachweise ausgeführt und später auch im Rahmen der Gütesicherung vor Ort begleitet.

Eine für eine Reihe anspruchsvoller Anwendungen notwendige fachplanerische Leistung ist dabei die FEM-Modellierung. Mittels dieser Methode können die Leipziger Fachplaner Versagensgrenzen und die erforderlichen und später einzustellenden Eigenschaften des Flüssigbodens als Basis der Rezepturspezifikation punktgenau ermitteln. Dr. Steffen Weber: „Die Arbeit mit FEM-Modellen hilft uns im Zusammenwirken mit hydrogeologischen Modellierungen, die oft sehr anspruchsvollen bis komplizierten Situationen im Untergrund und unsere dafür entwickelten Lösungsvorschläge exakt zu erfassen, mathematisch darzustellen und eine belastbare Lösung für viele, sonst schlecht berechenbare Situationen zu entwickeln, mit der erfolgreich gebaut werden kann.“



Auf solchen, exakt nachvollziehbaren Wegen kann man den Bauherren schnell erkennbar machen, welche technisch qualitativen Vorteile bis Kostenreserven die jeweils dargestellte und berechnete Lösung bietet. Das Flüssigbodenverfahren ist bei anspruchsvollen Anwendungen in der Regel eine stark kostensenkende und qualitativ hochwertige Lösung, wenn die nötige Fachkompetenz, beginnend bei der Planung bis zur Ausführung, bei den Beteiligten vorhanden ist. Deren richtige Auswahl ist wichtig für den Erfolg der Bauausführung. Das Ingenieurbüro LOGIC Logistic Engineering GmbH aus Leipzig hat die von Dr. Ing. Weber in seinem Vortrag vorgestellten Anwendungen, zusammen mit dem FiFB, dem Forschungsinstitut



für Flüssigboden GmbH, entwickelt und erprobt. Dies gilt auch für zahlreiche andere Anwendungen, die herkömmliche Lösungen, verbunden mit vielen Vorteilen, gut substituieren können. Derartige Lösungen werden inzwischen, gemeinsam mit auf diesem Gebiet vom Verfahrensentwickler und der LOGIC Logistic Engineering GmbH ausgebildeten Ingenieurbüros, erfolgreich eingesetzt. Die Ausbildung interessierter Ingenieure anderer Planungsbüros für die korrekte und erfolgreiche Planung und Umsetzung des RSS-Flüssigbodenverfahrens steht inzwischen als Leistung des Systemanbieters seit einigen Jahren am Markt zur Verfügung.

*RSS-Wand auf einer Baustelle in Bad Rappenau – in der Phase des Endaushubs der Grube, d.h. der höchsten Belastung der RSS Wand – und das dazugehörige FEM-Modell zur Berechnung der Lastenverteilung.
Foto + Grafik: Ingenieurbüro LOGIC*

Bei solchen Anwendungen wird der Flüssigboden in der Regel aus dem vor Ort entnommenen Aushub hergestellt. Das spart Aufwand, damit verbundene Energie und somit CO₂, natürlich auch Kosten. So hilft das RSS-Flüssigbodenverfahren bei seiner Anwendung die Ziele des Umwelt- und Klimaschutzes zu erfüllen.

Neben dem Aushubboden erfolgt die Herstellung des Flüssigbodens unter Zugabe von Wasser in Abhängigkeit von der jeweiligen Flüssigbodenrezeptur, was zusammen ca. 94 bis 98 % der Gesamtmasse entspricht. Den restlichen Anteil bilden das Flüssigbodencompound (FBC) und der Beschleuniger (B-CE) und in wenigen

Fällen noch weitere, konditionierende Zugabestoffe, die in allen Fällen aber zu einem umweltunbedenklichen Flüssigboden führen müssen. Dies ist grundsätzlich durch den jeweiligen Rezepturentwickler zu gewährleisten, da er nach RAL GZ 507 für die korrekte Rezeptur mit den vorgegebenen Zieleigenschaften haftet. Der Produzent des nach einer solchen Rezeptur hergestellten Flüssigbodens haftet für die korrekte Umsetzung der vorgegebenen Rezeptur oder Rezepturmatrix (bei wechselnden Böden) und die dazugehörige Nachweisführung des Herstellprozesses. Dies ist besonders wichtig, denn die Herstellung von Flüssigboden im Sinne der Anforderungen des RAL GZ 507 und der Ziele des RSS-Flüssigbodenverfahrens ist kein reiner Mischprozess, da die Gebrauchseigenschaften des rückverfestigten Flüssigbodens in hohem Maße auch von den reaktionskinetischen Prozessen abhängen, die während der Herstellung erforderlich sind. Die richtige Umsetzung des Herstellprozesses ist daher im Rahmen der Gütesicherung zwingend nachzuweisen. Denn davon ist die korrekte und damit schadensfreie Funktionalität der jeweiligen Flüssigbodenanwendung abhängig.

Dr. Ing. Steffen Weber: „Besonders aus wirtschaftlicher, technischer, qualitativer und umweltverträglicher Sicht bietet das vom FiFB entwickelte, RSS-Flüssigbodenverfahren daher auch beim Stützwandbau eine echte Alternative. Voraussetzung für den Erfolg solch einer anspruchsvollen Lösung ist eine ingenieurtechnische Vorbereitung, beginnend mit der Ermittlung der hydrogeologischen Daten des Baugrundes, über die Erarbeitung der Zieleigenschaften des Flüssigbodens, einer Rezeptur oder – bei wechselnden Böden – einer Rezepturmatrix, einschließlich der dazugehörigen Fachplanung mit Technologie, Technik, Logistik usw.“

Ebenfalls zum Thema Fachplanung von Flüssigbodenanwendungen referierte Olaf Stolzenburg (Direktor des Forschungsinstitutes für Flüssigboden Leipzig und Erfinder des Flüssigbodenverfahrens) in Dresden. Er berichtete aus zwei Jahrzehnten Fachplanung über den Einsatz von RSS-Flüssigboden, dessen Herstellungsverfahren den Anforderungen des RAL Gütezeichen 507 zugrunde liegt, und die Weiterentwicklungen, die in dieser Zeit den Verfahrensnutzern verfügbar gemacht wurden.

In seinem Vortrag stellt er die erforderlichen fachplanerischen Leistungen vor, die den Einsatz von RSS-Flüssigboden sicher und erfolgreich im Sinne der Ziele des Bauherrn und der Baufirmen machen. Er zeigte auf, welche fachplanerischen Hilfsmittel zu Absicherung eines schadensfreien und erfolgreichen Einsatzes von RSS-Flüssigboden inzwischen zur Verfügung stehen, beispielsweise um Sperr- oder Drainagewirkungen oder gar langfristige Eigenschaftsveränderungen des eingesetzten Flüssigbodens, wie z. B. unerwünschte Nacherhärtungen, Schwindungen, ungewollte Wasserwegungen usw. sicher vermeiden zu können. Die Fachplanung wurde von ihm als Instrument vorgestellt, das dabei hilft, „primär die technisch korrekte Arbeit mit Flüssigboden nach RAL GZ 507 sicherzustellen“, aber auch den wirtschaftlichen Vorteil für Bauherren und Baufirmen zu erhöhen, ohne die umwelt- und klimaseitigen Aspekte der neuen Lösungen dabei zu vergessen.

Auch die Frage der Kosten einer Fachplanung für Flüssigbodenanwendungen und der oft bei Flüssigbodenanwendungen erhöhten planerischen Aufwendungen griff Olaf Stolzenburg auf. „Die Fachplanung“, so stellte der Institutsdirektor fest, „sei Voraussetzung für den sicheren und wirtschaftlichen Nutzen des Flüssigbodeneinsatzes bei anspruchsvollen Anwendungen, komplexen Projekten und auch bei komplizierten Untergrundverhältnissen. Die Arbeit eines Fachplaners für Flüssigbodenanwendungen basiert im Inland in der Regel auf einer HOAI-konformen Lösung.“



*Olaf Stolzenburg - Erfinder der Flüssigbodentechnologie - favorisiert die Fachplanung als Voraussetzung einer sicheren und wirtschaftlichen Nutzung beim Flüssigbodeneinsatz.
Foto: FiFB*

Da es nicht immer einer Fachplanung für Flüssigbodenanwendungen bedarf, griff er in seinem Vortrag auch dieses Thema auf und zeigt die Grenzen, die den Aufwand einer Fachplanung rechtfertigen, wie auch die Wege, die ein schadensfreies Bauen mit Flüssigboden nach RAL GZ 507 ohne Fachplanung und dennoch mit der entsprechenden ingenieurtechnischen Haftung verbunden, ermöglichen. Der Vortrag stellt den logischen Weg vor, den jeder Auftraggeber, Planer, Baugrundgutachter und auch Baufirmen gehen können, um Flüssigboden nach RAL GZ 507 erfolgreich zu verwenden.

Richtigen Flüssigboden herzustellen klingt im ersten Moment einfach, doch setzt die Forderung nach mängel- und schadensfreien Baustellen viele fachliche Vorarbeiten voraus, die nur durch eine entsprechende Ausbildung und die nötige technische Ausrüstung risikofrei abgesichert werden können. Das dafür erforderliche Fachwissen betrifft sowohl die Planung samt Fachplanung Flüssigboden, einschließlich der Baugrund- erkundung wie auch die bauliche Ausführung. Über den Verfahrensentwickler, das FiFB, steht das nötige Fachwissen für Interessierte zur Verfügung. Die RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e. V. vermittelt dazu als Grundlage das nötige Fachwissen für eine korrekte Gütesicherung des Prozesses von der Herstellung bis zum Einbau des Flüssigbodens. Das erforderliche Fachwissen für die vielen vom FiFB entwickelten Anwendungsmöglichkeiten und die damit verbundenen neuen Techniken und Technologien können interessierte Planer direkt vom Verfahrensentwickler in Leipzig auf dem Wege einer entsprechenden Ausbildung erwerben. Alternativ kann ein Planer oder sein Auftraggeber auch einen speziellen Fachplaner für Flüssigbodenanwendungen für eine Mitarbeit an Projekten gewinnen, analog einem Statiker oder einem Tragwerksplaner.

Die Grundlagen der Gütesicherung nach RAL GZ 507 bei der Anwendung des vom FiFB entwickelten Flüssigbodenverfahrens sind in den Güte- und Prüfbestimmungen der RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e.V. festgehalten worden. Diese Güte- und Prüfbestimmungen nutzen sowohl die langjährigen Erfahrungen des Verfahrensentwicklers als auch die Erkenntnisse aus den für eine schadensfreie Anwendung relevanten, weiteren Entwicklungen des FiFB. Schon seit der Gründung dieser RAL Gütegemeinschaft stellte das FiFB die für die Gütesicherung erforderlichen Kenntnisse offen und rückhaltlos zur Verfügung. Dies ist besonders wichtig, da inzwischen der Begriff „Flüssigboden“ sehr oft aufgegriffen und auch sehr oft völlig falsch für alle zeitweise fließfähigen Verfüllmaterialien gebraucht wird. Doch diejenigen, die diesen Begriff technisch falsch nutzen und dabei, oft schon ganz leicht erkennbare, wirtschaftliche Interessen durchzusetzen versuchen, schaden sowohl denen wirtschaftlich, die ihnen vertrauen, als auch der Umwelt und dem Klimaschutz. Denn nicht alle zeitweise fließfähigen Verfüllmaterialien, die auf der Grundlage starrer Zementsteinstrukturen rückverfestigen, können für die vom FiFB entwickelten Anwendungen sicher und damit bauschadensfrei eingesetzt werden. Sie bilden in der Regel starre Fremdkörper unter den Straßen und schädigen so die in ihnen gebetteten Rohre, Leitungen und Kabel auf Dauer. Nicht zu vergessen schädigt das auch die Straßen, unter denen so gebaut wurde. Den Unterschied zwischen risikobehafteten und risikofreien Materialien muss man auf der Grundlage geeigneter und dann auch objektiv anwendbarer Prüfungen erkennen können. Das aber will vorher gelernt sein, will man nicht zu spät erkennen müssen, dass man einer falschen Aussage aufgesessen ist.

Daher haben primär Bauherren vor über 10 Jahren in Zusammenarbeit mit Planern, Baugrundgutachtern und dem Verfahrensentwickler die RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e. V. ins Leben gerufen, die sich damals das Ziel setzte, die Basics der Gütesicherung als Grundlage schadensfreier Baustellen zu vermitteln und so die Schadensfreiheit von Baustellen zu gewährleisten, auf denen Flüssigboden eingesetzt wurde, für den



Das RAL-Gütezeichen 507 für Flüssigboden. Grafik: RAL

bereits die Planung seines Einsatzes und seiner Zieleigenschaften, deren Absicherung und Nachweisführung, aber auch die Herstellung und Anwendung, diesen Maßstäben nach RAL GZ 507 entspricht.

Das neben der vorgenannten Gütesicherung für anspruchsvollere Anwendungen erforderliche technologische und Verfahrenswissen wird Interessenten durch das FiFB, dem Verfahrensentwickler, in Zusammenarbeit mit kompetenten Partnern aus Wissenschaft und Technik im Rahmen von Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten angeboten und steht somit jedem potenziellen Nutzer zur Verfügung.

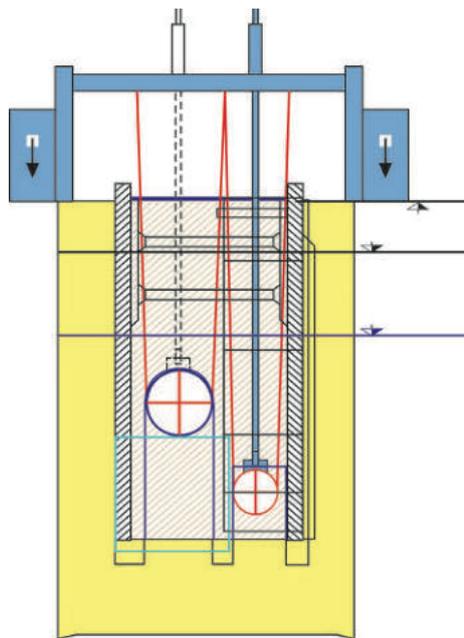
Dieses erforderliche Wissen zur aktiven ingenieurtechnischen Nutzung der gewünschten Lösungen vermittelt der Entwickler, das FiFB aus Leipzig, heutzutage gemeinsam mit dem Fachplanungsbüro LOGIC und Partnern aus dem Hochschul- und Universitätsbereich.

Da das RSS-Flüssigbodenverfahren ständig weiterentwickelt wird und so neue Anwendungsmöglichkeiten laufend hinzukommen, spielt auch die ständige Weiterbildung eine zunehmende Rolle. Um die benötigte Weiterbildung immer breiter anbieten zu können, arbeitet der Verfahrensentwickler inzwischen mit einer zunehmenden Anzahl von Partnern, darunter zahlreiche Hochschulen und Universitäten aus dem In- und Ausland, zusammen. Erste aus dem Kreis dieser Partner haben bereits damit begonnen, das wichtige, technologische und Verfahrenswissen, in Zusammenarbeit mit dem FiFB ihren Studenten zu vermitteln und so den Nutzen für Umwelt, Klima und Wirtschaft zu steigern, den eine immer breitere Anwendung möglich macht.

Inzwischen gibt es über 170 Anwendungen, die für das RSS-Flüssigbodenverfahren vom FiFB entwickelt wurden und erfolgreich eingesetzt werden. Um auch die Möglichkeiten des RSS-Flüssigbodenverfahrens in Sachen Klimaschutz aktiv nutzen zu können, werden inzwischen baustellenbezogene CO₂-Bilanzen als weitere fachplanerische

Leistung für jede Baustelle angeboten. So können die Bauherren belastbare Zahlen abrufen und diese Möglichkeit nutzen, um zur Reduzierung der CO₂-Mengen und damit zum aktiven Klimaschutz ohne Verbote mit ingenieurtechnischen Mitteln beizutragen. Denn das ist ein sehr wirksamer Weg, der gleich auf drei Ebenen (Wiederverwendung des Aushubs vor Ort bei reduzierten Massen, Verwendung energieärmerer Technologien im Vergleich zur herkömmlichen Bauweise und langlebiger Netze und Straßen als Folge der Vermeidbarkeit herkömmlicher Qualitätsprobleme) zur Reduzierung anfallenden CO₂'s beitragen kann, wenn die Flüssigbodenanwendung ingenieurtechnisch gut vorbereitet und kompetent ausgeführt wird. Und immer neue Leistungen und Anwendungsmöglichkeiten kommen zu den bekannten hinzu.

Mit jeder neuen, anspruchsvollen Anwendung wird die Nutzung des erforderlichen Fachwissens wichtiger, will man erfolgreich und schadensfrei damit bauen. Dabei hilft auch das Angebot fachplanerischer Leistungen, für deren Erfolg der ausführende Fachplaner seinem Auftraggeber gegenüber haftet. Solche planeri-



Das Schema und das Foto der „Schwimmenden Verlegung“ in RSS-Flüssigboden macht deutlich, dass die Weiterbildung im Bereich der Flüssigbodenanwendung unabdingbar ist. Nur so kann sicher und ohne Folgeschäden gebaut werden. Grafik & Foto: FiFB Leipzig

schen Vorleistungen sind sogar in immer mehr Fällen zwingend erforderlich, will man beispielsweise die Anerkennung einer Lösung durch einen Prüfstatiker erlangen. Olaf Stolzenburg: „So wie die Beherrschung der Vielfalt der in der Natur vorkommenden Böden und der unterschiedlichen hydrologischen Verhältnisse zur eigenständigen Ingenieurwissenschaft der Geologie und den Leistungen der Baugrundgutachter geführt hat, ohne die man das Bauen im Untergrund, speziell bei komplizierten Verhältnissen gar nicht risikoarm beherrschen würde, so bedarf der bauschadensfreie Einsatz der immer vielfältiger werdenden Anwendungsmöglichkeiten des RSS-Flüssigbodenverfahrens ebenfalls einer eigenen Ingenieurwissenschaft. Dazu gehören die Leistungen der „Fachplanung Flüssigboden“. Diese Ingenieurwissenschaft ist derzeit im Entstehen und basiert auf dem Know-how des Verfahrensentwicklers, der dieses Wissen und seine Erfahrungen inzwischen mit einer zunehmenden Zahl von Partnern aus Wissenschaft und Praxis teilt und auch immer öfter gemeinsam nutzt.“ Weitere Informationen zu diesem Thema finden Sie auf der Homepage des FiFB (www.fi-fb.de). Andreas Bechert

Ansprechpartner für die Presse:



Ing. Andreas Bechert

Pressesprecher Forschungsinstitut für Flüssigboden Leipzig

Tel: 034953 132300

Mobil: 0151 24135502

Mail: andreas.bechert@googlemail.com



Ingenieurbüro LOGIC
Logistic Engineering GmbH
Wurzner Straße 139
04318 Leipzig
Tel: 0341-244 69-0
Fax: 0341-244 69-32
info@logic-engineering.de
www.logic-engineering.com

Tübingen: 734 Tonnen weniger CO₂ durch den Einsatz der RSS-Flüssigbodentechnologie

Tübingen/Leipzig. Die Breinlinger Ingenieure Tiefbau GmbH und die Universitätsstadt Tübingen arbeiten seit November 2019 an der Umsetzung der Planung zur Neugestaltung des Zentralen Omnibusbahnhofs am Europaplatz. Im Zuge der von der Universitätsstadt angestrebten Neuordnung des Areals werden der zentrale Omnibusbahnhof und das Bahnhofsumfeld umgestaltet. Mit dem freiwerdenden Baufeld besteht die Chance, an dieser zentralen Stelle weitere Nutzungen von gesamtstädtischer Bedeutung zu verorten. So soll die Tübinger Innenstadt attraktiver werden – für die Bürgerschaft und für Gäste.



Forschungsinstitut für Flüssigboden GmbH
Wurzner Straße 139
04318 Leipzig
Tel: 0341-24469 11
Fax: 03423-73424 74
info@fi-fb.de
www.fi-fb.de

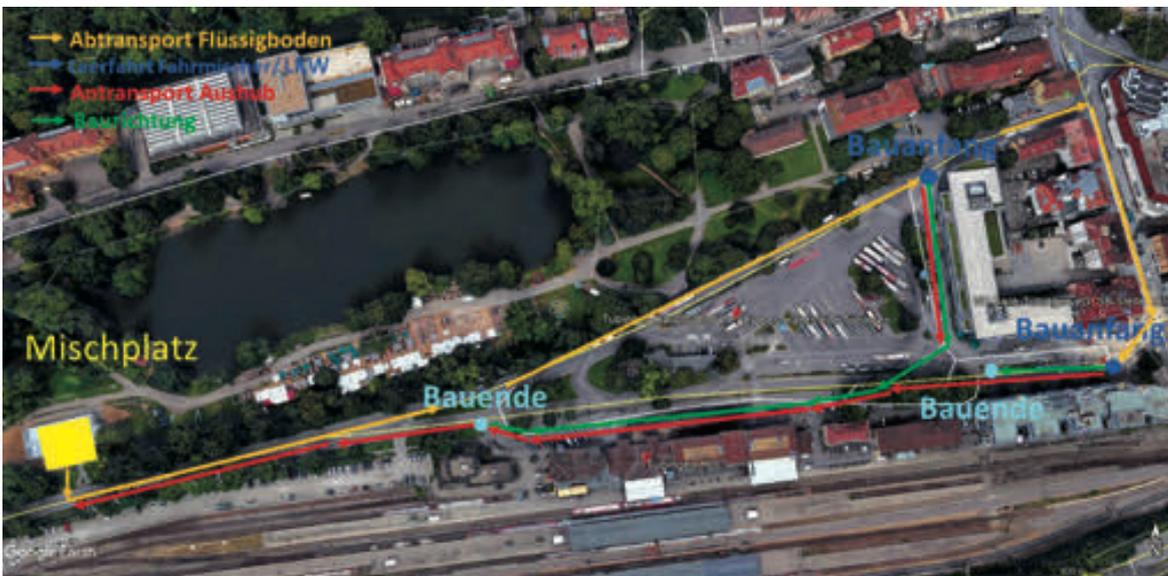
Ansprechpartner f.d. Presse:
Ing. Andreas Bechert
Pressesprecher des FiFB Leipzig
Tel: 0151-24 13 55 02
andreas.bechert@googmail.com



Visionen werden wahr: Das Tübinger Bahnhofsvorplatzgelände wird in einigen Monaten die Gäste und Besucher der Universitätsstadt mit diesem Anblick empfangen. Grafik: Stadt Tübingen

In diesem Zuge werden der Mischwasserkanal entlang des Europaplatzes sowie die Stromtrassen in diesem Bereich neuverlegt. Die Realisierung der Baumaßnahme erfolgt mit RSS-Flüssigboden und den damit möglichen technologischen Lösungen. Der Flüssigboden entspricht den Anforderungen des RAL Gütezeichens 507 und hat diesen Standard sogar bestimmt. Die Fachplanung dazu, welche die Projektplanung ergänzt, erfolgte durch das Ingenieurbüro LOGIC Logistic Engineering GmbH aus Leipzig – einem Fachplaner für Flüssigbodenanwendungen.

Interessant ist der detaillierte CO₂-Emissionsvergleich zwischen der Bauweise unter Einsatz des herkömmlichen Verfahrens (Verdichtung, Bodenaustausch, Wasserhaltung usw.) mit den Möglichkeiten und technologischen sowie technischen Alternativen des RSS Flüssigbodenverfahrens. Grundlage für diesen Vergleich sind die Straßen-, Kanal- und Rohrleitungsarbeiten am Europaplatz in Tübingen.



Lageplan und logistische Abläufe auf der Baustelle am Europaplatz. Der Flüssigboden wird vor Ort hergestellt. Grafik: Ing. Büro LOGIC - Leipzig

Herkömmliche Bauverfahren

Der Bau beginnt mit dem Ausheben des Grabens durch einen Bagger. Der anfallende Erdmaterial Aushub wird auf die LKW's verladen und muss im Regelfall, so auch hier, auf die Deponie transportiert werden. Dann wird dieses Material, das de jure zu Abfall wurde, in der Deponie platziert und eingebaut. Aus der Analyse eines Teils der Kernbohrung geht hervor, dass beim Bauvorhaben in Tübingen auch kontaminierter Boden zu finden ist. Das bedeutet, dass die Deponierung und Entsorgung des ausgehobenen Bodens im realen Fall aufwändiger ist und so auch höhere CO₂-Emissionen verursachen wird. Aufgrund der fehlenden genauen Menge an kontaminiertem Boden und des fehlenden Aufwandes seitens der Kunden werden der Entsorgungsprozess und die Deponierung unter vereinfachenden Annahmen berechnet.



Darstellung des herkömmlichen Bauverfahrens. Grafik: FiFB Leipzig

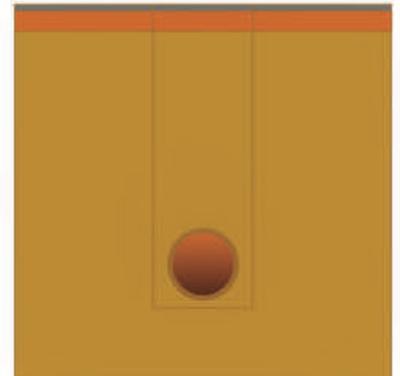
Da in einigen Bereichen des Baugrundes – wie im Baugrundgutachten und der besseren technologischen Planung wegen dann noch in einem hydrogeologischen Modell beschrieben – Grundwasser vorhanden ist, ist es erforderlich, bei der herkömmlichen Bauweise Grundwasser für einen reibungslosen Ablauf des Bauprozesses abzusenken. Dafür müssen entsprechend der anfallenden Wassermenge zunächst entlang des Grabens Wellpoint-Brunnen installiert werden. In diesem Fall anfallendes, kontaminiertes Grundwasser führt zu komplizierten Entsorgungs- und Reinigungsverfahren und den dazu gehörigen CO₂-Emissionen. Bei der Vergleichsrechnung zur normalen Wasserhaltung wird das abzupumpende Grundwasser mit geeigneter Technik zum Vorfluter gepumpt, einem Gewässer, das ca. 300 m von der Baustelle entfernt ist.

Der nächste Schritt besteht im Einbau von Rohren, Kabeln und Leitungen in Gräben. Daher werden auch die Produktions- und Lieferverfahren der einzubauenden Materialien in den Bauprozess einbezogen, um die CO₂-Emissionsmenge im Gesamtverlauf berechnen zu können. Nach der Verfüllung des Grabens wird zunächst das zu verdichtende Material (Sand/Kies) lagenweise eingebracht und verdichtet, um die Bettung der Rohre und Leitungen zu gewährleisten. Um die Rohre und Kabel herum ist Sand als Austauschmaterial vorgesehen. Darüber wird der Graben mit Recyclingmaterial aus dem anstehenden Boden verfüllt. Die Herstellung und Lieferung von Sand, Kies und Recyclingmaterial wird ebenfalls in den Prozessvergleich einbezogen, um den gesamten CO₂-Ausstoß zu erfassen.

Für die Verfüllung wird üblicherweise der Einsatz von Recyclingmaterial vorgesehen. Bereiche, in denen man nicht mehr mit der Verdichtungstechnik arbeiten kann wird mit Beton verfüllt. Die Herstellung und Lieferung der beiden Baustoffe sind in der Berechnung ebenfalls enthalten.

Die Asphalttschicht wird von den Bauprozessen und der Berechnung der CO₂-Emissionen unter Berücksichtigung der folgenden Faktoren ausgeschlossen:

- Vergleichbare Mengen und gleiche Verfahren mit gleichen CO₂-Emissionen sowohl bei konventionellem als auch beim Flüssigbodenverfahren, da es sich um eine grundlegende Erneuerung der Oberflächen handelt;
- Die Lebensdauer und Instandhaltungsaufwendungen hängen hauptsächlich von externen Faktoren ab, die ebenfalls in die aktuelle Betrachtung eingeflossen sind, da CO₂-Ausstoß verursachende Ersatzmaßnahmen erst zu einem späteren Zeitpunkt erforderlich werden;
- Somit sind bei einem Einsatz von RSS-Flüssigboden zur Verbesserung der Lastverteilung unter den befahrenen Flächen und damit zur Vermeidung von Differenzsetzungen bei dynamischen Lastenwirkungen durch den späteren Verkehr noch weitere Verbesserungen der CO₂-Bilanz möglich, da die Lebensdauer der Flächen zunehmen wird, wenn es zu solchen Lösungen kommt.

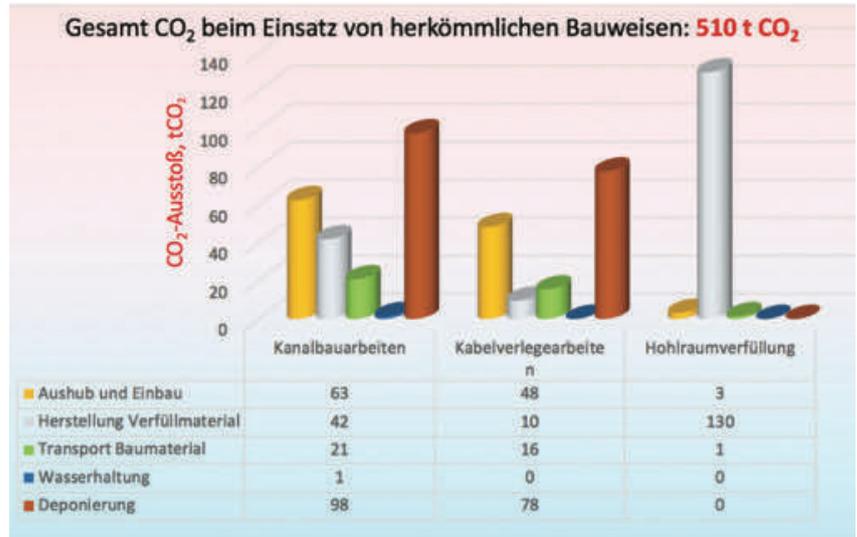


Berechnung der anfallenden CO₂-Mengen

Die CO₂-Emissionen sind das Ergebnis der direkten Verbrennung von Energieträgern wie Strom, Diesel und Benzin für Arbeitsleistungen auf der Baustelle in Tübingen. Bei der Erzeugung einer Kilowattstunde Strom für den Endverbrauch ohne Berücksichtigung des Stromhandelsaldos wurden in Deutschland im Jahr 2018 durchschnittlich 474 Gramm Kohlendioxid als direkte Emission aus der Verbrennung fossiler Energieträger emittiert. Die CO₂-Emissionen von Diesel und Benzin werden dabei als Emissionen aus der direkten Verbrennung betrachtet. Bei der Berechnung sind die Emissionen (Energieverbrauch) für die Produktion (Rohölgewinnung, Verarbeitung, Lagerung, ...) und Versorgung (Transport, Lieferung an den Endverbraucher) von Diesel und Benzin nicht berücksichtigt. Es wird angenommen, dass dieser Anteil der CO₂-Emissionen dem Hersteller und Lieferanten im Gesamtprozess zugeordnet wird. Die Ursachen zu dieser positiven Wirkung auf die CO₂-Bilanz des Gesamtprozesses durch reduzierten Transportbedarf für nicht erforderliche Kraftstoffe liegen jedoch bei der Bauweise mit Flüssigboden und können daher auch diesem Prozess zugeordnet werden. Die CO₂-Emission aus der direkten Verbrennung von Diesel beträgt 2.68697 kg pro Liter und bei Benzin 2.31495 kg pro Liter.

Im Vergleich gut erkennbar: links die klassische Verfüllung eines Grabens mit verdichtbaren Materialien (Sand, Kies und Schotter) – wobei der Bauaushub im Falle nicht verdichtungsfähiger Bodenmassen auf der Deponie landet und dafür gezahlt werden muss – rechts die Verfüllung mit Flüssigboden, der direkt aus dem Bodenaushub, unabhängig von dessen Art, hergestellt wird. Grafik: FiFB Leipzig

Aus der Grafik lässt sich gut erkennen, dass der Hauptbeitrag zu den aktuellen CO₂-Emissionen auf der Baustelle aus den Prozessen des Bodenaustauschs und den Verlegearbeiten stammt. Hier sind es neben den veränderten Stoffströmen und reduzierten Massen bei Aushub und Verfüllung, Transport bis Deponie und Neugewinnung von Austauschmaterialien vor allem die alternativen Technologien, die mit dem RSS-Flüssigbodenverfahren verbunden, zur Reduzierung der benötigten Energie für diese Prozessschritte führen und somit zur Reduzierung von CO₂-Ausstoß beitragen. Einer der Hauptanteile der CO₂-Emissionen stammt aber auch aus der Baumaterialherstellung, den damit verbundenen Prozessen und ist mittels richtiger Auswahl der Materialien gezielt steuerbar. Dabei ist es oft nicht primär die Menge des bei der Herstellung oder dem Transport der Materialien anfallenden CO₂-Mengen, sondern noch viel häufiger und in weit größerem Maße der Einfluss der Materialien auf die Bautechnologie und die damit verbundene Energie – also auch CO₂-Bilanz, die zu beachten ist.



CO₂-Ausstoß in herkömmlicher Bauweise. Grafik: FIFB Leipzig

Bauverfahren mit Flüssigboden

Alternativ zur eben aufgezeigten althergebrachten Bauweise stellt die folgende Zusammenstellung Potenziale zur Reduzierung von Kosten und zur Steigerung des Nutzens der Tübinger Baustelle auf der Grundlage vor, die mit Hilfe der RSS-Flüssigbodenbauweise erzielt werden. Sie wurden im Rahmen vorheriger fachplanerischer Leistungen ermittelt und quantifiziert. So können in Tübingen auf dem Europaplatz mit den Möglichkeiten des RSS-Flüssigbodenverfahrens beispielsweise und ohne Anspruch auf Vollständigkeit folgende Bauleistungen gegenüber der herkömmlichen Bauweisen entfallen bzw. maßgeblich reduziert werden:

- Wegfall der Deponie- und Transportkosten für die Aushubmassen der Rohr- und Leitungsgräben durch Wiederverwendung des ausgehobenen Bodens;
- Wegfall der Anlieferung von Austauschmaterial für die Grabenverfüllung durch Wiederverwendung des ausgehobenen Bodens;
- Reduzierung der Aushub- und Wiedereinbaumassen in Flüssigbodenbauweise durch Reduzierung der Rohrgrabenbreiten mittels Wegfall der verdichtungsbedingten Arbeitsraumbreite der Gräben;
- Entfall von Arbeiten zur Wasserhaltung und Grundwasserabsenkung, die bei der herkömmlichen Bauweise erforderlich sind;
- Wegfall eines wasserdichten Verbaus und der Forderung eines trockenen Grabens auf Grund entfallender Verdichtung und somit Einsatz einer einfacheren Verbaulösung;
- Einfache Lösungen für Bereiche mit Grundbruchgefahr durch entfallende Notwendigkeit Auflasten aus Wasser zu beseitigen und die Möglichkeit Flüssigboden analog einer Stützwand einsetzen zu können;
- Reduzierung der Vorhaltung von Bauhilfstechnik und Lösungen wie z. B. Absperrungen, Verkehrsführung, Miettechnik usw.;
- Beschleunigung des Baufortschritts als Ergebnis anderer Technologien bei reduzierten Ressourcen an Personal und Technik und damit Nutzung einer günstigeren Kostenstruktur.

Das RSS-Flüssigbodenverfahren – technische Grundlage der Anforderungen des RAL Gütezeichen 507 – wird im Rahmen der Fachplanung der Flüssigbodenanwendung gezielt dafür eingesetzt, seine vielen Möglichkeiten dergestalt zu nutzen, um bauliche Risiken zu reduzieren, die Qualität zu erhöhen und nicht zuletzt Kosten zu verringern. Das Verfahren ist eine Lösung, um verschiedenste Bodenarten zeitweise fließfähig zu machen und anschließend entweder mit weitgehend den relevanten Eigenschaften des Ausgangsbodens oder mit gezielt geränderten Eigenschaften, die der bautechnischen Zielstellung entsprechend über die jeweilige Rezeptur abgesichert werden, rückzuverfestigen. Die Aufgabe eines Fachplaners für Flüssigbodenanwendungen besteht darin, die vielen Möglichkeiten des Verfahrens zum Vorteil des Bauherrn gezielt zu nutzen. Doch interessant dabei ist die Tatsache, dass Kostenreduzierung immer etwas mit Aufwandsreduzierung zu tun hat, also der Reduzierung des Einsatzes von kostenintensiver Energie. Mit anderen Worten, gute fachplanerische Arbeit stellt mit den Lösungen zur Kostenreduzierung auch einen Beitrag zur Reduzierung von Energieverbräuchen und damit zur Reduzierung der entstehenden CO₂-Mengen dar. So schließt sich der Kreislauf über intelligente ingenieurtechnische Lösungen, ohne Zwang und emotionale Reibungen.

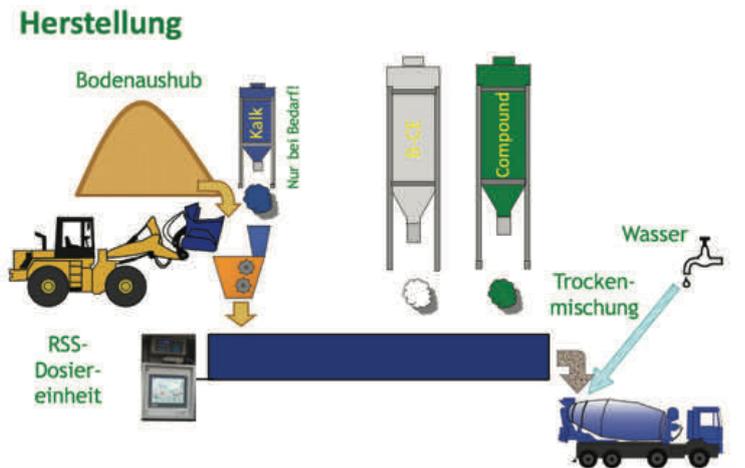


Hier etwas Allgemeines zum RSS-Flüssigbodenverfahren, wie es vor fast 25 Jahren zu entwickeln begonnen wurde: Das RSS-Flüssigbodenverfahren gestattet es, Aushub über den Zwischenschritt einer temporären Fließfähigkeit mit den bauphysikalisch relevanten Eigenschaften des Aushubs und damit dem weitestgehend gleichen Verhalten des, den Rohrgraben umgebenden, konsolidierten Bodens vor Ort wieder einzubauen. Damit ist die Grundlage vorhanden, unterschiedliche Tragfähigkeiten und damit Differenzsetzungen zwischen den Verfüllbereichen und dem angrenzenden Untergrund zu vermeiden. Dies verhindert Straßenschäden und damit unnötige Folgekosten.

Darüber hinaus kann man mit diesem Verfahren eine Reihe von technologisch relevanten Eigenschaften des Flüssigbodens an die Bedingungen der Baustelle anpassen und so der ausführenden

Firma helfen, die Prozesse am Bau zu vereinfachen und damit die Leistung zu steigern. Das hilft dann auch den Anwohnern. Denn weniger Behinderungen, weniger Emissionen aller Art und kürzere Bauzeiten stellen eine anwohnerfreundlichere Bauweise dar.

Aber auch spezielle Gebrauchseigenschaften, die der für die Flüssigbodenherstellung eingesetzte Aushub noch nicht besitzt, können mit Hilfe des RSS-Flüssigbodenverfahrens gezielt gesichert und genutzt werden. Somit unterscheidet sich dieses Verfahren massiv von der herkömmlichen Bauweise mit zu verdichtendem Verfüllmaterial und auch von allen anderen Verfahren zur Herstellung zeitweise fließfähiger Verfüllbaustoffe, wie beispielsweise Bodenmörtel oder Erdbeton, die teils ebenfalls aus Bodenaushub hergestellt werden können, jedoch bauphysikalisch deutlich andere Eigenschaften im rückverfestigten Zustand, im Vergleich mit dem Umgebungsboden aufweisen. Für die gezielte Nutzung gewünschter Eigenschaften ist eine ingenieurtechnische Vorbereitung notwendig, die von der Bewertung des Ausgangsbodens über die des Bauzwecks und der Baustellenverhältnisse reicht und in Form einer Rezepturspezifikation Zieleigenschaften erarbeitet und begründet. Diese Zieleigenschaften müssen dann über den Weg einer geeigneten Rezeptur oder bei schwankenden Bodenarten, einer Rezepturmatrix abgesichert und an Hand von Prüfkörpern auch in ihrer langfristigen Stabilität und Größe geprüft und nachgewiesen werden.



Darstellung der Flüssigbodenherstellung; hier RSS-Flüssigboden. Grafik: FiFB Leipzig

Erstmals können auch die Anforderungen des Gesetzgebers im Rahmen des neuen Kreislaufwirtschaftsgesetzes in vollem Umfang und damit uneingeschränkt erfüllt werden.

Durch die Wiederverwendbarkeit praktisch aller anfallenden Aushubböden im Rahmen der Anwendung des RSS-Flüssigbodenverfahrens werden bei der Verfüllung die bauphysikalisch relevanten Eigenschaften des RSS-Flüssigbodens vergleichbar im Sinne des Ausgangsbodens wiederhergestellt oder gezielt an die Anforderungen der Baustelle angepasst. So werden die bekannten späteren Risse in Straßen und Wegen bis hin zu den im Boden liegenden Netzen unter Lasteinwirkung wie auch Risse und Undichtigkeiten in den verfüllten Bereichen sicher vermieden.

Am vorgestellten Bauobjekt in Tübingen war eine Wiederverwendung der Aushubmassen sinnvoll. Es wurde deshalb die Entscheidung getroffen, den Flüssigboden mit Aushubmaterial nach dem vorgenannten Prozedere herzustellen und für die Verfüllung zu benutzen. Die folgenden Eigenschaften werden dabei gezielt genutzt und sollen, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, hier kurz genannt sein:

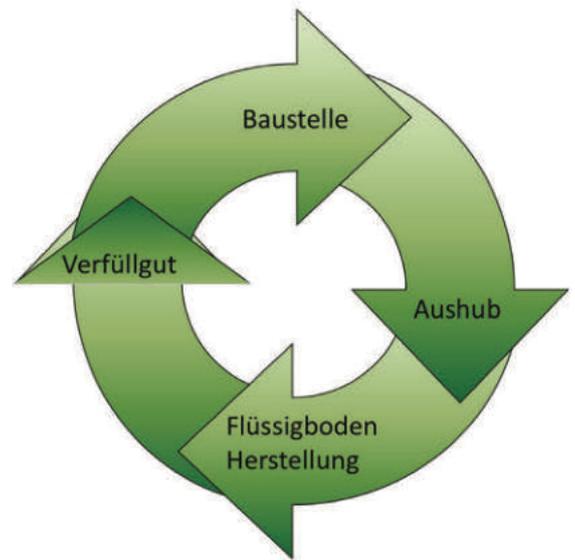
RSS-Flüssigboden:

- ist jederzeit mechanisch – vergleichbar mit dem Umgebungsboden – wieder lösbar und wirkt schwingungsdämpfend bei dynamischen Lasteinträgen;
- ist in sich setzungsfrei und selbstverdichtend;
- ist zeitlich in einen zeitlich steuerbaren Rahmen wieder belastbar.

Mit Einsatz dieses Verfahrens werden eine Reihe von Vorteilen nutzbar, wie z. B.:

- beste Verfüll- und Bettungsqualität für langlebige Rohrnetze in verdichtungsfreier Einbauweise und somit Wegfall von Erschütterungen sowie kurzgehaltenen Baustellen mit schnellem Baufortschritt;
- minimale Aushubmassen;
- Hohlraum-, -riss- sowie setzungsfreie Verfüllbereiche.

Für jeden Einsatz sind exakte Anforderungen an die Eigenschaften des Flüssigbodens, die technischen Hilfsmittel und die Prozessabläufe zu erfüllen. Das erforderliche Grundlagenwissen für die Bauausführung wie z. B. für die Umsetzung des im Rahmen der Fachplanung erarbeiteten technologischen und im technischen Konzeptes etc. wird im Rahmen eines Coachings vor Ort vermittelt. Diese Empfehlungen standen in Tübingen der ausführenden Baufirma zur Verfügung. Die korrekte bauliche Umsetzung ist Tagesgeschäft und wird im Rahmen der Gütesicherung nachgewiesen, die in der Verantwortung des Fachplaners liegt. Vorteilhaft neue Technologien, die vom Verfahrensentwickler, dem FiFB in Zusammenarbeit mit dem Ing. Büro LOGIC entwickelt wurden, wie beispielsweise die sogenannte Schwimmende Verlegung, stellen bei Unterstützung durch das Coaching eines ausgebildeten Fachplaners einen schnell erlernbaren Wissenszuwachs dar.



Aus dem Bauaushub entsteht das Verfüllgut – durch die Flüssigbodentechnologie wird den Bestimmungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes zu 100 Prozent entsprochen. Grafik: FiFB Leipzig



Technologie der Schwimmenden Verlegung

Die Technologie der „Schwimmende Verlegung“ ist ein patentiertes Verfahren zur Reduzierung der Baukosten, speziell von Wasserhaltungskosten und zur Beschleunigung des Baufortschritts mittels neuer technischer Hilfsmittel und der dazugehörigen Technologie. Auch die richtig eingestellten Eigenschaften des Flüssigbodens sind dafür von hoher Bedeutung. Bei diesem Verfahren wird die in der herkömmlichen Bauweise erforderliche Grabensohle und trockene Baugrube mit einem Grundwasserspiegel von mind. 0,5 m unter der Grabensohle nicht mehr benötigt. Die Absenkung des im Graben anstehenden Wassers ist je nach gewählter Bauart und Technologie nicht mehr erforderlich. Bei der Schwimmenden Verlegung werden die Rohre nicht auf Rohrauflagern gebettet, sondern in Seilschlaufen hängend verlegt. Unter Verwendung geeigneter und speziell vom Verfahrensentwickler dafür entwickelter technischer Hilfsmittel, wie z. B. der RSS-Rohrverlegehilfen, kann diese Technik neben ihrer Funktion als Lastaufnahmemittel und Sicherung der Rohre gegen Auftrieb auch als Messmittel und zur Steuerung der technologischen Abläufe genutzt werden. So kann man ausgereifte Technologien mit bewährter Spezialtechnik wirtschaftlich vorteilhaft nutzen und wird dabei durch den Verfahrensentwickler und von ihm ausgebildete Fachleute wirksam unterstützt.

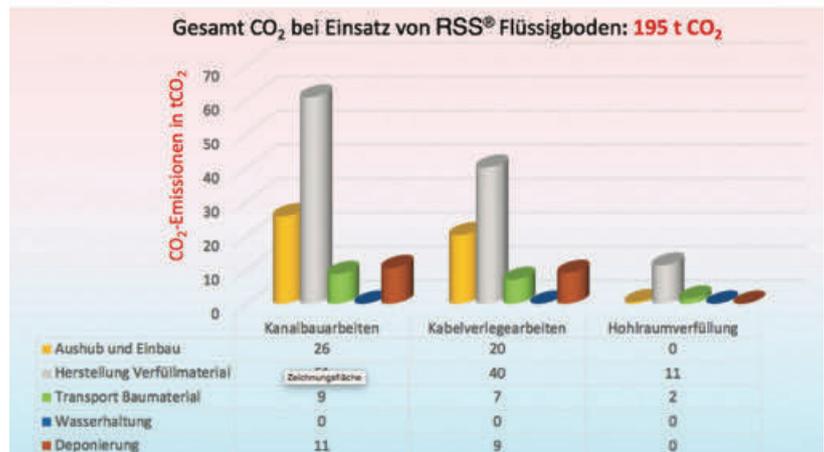
Die Wasserhaltungskosten werden durch die „Schwimmende Verlegung“ eingespart. Das Rohr im wassergefüllten Graben wird mittels Rohrverlegehilfen justiert und fixiert. Diese Bauweise ist auch unter dem Grundwasserspiegel möglich.
Fotos: FiFB Leipzig

Vergleich der zwei Bauverfahren hinsichtlich der CO₂-Emissionen

Wie die nachfolgende Grafik zeigt, liefern eine Reihe von Prozessen relevante Beiträge zu den CO₂-Emissionen. So kann CO₂ bei gezielter Anwendung des RSS-Flüssigbodenverfahrens gleich auf 3 Ebenen reduziert werden, der stofflichen Ebene der Massenreduzierungen, der technologischen Ebene und der Betreiberebene, die von der Lebensdauerverlängerung gesondert zehrt.

Die reinen Bauabläufe sind energetisch und damit von ihrem Energieverbrauch und der CO₂-Emission her durch den Einsatz des RSS-Flüssigbodenverfahrens deutlich im Vergleich mit der herkömmlichen Bauweise minimiert worden. Da Energieverbräuche auch zu Kosten führen, bleibt zu hoffen, dass diese Minimierung der Energie und damit auch von

CO₂-Emission beim Einsatz des RSS-Flüssigbodenverfahrens. Grafik: FiFB Leipzig

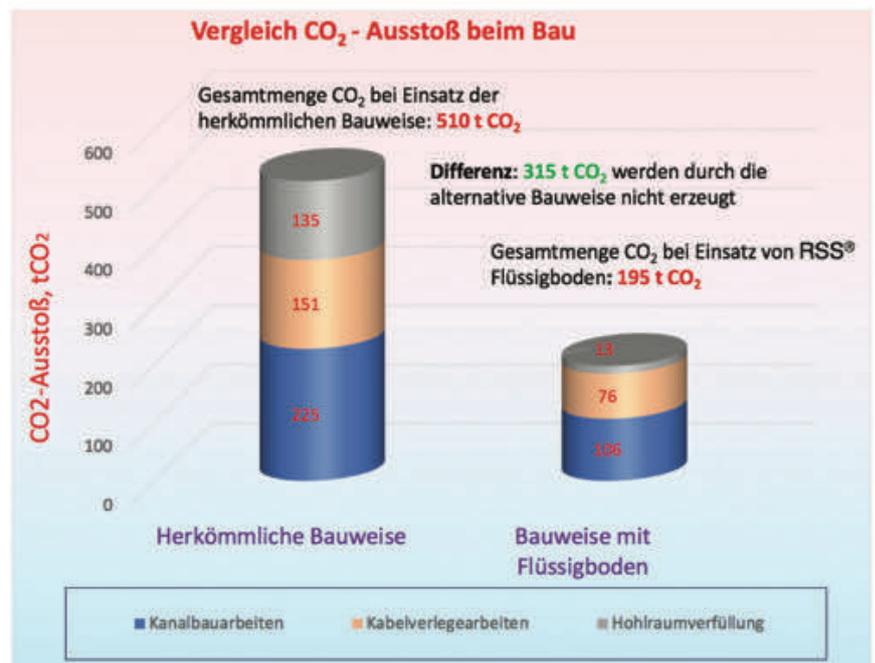


Kosten zu einer zunehmenden Anwendung des Verfahrens aus rationalen Gründen – sprich aus Kostengründen – führt und so der Nutzen für die Verbesserung der klimabedeutenden CO₂-Bilanz ohne Verbote und Zwänge – rein aus der wirtschaftlichen Vernunft heraus – ebenfalls wirksam unterstützt wird.

Um die von einem solchen Änderungen verbundenen Prozesse zu beschleunigen, kann und muss allerdings auch die Politik eingreifen, denn mit solch grundlegenden Paradigmenwechsel in der Bauweise sind viele Veränderungen betroffen, die bei den einzelnen Marktteilnehmern nicht immer freiwillig und schnell aufgegriffen werden, da wirtschaftliche Überlegungen und Eigeninteressen dabei leider oft auch eine große Rolle spielen. Diese sinnvoll zu kanalisieren und zu nutzen, ist Aufgabe der Politik. Die Ingenieurwissenschaften stellen das dafür erforderliche Hilfsmittel in Form des RSS-Flüssigbodenverfahrens und der mit ihm verbundenen über 170 verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten zur Verfügung. Das Ergebnis ihrer gezielten und geplanten Anwendung ist überzeugend, wenn die dabei in der Planung tätigen Ingenieure das erforderliche Fachwissen erwerben und gezielt einsetzen. Der Verfahrensentwickler bietet den Erwerb dieses Wissen an, teils auch in Zusammenarbeit mit Hochschulen und Universitäten, die bei der Weiterbildung von Praktikern auf Ingenieurniveau unterstützend aktiv sind.

Auf Grund der im Artikel erläuterten Zusammenhänge kann die Bauweise unter Nutzung der Möglichkeiten des RSS-Flüssigbodenverfahrens für den Kanal-, Rohrleitungs- und Straßenbau als die wesentlich umweltfreundlichere Methode im Vergleich zur herkömmlichen Bauweise bezeichnet werden.

Dabei spielt die Genauigkeit der in Zahlen ausgedrückten Ergebnisse eine sekundäre Rolle, denn viele der unserer Berechnung zugrunde liegenden Angaben zur Größe der mit den Prozessen und Materialien verbundenen CO₂-Emissionen sind in der Fachliteratur noch nicht immer mit einheitlichen Angaben verbunden. Doch trotz dieser noch vorhandenen Unschärfen – die Dank der weiterführenden Untersuchungen immer weiter reduzieren werden – ist die wichtige Gesamttendenz sehr klar erkennbar. Sie zeigt, dass mittels ingenieurtechnischer Lösungen ein relevanter Beitrag zur Reduzierung von CO₂-Emissionen geleistet werden kann, der zusätzlich mit der damit einhergehenden Reduzierung von Energieverbräuchen auch mit Kostenreduzierungen verbunden ist. Damit kann die Reduzierung von aufzuwendender Energie als wirksamer ökonomischer Hebel genutzt werden, der einem wirtschaftlichen Zwang entspricht und nicht erst durch Verbote und Emotionen erzwungen werden muss. Natürlich kann und sollte die Politik die Anwendung dieses neuen Weges unterstützen und die Weichen dafür stellen helfen, wenn eine Beschleunigung der damit verbundenen Wirkung auf die Reduktion von CO₂-Emissionen erfolgen soll. Hinzu kommt der wirtschaftliche Vorteil für Bauherren, der mit dem Beginn der vom Gesetzgeber beschlossenen CO₂-Bepreisung in 2021 entsteht. So lohnt es sich dann auch in sofort erkennbarer Form, schon in der Planung an die Reduzierung der CO₂-Mengen zu denken und alle verfügbaren Mittel dafür zu nutzen.



Der CO₂-Ausstoß im Vergleich. Grafik: FiFB Leipzig

Autoren:

Olaf Stolzenburg - Direktor des FiFB Leipzig



*Olaf Stolzenburg, der Erfinder des Flüssigbodenverfahrens, im November 2019 vor Ort auf der Baustelle in Tübingen.
Foto: FiFB Leipzig*

Andreas Bechert - Pressesprecher FiFB



*Andreas Bechert - Pressesprecher des FiFB Leipzig.
Foto: FiFB Leipzig*



Ingenieurbüro LOGIC
Logistic Engineering GmbH
Wurzner Straße 139
04318 Leipzig
Tel: 0341-244 69-0
Fax: 0341-244 69-32
info@logic-engineering.de
www.logic-engineering.com

Neue Wege im Mineralstoffrecycling

Flüssigbodeneinsatz spart Energie, damit Kosten und automatisch auch CO₂

Die Nordmineral Recycling GmbH & Co KG stellt seit kurzem Flüssigboden nach dem RSS-Verfahren her – teils unter Verwendung von RC-Baustoffen

Dresden. Mineralische Recyclingbaustoffe hatten es in der Vergangenheit aus einer ganzen Reihe von Gründen schwer, sich im Markt gegen Primärbaustoffe zu behaupten. Inzwischen dreht sich der Wind, angetrieben vom steigenden Bewusstsein, dass auch Sand und Kies letztlich endliche Ressourcen sind, deren Gewinnung zudem mit unerwünschtem Verbrauch an Flächen einhergeht. Das hat sich in der Neufassung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) niedergeschlagen. Das Gesetz schreibt vor, dass ab dem 1. Januar 2020 mindestens 70% der mineralischen Abfälle wiederverwendet werden müssen – eine Herausforderung gleichermaßen für Abfallerzeuger wie Abfallverwerter. Denn die Mengen an solchen Bauabfällen sind gigantisch. Dies nicht zuletzt deshalb, weil selbst Boden zu Abfall wird, wenn ein Bagger ihn einmal ausgehoben hat, ganz unabhängig davon, ob der Aushub belastet ist oder nicht. Der bisher in großem Umfang genutzte Weg in die Deponie ist versperrt, wegen entgegenstehender rechtlicher Bestimmungen ebenso wie wegen des allerorten immer knapper werdenden Deponievolumens.

Es gilt also, neue Wege zu finden. Einen besonders interessanten stellt die Verwendung mineralischer Bauabfälle für die Produktion von Flüssigboden dar. Die Erwähnung des Begriffes provoziert (noch) relativ oft die Rückfrage „Flüssig ... was?“. Kurz gesagt: Flüssigboden ist ein fließfähiger Verfüllstoff bzw. ein zeitweise fließfähiger Verfüllbaustoff. Zur Wiederverfüllung vorgesehenes ausgehobenes Bodenmaterial wird temporär fließfähig gemacht, um es zum Einbau von erdverlegten Bauteilen zu verwenden, ohne dabei einen Fremdkörper mit ungewollten Eigenschaften zu bilden, wie es bisher bei hydraulisch abgebundenen Materialien der Fall ist. Dazu wird ein Gemisch aus Aushubmaterial und Zusatzstoffen (Plastifikator, Beschleuniger, Stabilisatoren), sowie Zugabewasser und gegebenenfalls einem Spezialkalk hergestellt und verfüllt. Das Verfahren ist vom Forschungsinstitut für Flüssigboden Leipzig (FiFB) bzw. dem direkten Vorgänger, Ende der 90er Jahre erfunden und seitdem kontinuierlich weiterentwickelt worden. Seit 2008 haben Auftraggeber den Verfahrensentwickler angeregt, auch ein RAL-Gütezeichen wirksam zu unterstützen. So entstand das RAL Gütezeichen 507 auf der Grundlage der Entwicklung des RSS®-Flüssigbodenverfahrens und hilft heutzutage, wirksam Bauschäden zu vermeiden und das vom FiFB entwickelte neue Verfahren erfolgreich und schadensfrei anzuwenden.

Für die am Dresdner Heller ansässige Nordmineral Recycling GmbH & Co KG, ein Tochterunternehmen der Amand-Unternehmensgruppe, wurde das Verfahren interessant, als sich herausstellte, dass auch Sande



Forschungsinstitut für Flüssigboden GmbH
Wurzner Straße 139
04318 Leipzig
Tel: 0341-24469 11
Fax: 03423-73424 74
info@fi-fb.de
www.fi-fb.de

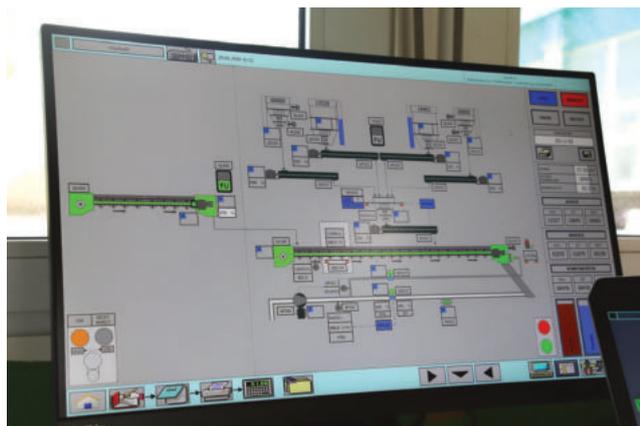
Ansprechpartner f.d. Presse:
Ing. Andreas Bechert
Pressesprecher des FiFB Leipzig
Tel: 0151-24 13 55 02
andreas.bechert@googmail.com



Das RAL-Gütezeichen 507 für Flüssigboden. Grafik: RAL

als RSS-Flüssigboden mit bodentypischen Eigenschaften verwendet werden können, die beim Recycling von Beton und Ziegeln entstehen. Die Nordmineral Recycling GmbH ist die einzige verbliebene stationäre Großanlage in der Region in und um Dresden, die aus verschiedenen mineralischen Bauabfällen zertifizierte RC-Baustoffe herstellt, und das in nicht geringem Umfang. Dahinter verbirgt sich die Produktion von hochwertigen RC-Splitten aus Beton oder Ziegeln, die bei Abbrucharbeiten zwangsläufig anfallen und die Wiederverwendung von abfallenden Materialien aus dieser Produktion in Form von speziellen Sanden.

Es ergab sich eine Win-Win-Situation: die Flüssigbodenproduktion unter Verwendung der RC-Sande bringt Kostenvorteile mit sich, die Sande müssen nicht entsorgt werden. Dies war nach eingehender Prüfung Grund genug für das Unternehmen, die zurzeit modernste und wirtschaftlichste Technik zur Herstellung von RSS-Flüssigboden anzuschaffen – eine RSS-Kompaktanlage des Typs 5.2. Seit dem Herbst letzten Jahres ist



die Anlage produktionsbereit. Eine gleichzeitig geschlossene Kooperationsvereinbarung mit dem Anbieter des RSS Flüssigbodenverfahrens, der Firma PROV GmbH aus Eilenburg, der Leistungen anderer für die erfolgreiche Anwendung des Verfahrens relevanter Fachleute aus dem Bereich der Gütesicherung und des Engineeringes einschließt, sichert die anforderungs- und qualitätsgerechte Herstellung von Flüssigböden für jeden der inzwischen über 170 vom FiFB entwickelten Einsatzfälle. Die Zertifizierung nach RAL-Gütezeichen 507 ist eingeleitet, die Nordmineral Recycling GmbH hat Mitarbeiter umfanglich beim Systementwickler schulen lassen.

Die neue RSS-Kompaktanlage auf dem Gelände der Firma Nordmineral im Einsatz. Neben Bodenaushub werden hier auch mineralische Wertstoffe zu Flüssigboden umgewandelt. Die moderne Steuerungstechnik kann selbst zur Fremdüberwachung des Mischprozesses eingesetzt werden. Fotos: FiFB Leipzig + Nordmineral Recycling GmbH & Co KG



Erfahrungen mit der Herstellung von RSS-Flüssigboden und seinem Einbau konnte das Unternehmen bereits 2016 sammeln, als der Fußgängertunnel am Neustädter Markt nach dem Hochwasser im Sommer 2013 in Verbindung mit erforderlichen Sanierungsvorhaben verfüllt werden musste.

Neueste Arbeiten des Verfahrensentwicklers, des FiFB in Zusammenarbeit mit der Technischen Hochschule Dresden (HTWD) und dem Fachplanungsbüro für Flüssigbodenanwendungen LOGIC GmbH aus Leipzig weisen im Übrigen nach, dass der Einsatz von RSS-Flüssigboden bei entsprechender Vorbereitung und Planung der Ausführung mit Flüssigboden die CO₂-Bilanz von Baustellen spürbar verbessert – ein angesichts der gesamtgesellschaftlichen Diskussion einerseits und der erwartbar rasant steigenden Kostenbelastungen durch CO₂-basierte Abgaben andererseits brisantes Thema. Beispielhaft haben Wissenschaftler im Rahmen von Untersuchungen auf einer größeren Baustelle in Tübingen, auf der RSS-Flüssigboden zum Einsatz kommt, ermittelt, dass der CO₂-Ausstoß durch die Verwendung des RSS-Flüssigbodenverfahrens für den Bau und die betroffenen Vorgänge gleich auf drei sogenannten Wirkebenen (Stoffebene, Technologieebene und Betriebsebene) um etwa 80% gesenkt werden konnte. Beim Einsatz der herkömmliche Bauweisen in Tübingen, hätte der CO₂-Ausstoß 930 t betragen. Aufgrund der Flüssigbodentechnologie liegt er nur bei 195 t. Wissenschaftliche Schätzungen gehen heute von einem Potenzial von mehreren Mio. t CO₂ aus, deren Entstehung allein in Deutschland mit der Flüssigboden-Bauweise im Tiefbau pro Jahr vermieden werden könnte.

CO₂ lässt sich nicht nur durch die Wiederverwendung des örtlich anfallenden Aushubs einsparen. Auch weitere neue technologische Möglichkeiten, die mit dem RSS-Flüssigbodenverfahren verbunden sind (über 170 verschiedene Anwendungen kennt das Verfahren bereits – und laufend kommen neue hinzu) führen zu Energieersparnissen. Wenn beispielsweise keine Wasserhaltung notwendig ist, weil man unter Wasser bauen kann, sinkt der Energieverbrauch und damit auch der der Baustelle zurechenbare CO₂-Ausstoß. Der geringere Energieverbrauch spart nebenbei auch Kosten.

Fasst man die vielen Vorteile der Verwendung qualitätsgesicherten, zertifizierten Flüssigbodens zusammen, dann sieht man einen Baustoff und das dazugehörige Verfahren mit seinen vielen Anwendungsmöglichkeiten, dem die Zukunft gehört. Dies zeigt darüber hinaus sehr deutlich, dass Ökonomie, Ökologie und Klimaschutz über intelligente Technologien in Einklang gebracht werden können.

Der fertige RSS-Flüssigboden wird in einem Mischfahrzeug zur Baustelle gebracht und dort fachgerecht eingebaut. Fotos: Nordmineral Recycling GmbH & Co KG

Weitere Informationen zu diesem Thema finden Sie auf der Homepage des FiFB (www.fi-fb.de).

Autoren:
Andreas Bechert
Pressesprecher Forschungsinstitut für Flüssigboden Leipzig

Olaf Stolzenburg
Direktor des FiFB Leipzig

Baustelle Europaplatz: Tübingen setzt auf Klimaschutz

Tübingen/Leipzig. Auf Einladung von Ministerpräsident Winfried Kretschmann reiste Tübingens Oberbürgermeister Boris Palmer im September 2018 nach San Francisco, um bei der dortigen Klimakonferenz „Global Climate Action Summit“ die Kampagne „Tübingen macht blau“ vorzustellen. Palmer wollte aufzeigen, mit welchen Mitteln es in Tübingen gelungen ist, den CO₂-Ausstoß von 2006 bis 2014 um rund 20 Prozent zu senken und mit welchen Maßnahmen weitere Klimaziele erreicht werden sollen. Er lobte Thunberg, die am 25. September 2019 mit dem alternativen Nobelpreis für ihren Einsatz zum Schutz des Klimas ausgezeichnet wurde, für ihren „unschätzbaren Dienst“ für den Klimaschutz. In ihrer UN-Wutrede hatte die Schülerin den Regierungschefs und wichtigen Politikern vorgeworfen, sie hätten kommende Generationen im Stich gelassen, den Jugendlichen die Kindheit gestohlen. „Wir stehen am Anfang eines Massenaussterbens. Wie könnt Ihr es wagen zu glauben, dass man das lösen kann, indem man so weitermacht wie bislang?“, sagte sie in New York. Nach dem Gipfel redete Boris Palmer in Form eines offenen Briefes der Klima-Aktivisten Greta Thunberg ins Gewissen: „Wir dürfen nicht in Panik geraten, weil wir dann die Strukturen zerstören,... die wir auch brauchen, um den Klimawandel zu stoppen.“

OBM Palmer ist ein Mann, der sich einmischt. Besonders in der Politik, was vielen in Berlin nicht gefällt. Im September 2019 erschien auch sein neues Buch – es trägt den Titel: „Erst die Fakten – dann die Moral. Warum Politik mit der Wirklichkeit beginnen muss.“ Darin macht er deutlich, dass sich die aktuelle Politik – besonders auch die Umweltpolitik – sehr fern von jeglicher Realität bewegt. Nach Bekanntwerden des Klimapaktes der Bundesregierung äußerte er sich ebenfalls kritisch – dies sei alles illusorisch: Ein Tropfen auf den heißen Stein.

Tübingens Oberbürgermeister setzt derweil in der eigenen Stadt klare Signale in Sachen Klimaschutz und Klimawandel und zeigt, wie das vor allem praktisch funktionieren kann. Auch die Umgestaltung des Europaplatzes leistet einen Beitrag dazu, noch dazu einen, der ohne die von Boris Palmer angesprochene Panikmache auf der Nutzung bestehender Strukturen, hier der ingenieurtechnischen Leistungen der am Projekt beteiligten Ingenieure und Planer und der von ihnen genutzten Innovationen, erbracht werden wird.

Bus und Bahn stärken – Stadteingang gestalten – urbane Freiräume schaffen: Diese Schlagworte beschreiben das wichtigste Projekt der Tübinger Innenstadt-Entwicklung. Der Umbau des Europaplatzes hat zum Ziel, das Bahnhofsgebäude und den Anlagenpark in das südliche Stadtzentrum zu integrieren. Die Baumaßnahmen werden 2020 beginnen und sind das bisher größte Projekt in Sachen öffentlicher Verkehrsinfrastruktur der Universitätsstadt am Neckar.



Forschungsinstitut für Flüssigboden GmbH
Wurzner Straße 139
04318 Leipzig
Tel: 0341-24469 11
Fax: 03423-73424 74
info@fi-fb.de
www.fi-fb.de

Ansprechpartner f.d. Presse:
Ing. Andreas Bechert
Pressesprecher des FiFB Leipzig
Tel: 0151-24 13 55 02
andreas.bechert@googmail.com

*Tübingens Oberbürgermeister Boris Palmer geht die Innenstadt-Entwicklung an – Klimaschutz und die Einhaltung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes stehen dabei ganz oben auf seiner Agenda.
Foto: Stadt Tübingen*

Im Zuge der Neuordnung werden der zentrale Omnibusbahnhof (ZOB) und das Bahnhofsumfeld umgestaltet. Mit dem freiwerdenden Baufeld besteht die Chance, an dieser zentralen Stelle weitere Nutzungen von gesamtstädtischer Bedeutung zu verorten. So wird die Tübinger Innenstadt attraktiver – für die Bürgerschaft und für Gäste der Stadt.

Die Vorstellung des Baubeschlusses der Stadt Tübingen im September 2019 zeigt auf, wo die kommunalpolitischen Schwerpunkte beim Umbau des Europaplatzes liegen.

Diese sind:

- Verknüpfung von Bus-, Bahn-, Rad- und Fußmobilität
- eine umwelt- und sozialgerechte Mobilität gestalten
- neue Wege des Bauen als Form eines Beitrages zur Kreislaufwirtschaft und Klimaschutz
- aktiver Umgang mit der Herausforderung des Klimawandels
- Stadteingang schaffen
- Stadtraum gestalten
- neue Nutzungen ermöglichen
- urbane Freiräume gestalten
- Grünräume aufwerten
- Stadt weiterentwickeln
- Lebensräume für Tiere und Pflanzen schützen und entwickeln



*Visionen werden endlich wahr:
Das Tübinger Bahnhofsvorplatz-
gelände heute und wie es in
einigen Monaten die Gäste und
Besucher der Universitätsstadt
empfangen wird.
Grafiken und Foto:
Stadt Tübingen*



Die vorbereitenden Bauarbeiten für den Umbau des Europaplatzes begannen am Freitag, 4. Oktober 2019, entlang der sogenannten Bügelstraße vor dem Marktladen. Hier wird ein neuer Kanal gebaut. Zudem gibt es neue Leitungen für Strom, Wasser, Gas, Fernwärme und Kommunikation. Diese Arbeiten dauern bis Juni 2020. Auch entlang der Europastraße im Bereich zwischen der Steinlachunterführung und der ehemaligen Expressguthalle werden Versorgungsleitungen verlegt und ein neuer Kanal gebaut. Hier beginnen die Arbeiten Ende November und dauern voraussichtlich bis Ende September 2020. Wie im Baubeschluss deutlich wird, soll der Umbau des Europaplatzes einen Beitrag zum Klimaschutz leisten, um den Herausforderungen des Klimawandels gerecht zu werden.

Im Rahmen des ersten Bauabschnittes müssen in dem Areal zahlreiche Kanäle und Elektroleitungen neu unterirdisch verlegt werden. Für die Planung dieser Arbeiten erhielt die Breinlinger Ingenieure Tiefbau

GmbH aus Tuttlingen den Zuschlag. Bernd Schwär, Geschäftsführer des Unternehmens und als Projektleiter für diese Baustelle verantwortlich, hatte im Vorfeld der Europaplatz-Baustelle gut zu tun. Denn Herausforderungen gibt es hier jede Menge. Bernd Schwär: „Eine der schwierigsten war es bisher, den gesamten Bereich mit unterschiedlichsten Leitungstrassen neu zu ordnen und die verschiedenen Baufelder leitungsfrei zu bekommen. Hierbei wurden die verschiedenen Medien wie Datenleitung (Glasfaser), Strom, Gas, Fernwärme, Wasserversorgung sowie die Entwässerung neu geordnet. Hierbei war eine der wichtigsten Aufgaben, diese Verlegearbeiten unter dem Betrieb des aktuellen ZOB zu gewährleisten. Hierzu musste der Bauablauf in 12 Teilbauphasen unterteilt werden. Den ZOB nutzen täglich 30.000 Fahrgäste. Diese gilt es auch während der Bauphase sicher von und zum Bahnhof zu leiten. Gleichzeitig sind die Wege möglichst barrierefrei zu gestalten. Die Belange von Individualverkehr, Radfahrern, Fußgängern, ÖPNV, Taxi, Anlieferung usw. unter einen Hut zu bekommen ist eine der größten Herausforderungen bei einer solchen Maßnahme.“

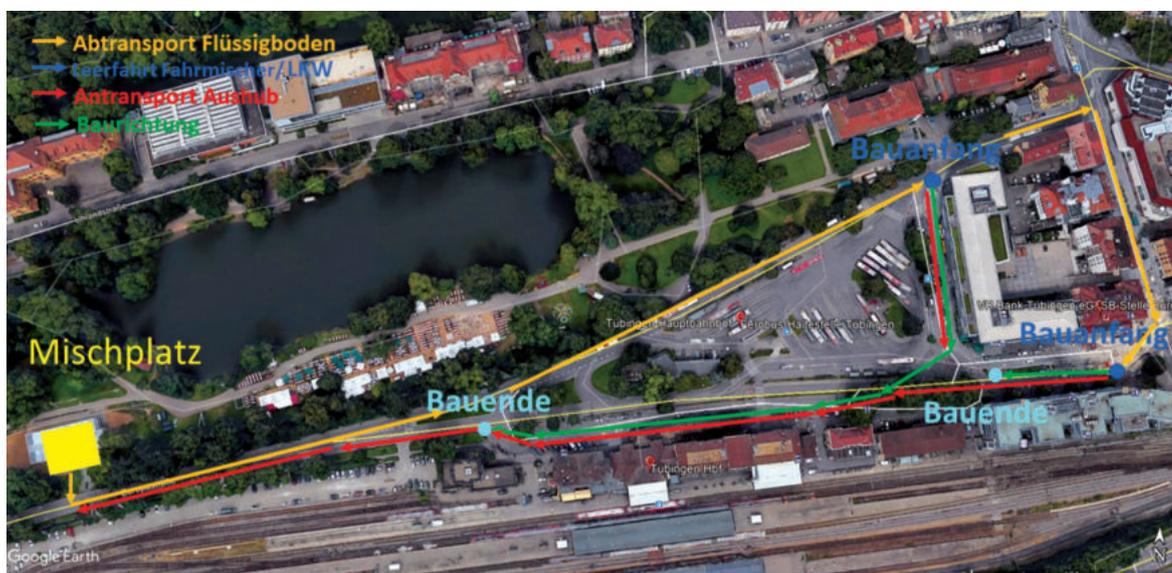


Bernd Schwär: „Wir setzen die Flüssigboden-Technologie bereits seit mehreren Jahren erfolgreich ein.“ Foto: Breinlinger Ingenieure Tiefbau GmbH

Die Leitungsverlegearbeiten wurden in einem ersten Bauabschnitt ausgeschrieben und werden aktuell verlegt. Hierbei wurde die Flüssigbodentechnologie mit ausgeschrieben und stellt einen wichtigen Baustein für die Nachhaltigkeit der Baustelle dar. Flüssigboden ist für die Firma Breinlinger kein Neuland mehr. Bernd Schwär: „Wir setzen die Flüssigboden-Technologie bereits seit mehreren Jahren erfolgreich ein. Wir beraten unsere Kunden hierbei und konnten diese bereits bei mehrere Projekten erfolgreich anwenden. Die ersten Berührungspunkte gab es beim Kreuzstraßentunnel in Tuttlingen welcher ab 2007 gebaut wurde.“ Damit die Arbeiten in Tübingen den in der Ausschreibung geforderten Qualitätsparametern entsprechen, wird das Unternehmen in Form von zwei Bauüberwachern präsent sein.

Die Ausschreibung der Flüssigbodenarbeiten am Europaplatz hat die Firma Brodbeck gewonnen. Dipl.-Ing. Benno Schlaich kam dabei als Kalkulator zum Einsatz. Als erste Maßnahmen musste er die Abbruch- und die Tiefbauarbeiten mit Zahlen und Preisen untersetzen. Besonders die unterirdische Infrastruktur auf der Baustelle Europaplatz hatte es in sich. Sämtliche Leitungssystem – Wasser, Abwasser, Telefon, Gas und Strom – müssen neu an neuer Stelle verbaut werden. Mit Flüssigboden hat die Gottlob Brodbeck GmbH & Co. KG schon seit etlichen Jahren gute Erfahrungen gemacht – „Besonders auf den Baustellen“, so stellt Benno Schlaich fest, „wo viele Leitungssystem neu verlegt werden mussten.“ Bislang hat man sich den fertigen Flüssigboden von einer Firma dazu anliefern lassen. Doch für Tübingen reicht das nicht aus, denn man will vor Ort auf der

Lageplan und Logistik auf der Baustelle am Europaplatz. Der Flüssigboden wird vor Ort hergestellt. Grafik: FiFB Leipzig



Baustelle den Flüssigboden aus dem Bodenaushub herstellen. Dazu wird eigens eine Flüssigboden-Kompaktanlage angemietet. „Diese wird“, so versichert der Kalkulator aus Metzingen, „von einem Fachmann bedient, der die Zertifizierung zum Gütesachverständigen nach RAL Gütezeichen 507 für Flüssigboden vorweisen kann.“

Die Fachplanung für dieses Flüssigbodenprojekt hat das Fachplanungsbüro für Flüssigbodenanwendungen LOGIC Logistic Engineering GmbH an der Seite der Breinlinger Ingenieure ausgeführt. Die Fachplanung beinhaltet neben zahlreichen anderen Leistungen auch das technologische, logistische und technische Konzept für die Arbeit mit Flüssigboden nach RAL Gütezeichen 507. Dabei wird auch das neuentwickelte Prinzip der „Schwimmenden Verlegung“ zum Einsatz kommen, das die energieintensive Wasserhaltung minimiert bis wegfällt und damit weitere CO₂-Emissionen verhindert. Grund dafür ist eine Kernaussage der geologischen Baustellenbedingungen. Diese beinhalten den Passus, dass „während der Bauphase für den Kanalbau massive Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich werden.“ Die Folge wären das Erfordernis der temporären Absenkung des Grundwasserspiegels, eine aufwändige Bauweise mit Spundwänden als Verbau und eine ständige Wasserhaushaltung im Graben, um diesen trocken zu halten – praktisch gesehen: ein enormer Aufwand mit den dazugehörigen Kosten. Doch dieses Beispiel zeigt einen weiteren interessanten Zusammenhang. Denn ein in Leipzig neu entwickeltes Verfahren und eine damit verbundene neue Technologie helfen, über den Weg einer energiesparenden Arbeitsweise, zusätzlich zu den Ersparnissen der vor Ort erfolgenden Herstellung von Flüssigboden, CO₂ einzusparen.



*Schwimmende Verlegung:
Einbau eines Abwasserrohres bei
erhöhtem Grundwasser mittels
RSS- Rohrverlegehilfe in Flüssig-
boden. Foto: FiFB Leipzig*

Dies ist typisch für das Flüssigbodenverfahren, nach dem der Entwicklung zugrunde liegenden F&E Projekten auch RSS Flüssigbodenverfahren genannt. Denn es ist nicht allein die Vermeidung eines Bodenaustausches durch den aus dem örtlichen Aushub hergestellten Flüssigboden, wodurch die Entstehung von CO₂ in bedeutenden Mengen verhindert wird. Nein, es sind vor allem die vielen neuen Technologien und ingenieurtechnischen Lösungen, die vom Entwickler des Verfahrens in den letzten Jahren ebenfalls neu entwickelt wurden und den interessierten Anwendern zur Verfügung gestellt werden, die sowohl die Anwendungsbreite als auch



*Die RSS- Rohrverlegehilfe
auf dem Mischplatz in Tübingen.
Dank dieser Erfindung
schwimmen die Rohre im frisch
eingebetteten Flüssigboden nicht
auf. Foto: FiFB Leipzig*

den Nutzen des Verfahrens ausmachen. Es ist daher die ingenieurtechnische Beherrschung der Möglichkeiten dieses Verfahrens durch die planenden und ausführenden Ingenieure, die den Nutzen für die Wirtschaftlichkeit, aber auch die Umwelt ausmachen. Ohne dieses Wissen wären die Vorteile nur minimal und sicher oft auch von nicht bekannten und so nicht beherrschbaren Risiken begleitet. Auch die Nutzung der Vermittlung dieses Wissens ist daher wichtig für die handelnden Ingenieure, um neben der Frage der Kosten auch die ambitionierten Ziele des Klimaschutzes erreichen zu können.

Dies zeigt, dass statt Panikmache und Indoktrination sinnvollerweise innovative, ingenieurtechnische Lösungen genutzt werden können, um die Klimaziele zu erreichen. Es muss nur gewollt, bewusst angeschoben

und von der Politik unterstützt und eingefordert werden. Die in Deutschland entwickelten Lösungen können weltweit helfen. Sie müssen nur bekannt gemacht werden, verfügbar sein und aktiv genutzt werden.

Dank des Flüssigbodenverfahrens und der hier gewählten Technologie der „Schwimmenden Verlegung“ schafft die Politik in Tübingen mit Hilfe der zuständigen kommunalen Verantwortlichen in Sachen CO₂ gleich auf drei Ebenen einen entsprechenden Klimanutzen:

1. Materialebene

Der Baustellenaushub wird bis auf Verdrängungsmassen zu 100 % wiederverwendet – das entspricht voll den Forderungen des neuen Kreislaufwirtschaftsgesetzes, das ab 1.1.2020 fordert, mindestens 70% der mineralischen Abfälle zwingend wiederzuverwenden. Und de jure wird auch unkontaminierter Bodenaushub beim Verlassen der Baustelle zu Abfall.

2. Technologieebene

Der Einsatz von Flüssigboden ist mit vielen neuen Technologien und Anwendungen (inzwischen über 170 verschiedene Anwendungen) verbunden, die in der Masse der Anwendungen deutlich weniger Energie verbrauchen und damit weniger CO₂ verursachen – im Gegensatz zur herkömmlichen Bauweise bei den besagten über 170 Anwendungen.

3. Betriebsebene

Die Nutzungs- und lebensdauererlängernden Effekte der Flüssigbodenbauweise werden mit den so möglichen Einsparungen an künftigen Reparaturaufwendungen ebenfalls positiv die Energie- und damit die CO₂-Bilanz beeinflussen.

Unter dem für diese neuen Lösungen und deren schadensfreie Ausführung benötigten RSS-Flüssigboden, der den Anforderungen des RAL Gütezeichens 507 entspricht, versteht man das Ergebnis der Anwendung eines Verfahrens, mit dessen Hilfe jede Art von Bodenaushub in einen zeitweise fließfähigen Zustand versetzt werden kann, wobei die bodenmechanisch wichtigen Eigenschaften des Ausgangsbodens bei Bedarf weitgehend erhalten bleiben können. Das Verfahren wurde vor über 20 Jahren durch das derzeitige Forschungsinstitut für Flüssigboden (FiFB) aus Leipzig entwickelt. Im Rahmen eines damaligen Forschungsprojektes, das sich mit Lösungen von Infrastrukturproblemen auf der Grundlage komplexer Leitungstrassen beschäftigte, die den gemeinsamen Bau von Regenwasser, Schmutzwasser und sonstigen Versorgungsleitungen betrafen, erhielt das Ergebnis dieser Verfahrensentwicklung die Bezeichnung RSS Flüssigbodenverfahren.

Energie- und damit CO₂-arme technische Lösungen – die Schwimmende Verlegung

Auch die sogenannte „Schwimmende Verlegung in RSS Flüssigboden“ ist eine Lösung für Bauprobleme im und unter Wasser mit deutlich reduziertem Energieaufwand, also reduziertem CO₂-Anfall – die nun in Tübingen zum Einsatz kommt. Bei der „Schwimmenden Verlegung in RSS Flüssigboden“ wird der Graben soweit ausgehoben, wie es die Vorgaben der Planung beschreiben – das Grundwasser aber in der Regel nicht abpumpt. Das zu verlegende Rohr wird dann in den Seilschlaufen sogenannter Rohrverlegehilfen aufgehängt und montiert. Um den Auftrieb nach dem Verlegen zu beherrschen, werden die Rohre mittels der hydraulischen Stempel der Rohrverlegehilfen gesichert, die gleichzeitig eine Messfunktion innehaben und die Messung des Rückverfestigungsprozesses im konkreten Rohrgraben für den jeweiligen Einbauzustand



Das RAL-Gütezeichen 507 für Flüssigboden. Grafik: RAL

gestatten. Der RSS Flüssigboden wird unter Einsatz verschiedener technologischer Möglichkeiten und technischer Hilfsmittel so eingebaut, dass er das anstehende Wasser verdrängt, das Rohr vollständig umhüllt und nach dem Ziehen des Verbaus, nach einer technologisch vorgegebenen Zeit, sich mit der Grabenwand fest und schwindungsfrei verbindet. Zur Steigerung der Effektivität können verschiedene Hilfsmittel verwendet werden, die meist durch die Fachplanung vorgegeben werden.

Die Vorteile sind enorm. Einerseits ist es der Wegfall der sonst notwendigen Wasserhaltung im Graben, andererseits sind es nicht erforderliche Spundwände, deren Kosten nicht mehr anfallen. Statt der Spundwände kann man jetzt mit geeignetem und durch die vorherige Fachplanung in Abhängigkeit von den Ergebnissen der Statik für den Lastfall Auftrieb im Flüssigboden ausgewähltem Parallelverbau arbeiten. So wird auch die Gefahr der Beeinflussung angrenzender Gebäude gegen Null verringert, da es z. B. zu keinen hydraulischen Grundbrüchen oder anderen Gebäude- bis Straßenschäden mehr kommen kann.

CO₂-Einsparung – eine Folge gezielter Planung mit dazu geeigneten Lösungen

Mit der für das Projekt in Tübingen geplanten Flüssigbodentechnologie wird die CO₂-Bilanz enorm verbessert. Dass sich das lohnen kann zeigen die Zahlen, die derzeit schon ausreichend genau abgeschätzt werden können. So hat das FiFB – Forschungsinstitut für Flüssigboden GmbH – in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro LOGIC eine Methode der CO₂-Bilanzierung von Baustellen entwickelt, die den Unterschied der anfallenden CO₂-Mengen im Vergleich der herkömmlichen Technologie mit dem Flüssigbodenverfahren zeigt. Je mehr der bekannten Anwendungen durch Flüssigbodenalternativen durch kompetente Planer substituiert werden können, umso höher wird der Nutzen und damit auch die CO₂-Ersparnis ausfallen. Wenn schon durchschnittliche Kanalbaustellen CO₂-Mengen in der Größenordnung von hunderten Tonnen einsparen helfen, so ist schnell verständlich, dass bei den vielen Baustellen in Deutschland schnell Dutzende von Millionen Tonnen CO₂ eingespart werden können, wenn die derzeitige Bauweise konsequent durch Lösungen auf der Basis des Flüssigbodenverfahrens ersetzt wird. Schätzungen gehen von einem Potential von 20 - 50 Mio. t CO₂ aus, deren Entstehung allein in Deutschland mit dieser Bauweise vermieden werden könnte.

Welch ein Potenzial kommt noch dazu, wenn auch die Lebensdauerverlängerungen durch die qualitativen Vorteile des



*Olaf Stolzenburg, der Erfinder des Flüssigbodenverfahrens, im November 2019 vor Ort auf der Baustelle in Tübingen.
Foto: FiFB Leipzig*



*Einbettung eines Kontrollschachtes in RSS-Flüssigboden auf der Baustelle am Europaplatz in Tübingen – links während des Verfüllvorgangs und rechts nach dem Ziehen des Verbaus.
Fotos: FiFB Leipzig*

Verfahrens in die CO₂-Bilanz einfließen! Die vom Ingenieurbüro LOGIC für eine zunehmende Anzahl von Fachplanungen eingesetzte Methode des FiFB zur CO₂-Bilanzierung von Baustellen macht es transparent.

Eine Beispielrechnung macht die CO₂-Einsparung mehr als deutlich: Auf einer Baustelle in Bayern wurde das Flüssigbodenverfahren eingesetzt und an Stelle von Kies der zu verfüllende Kanal mit Flüssigboden – gewonnen aus dem Kanalaushub – verfüllt. Man stellte beide Bauweisen gegenüber. Das sah das in Zahlen so aus:

Konventionelle Bauweise

	Massen	CO ₂ -Ausstoss
Transporte (LKW-Ladungen)	48.878 km	41.136 kg
Arbeitsmaschinen	700 Arbeitstage	216.318 kg
Material	14.850 m ³	577.750 kg
Gesamt		835.203 kg

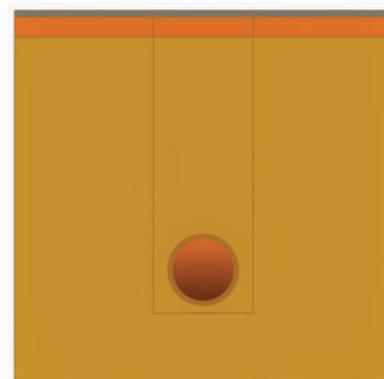
RSS-Flüssigbodenverfahren

	Massen	CO ₂ -Ausstoss
Transporte (LKW-Ladungen)	6.178 km	5.199 kg
Arbeitsmaschinen	420 Arbeitstage	130.711 kg
Material	3.262 m ³	214.608 kg
Gesamt		350.518 kg

Reduzierung der CO₂-Menge = **484.685 kg**

Unter dem Strich heißt das zunächst primär, dass auf dieser Kanalbaustelle durch den Einsatz von RSS® Flüssigboden rund 500 Tonnen CO₂ eingespart werden konnten! Betrachtet man die Einzelheiten, wird das Ergebnis noch interessanter:

- es mussten keine rund 9.000 Tonnen Kies ausgebeutet werden;
- es mussten keine rund 9.000 Tonnen Bauaushub deponiert werden;
- es mussten keine rund 38.000 LKW-Kilometer (samt Abgasemission) gefahren werden;
- und die Bauzeit (samt der Einwirkung der Emissionen) wurde um rund 1/3 verkürzt!



Im Vergleich gut erkennbar: links die klassische Verfüllung eines Baugrabens mit Sand, Kies und Schotter – wobei der Bauaushub auf der Deponie landet und dafür gezahlt werden muss – rechts die Verfüllung mit Flüssigboden, der direkt aus dem Bodenaushub hergestellt wird. Grafik: FiFB Leipzig

Hinzu kommt – da Flüssigboden selbstverdichtend ist – dass ein Verdichtung des Schüttgutes mit der Rüttelplatte nicht notwendig wird, was ebenfalls Kosten für Gerät und Bauzeit spart. Auch ist das mechanische Verdichten von Schüttgütern auf jeder Baustelle eine kritische Phase, die oft Folgeschäden in absehbarer Zeit zu Folge hat. Von der Belästigung der Anwohner und möglichen Schäden an umliegenden Gebäuden



*So schaut eine 100% Erfüllung der Forderungen nach dem Kreislaufwirtschaftsgesetz aus: Der Bauaushub wird auf dem Mischplatz in Tübingen in einer Kompaktanlage zu RSS-Flüssigboden, mit Hilfe dessen dann sofort das ausgebagerte Grabensystem verfüllt wird.
Foto: FiFB Leipzig*

einmal ganz abgesehen. In Tübingen wird also nicht „gerüttelt“ – die Baustelle bleibt leiser als üblich und löst kein regionales „Erdbeben“ aus.

Ein zweiter positiver Nebeneffekt ist, dass sich die Arbeitssicherheit im Graben erhöht. Wird mechanisch mit einer Rüttelplatte verdichtet, entstehen – maschinell bedingt – Abgase in Form von hochgiftigem CO₂. Da dieses um 50% schwerer als die Luft ist, kann es sich am Grabengrund sammeln und beim Einatmen die Sauerstoffaufnahme gefährlich reduzieren. Auch in diesem Fall wird der CO₂-Anfall durch die Flüssigbodentechnologie auf Null reduziert.

Am 14. November 2019 begannen am Europaplatz die Arbeiten mit dem Flüssigboden. Wie vorgesehen, wurde eine Anlage zur Herstellung von Flüssigboden unmittelbar auf der Baustelle errichtet. Hier wird also kein LKW voll Bauaushub die Baustelle mehr verlassen müssen – bis auf Verdrängungsmassen wird alles wiederverwendet. Und die CO₂-Bilanz der Baustelle am Europaplatz kann sich dann sicher ebenfalls sehen lassen. Eventuell wird sie der Bauherr ja dokumentieren und öffentlich machen. Solche Beispiele brauchen wir, wenn wir die Klimaziele ohne unnötige Panikmache und Effekthascherei mit dem Erreichen wollen, was wir in Deutschland noch immer in starkem Maße nutzen können, die Kraft und die Fähigkeit unserer Ingenieure, neuen Problemen, neue und meist auch exportträchtige Lösungen entgegen zu stellen.

Autoren:

Andreas Bechert - Pressesprecher FiFB Leipzig

Olaf Stolzenburg - Direktor des FiFB Leipzig

**Diese Pressemitteilung finden Sie auf der Homepage des
Forschungsinstitut für Flüssigboden Leipzig unter:
<https://www.fi-fb.de/referenzen/pressemeldungen/>**

Flüssigboden spart nicht nur Baukosten, sondern vor allem auch viel CO₂

Kommunalpartnerschaftsmodell – ein Instrument für Kommunen

Leipzig. Die politische Phalanx zur Unterstützung einer CO₂-Bepreisung wird stärker, zumal negative Folgen des Klimawandels zunehmend auch in Deutschland spürbar sind. Das neue Factsheet des Umweltbundesamtes vom 18. Juli 2019 beschreibt und bewertet die möglichen Ansätze zur CO₂-Bepreisung. Der Verkehrs- und Gebäudebereich steht dabei im Mittelpunkt, weil dort der Handlungsbedarf besonders groß ist. Das Umweltbundesamt schreibt in dem neuen Dokument: „Der kurzfristig erforderliche Schub für den Klimaschutz kann aus Sicht des Umweltbundesamtes am besten durch Einführung einer CO₂-Komponente in der Energiesteuer erreicht werden. Dabei sollte für die Bereiche Straßenverkehr und Gebäude ein moderater, aber deutlich spürbarer Eingangssteuersatz (mittlerer zweistelliger Euro-Betrag) je Tonne CO₂ gewählt werden. Weitaus wichtiger als die Höhe des Eingangssteuersatzes ist, dass in den Folgejahren eine Dynamisierung erfolgt und die CO₂-Komponente schrittweise angehoben wird, so dass im Jahr 2030 sowohl eine hinreichende Lenkungswirkung zur Erreichung der deutschen Klimaziele als auch eine Internationalisierung der Klimakosten erreicht wird, die bei derzeit 180,- €/t CO₂ liegen sollen. Im Mittelpunkt steht dabei das Ziel, dass die CO₂-Besteuerung im Verbund mit anderen Instrumenten die sektoralen Klimaschutzziele im Verkehr und Gebäudebereich effizient erreicht.“

Was sich im Beamtendeutsch ziemlich verworren liest, hat enorme finanzielle Folgen für die betroffenen Bereiche. Diese Aussage gilt auch für den Fall, dass am Ende statt der CO₂-Bepreisung der Weg des Handels von Emissionszertifikaten gegangen wird. Denn Kosten für alle Verursacher sind mit beiden Wegen verbunden. Auch die Kommunen gehören dazu, denn als Damoklesschwert schwebt über den Bauämtern die aktuelle Forderung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG):

Das KrWG schreibt vor, dass ab 1. Januar 2020 mindestens 70 % der mineralischen Abfälle wiederverwendet werden. Scheinbar unbetroffen ist davon der natürliche Bodenaushub. Doch beim Verlassen der Baustellengrenze wird er de jure zum Abfall und ist von der Regelung betroffen. Als Auftraggeber wird bei kommunalen Bauvorhaben die Kommune zur Kasse gebeten. Die Nichteinhaltung der Forderung kann und wird teuer werden. Landet z. B. der Bauaushub im Zuge der Verlegung einer neuen Trink- und/oder Abwasserleitung auf der Deponie, kostet das dann richtig Geld – das Geld der Steuerzahler! Doch mit solch einer Vorgehensweise (Transporte, Deponierung, Bodenaustausch) entsteht auch unnötig viel CO₂, das als Folge der aktuellen Entwicklung erneut in Form von Kosten auf die Verursacher zurückfallen wird.

Falsche Entscheidungen von öffentlichen Bauherren treffen dann gleich 2 x die Bürger mit dem Griff in die Kasse.



Forschungsinstitut für Flüssigboden GmbH

Wurzner Straße 139
04318 Leipzig
Tel: 0341-24469 11
Fax: 03423-73424 74
info@fi-fb.de
www.fi-fb.de

Ansprechpartner f.d. Presse:

Ing. Andreas Bechert
Pressesprecher des FiFB Leipzig
Tel: 0151-24 13 55 02
andreas.bechert@googlemail.com



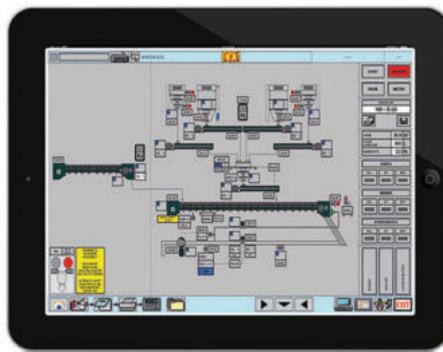
Einbau eines Abwasserrohres bei erhöhtem Grundwasser mittels RSS- Rohrverlegehilfe in Flüssigboden. Foto: FiFB Leipzig

Diskutiert werden derzeit beispielsweise Lösungen, die dem CO₂-Sünder die Kosten auferlegen, wenn er über dem angestrebten Zielwert CO₂ emittiert und den unter dem Zielwert Liegenden belohnt. Damit führen Baustellen, die auf Grund unnötigen Materialaustausches, unnötiger Transportvorgänge, unnötiger Deponierungen und unnötiger aber energieintensiver Technologien unnötige CO₂-Emissionen verursachen, automatisch zu zusätzlichen Kosten. Doch man kann die Dinge auch positiver formulieren. Denn der Bauherr, Ingenieur oder Planer, der die mit dem RSS® Flüssigbodenverfahren seit 1998 entwickelten Lösungen und Anwendungen kennt und gezielt einsetzt, hat die Chance, große Mengen an CO₂ über energieärmere Prozesse einzusparen und so nicht nur dem Geldbeutel des Bauherrn, sondern auch der Umwelt etwas Gutes zu tun. Wenn man dann noch bedenkt, dass in RSS-Flüssigboden gebettete Leitungen und Bauwerke, infolge der fehlenden Nachteile von nun überflüssigen Verdichtungsvorgängen, auch noch eine bessere Bauqualität darstellen, die ausfallfreie Nutzungsdauer also deutlich zunimmt, kommt eine weitere, CO₂ und Abschreibungen reduzierende Komponente hinzu. Denn alle entfallenden Erhaltungsaufwendungen stellen nicht nur eingesparte Kosten, sondern auch eingesparten CO₂-Ausstoß dar. Das Verfahrenswissen lohnt also und wird auf dem Weg seiner Anwendung zu einem Werkzeug des aktiven und vor allem intelligenten Umweltschutzes. Umweltschutz ist auch mittels intelligent eingesetzten Engineerings möglich, hier in Form des RSS-Flüssigbodenverfahrens.

Jede Baufirma, aber auch jede Kommune hat die Möglichkeit, die Vorteile dieser Möglichkeit der Vermeidung energie- und CO₂-intensiver Prozesse auf verhältnismäßig einfachen Wegen zu nutzen. Das

FiFB als Entwickler des Flüssigbodenverfahrens, hat dazu, in Zusammenarbeit mit dem Fachplanungsbüro für Flüssigbodenanwendungen Logistic Engineering GmbH Leipzig ein interessantes Forschungsprojekt realisieren können, das einen solchen Weg aufzeigte und erprobte und heute Kommunalpartnerschaftsmodell genannt wird und die Möglichkeiten des RSS-Flüssigbodenverfahrens und damit der Einsatz von Flüssigboden, der den Anforderungen des RAL Gütezeichen 507 entspricht, nutzt.

Ein praktikabler Weg zur Vermeidung dieses Dilemmas ist also die Nutzung des RSS-Flüssigbodenverfahrens – und so die Wiederverwendung des ausgebaggerten Bodens auf der jeweiligen Baustelle im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes für viele bauliche Aufgaben. Dies erfolgt gleichzeitig mit dem Ergebnis einer relevanten Reduzierung der bei den Arbeiten entstehenden CO₂-Mengen. Diese Reduzierungen der einsparbaren CO₂-Mengen kann dadurch signifikant gesteigert werden, dass man immer mehr der mit dem RSS-Flüssigbodenverfahren verbundenen und entwickelten Möglichkeiten nutzt, um energieintensive Bauverfahren durch deutlich energieärmere Alternativen zu ersetzen. Wenn diese dann auch noch qualitativ und wirtschaftlich vorteilhafter als die herkömmlichen Bauweisen sind, ist man auf dem richtigen Wege zum Vorteil der Anwohner und Steuerzahler. Daher sind die über das RSS Flüssigbodenverfahren verfügbar gemachten neuen Lösungen nicht nur ein Weg, um Kosten zu sparen und die umweltrechtlichen Forderungen



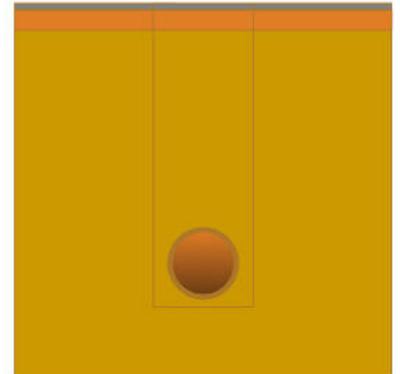
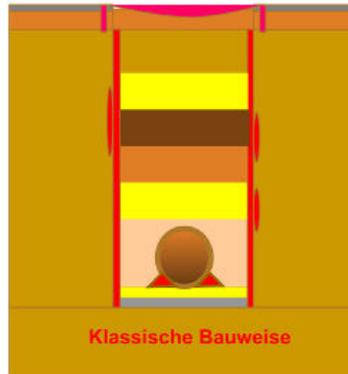
RSS-Flüssigboden wird in zentralen – wie hier in Dresden – oder in kompakten transportablen Anlagen hergestellt.

Herzstück der Anlage ist die, in Zusammenarbeit mit Fachplanern und Geologen entwickelte Steuerung V5.1 – als Bestandteil der Gütesicherung nach RAL GZ 507 und als intelligente Schnittstelle zur Fernwartung.
Fotos: FiFB Leipzig

gen des Gesetzgebers in Sachen Kreislaufwirtschaft und CO₂-Minimierung zu erfüllen, sondern auch eine Möglichkeit, um anwohnerfreundlicher und schneller zu bauen, als es mit den herkömmlichen Lösungen bisher möglich war.

Unter dem dafür benötigten RSS Flüssigboden, der den Anforderungen des RAL Gütezeichens 507 entspricht, versteht man das Ergebnis der Anwendung eines Verfahrens, mit dessen Hilfe jede Art von Bodenaushub in einen zeitweise fließfähigen Zustand versetzt werden kann, wobei die bodenmechanisch wichtigen Eigenschaften des Ausgangsbodens weitgehend erhalten bleiben können. Das ist die Grundlage der Vermeidung von Straßenschäden als Folge der bisher üblichen „Fremdkörper“ unter den Straßen. Die Aufberei-

tung des Bodenaushubes zu RSS Flüssigboden nach RAL Gütezeichen 507 kann dabei in zentralen oder mit kompakten Anlagen unterschiedlicher Größe und mit kompletter Überwachung und Aufzeichnung des gesamten Herstellprozesses direkt auf der Baustelle erfolgen. Da die Herstellung kein reiner Mischprozess ist, steht spezielle Technik hierfür zur Verfügung, die den Herstellprozess auch bei wechselnden Böden sicher beherrschbar macht. Das Ziel ist dabei in den meisten Fällen, dass der Flüssigboden nach seiner Rückverfestigung wieder Eigenschaften erreicht, die denen des Umgebungsbodens auf der Baustelle weitestgehend entsprechen. Die mit Flüssigboden verfüllten Bereiche reagieren somit in der gleichen Art und Weise wie der umliegende gewachsene Boden u. a. auf Feuchtigkeits-, Last- sowie Temperaturänderungen. Im Bedarfsfall können Eigenschaften wie Volumenkonstanz, Belastbarkeit, das Schrumpfungs- und Quellverhalten, die Schwingungsdämpfung, die Dichte, die Wasserdurchlässigkeit, Wärmeleitfähigkeit, Wärmeübergangswiderstände, Reibkräfte, Kohäsion usw. gezielt verändert werden.



Im Vergleich gut erkennbar: links die klassische Verfüllung eines Baugrabens mit Sand, Kies und Schotter – wobei der Bauaushub auf der Deponie landet und dafür gezahlt werden muss – rechts die Verfüllung mit Flüssigboden, der direkt aus dem Bodenaushub hergestellt wird. Grafik: FiFB Leipzig

RSS Flüssigboden ist ein Verfüllmaterial, das auf der Grundlage eines Verfahrens hergestellt wird, das vor über 20 Jahren durch das derzeitige Forschungsinstitut für Flüssigboden (FiFB) aus Leipzig entwickelt wurde. Im Rahmen eines damaligen Forschungsprojektes, das sich mit Lösungen von Infrastrukturproblemen auf der Grundlage komplexer Leitungstrassen beschäftigte, die den gemeinsamen Bau von Regenwasser, Schmutzwasser und sonstigen Versorgungsleitungen betrafen, erhielt das Ergebnis dieser Verfahrensentwicklung die Bezeichnung RSS Flüssigbodenverfahren. Mittlerweile gibt es über 170 verschiedenen Möglichkeiten von alternativen Anwendungen des RSS Flüssigbodenverfahrens.

Hergestellt kann RSS Flüssigboden in stationären oder mobilen Kompaktanlagen werden – möglichst vor Ort oder in unmittelbarer Nähe einer Baustelle. Die Anschaffung solch einer modernen Anlage ist auch aus Sicht einer Kommune ein lohnenswertes Ziel. Olaf Stolzenburg – Institutsdirektor und Fachplaner für Flüssigbodenanwendungen – sieht in diesem Zusammenhang ein sogenanntes Kommunalpartnerschaftsmodell als eine vorteilhafte Lösung, das die Zusammenarbeit der verschiedenen Bedarfsträger gezielt unterstützt und für eine Kommune die Wirtschaftlichkeit des Baus und Erhalts städtischer Infrastruktursysteme verbessern hilft.

Im Rahmen eines F&E-Projektes hat das FiFB ein Modell für solch eine Kommunalpartnerschaft entwickelt und erprobt. Voraussetzung dabei ist, dass die Stadt eine eigene Flüssigbodenanlage, in der Regel zusammen mit

kompetenten Partnern aus der örtlichen Bauwirtschaft errichtet und betreibt. Vor einer solchen Investition kann sinnvollerweise ein ausreichend großes und wirtschaftlich interessantes Projekt mit den neuen Lösungen, die das RSS Flüssigbodenverfahren bietet, geplant und ausgeschrieben werden. So sammelt man erste Erfahrungen mit dem neuen Verfahren und mit der erforderlichen Technik, vor allem aber mit der ebenfalls sehr wichtigen Gütesicherung. Da der Begriff „Flüssigboden“ derzeit immer bunter für alle möglichen zeitweise fließfähigen Verfüllmaterialien eingesetzt wird, sind die Gütesicherung und der Einsatz der richtigen Technik und Hilfsmittel äußerst wichtig. Bauschäden säumen den Weg falsch ausgewählter Materialien, deren Anbieter auch von Flüssigboden sprachen.

Als nächster Schritt – unmittelbar nach Baubeginn – kann die Kommune alle bedeutenden öffentlichen und privaten Auftraggeber der Stadt einladen und stellt die Möglichkeiten des Flüssigbodenverfahrens sowie seine umweltrechtlichen und technischen Vorteile vor. Das



erklärte Ziel einer solchen Veranstaltung ist es, dem Markt zu zeigen, dass alle Bauherren das Kommunalpartnerschaftsmodell mit großen eigenen Vorteilen nutzen und unterstützen können, um die Forderungen des Gesetzgebers zu erfüllen und dabei auch der Umwelt Gutes zu tun. Parallel dazu können dann Planer, Baugrundgutachter und Baufirmen in einer geeigneten Info-Veranstaltung ebenfalls über die Vorteile dieser Bauweise mit RSS Flüssigboden informiert und ihnen gleichzeitig Hilfe bei der Nutzung dieser neuen technischen Möglichkeiten angeboten werden. Eine gezielte Öffentlichkeitsarbeit ist in diesem Prozess wichtig, a) um die Bürger zu informieren und b) um das öffentliche Interesse für eine solche Innovation und deren verstärkte Nutzung zu wecken.

Das erklärte Ziel dieses Kommunalpartnerschaftsmodells ist, dass alle großen Bauherren der Stadt bzw. der Kommune gemeinsam das RSS Flüssigbodenverfahren nutzen und mit ihnen die Baufirmen der Region. Eine zentrale Anlage zur Herstellung von RSS Flüssigboden minimiert die Kosten, denn sie kann besser ausgelastet werden, ist bei ausreichend großen Baustellen auch mobil einsetzbar und kann zu jedem Zeitpunkt kleine bis große Mengen an Flüssigboden wirtschaftlich anbieten und vertraglich absichern. Dies macht Preise stabil und Kosten kalkulierbarer. Der gezielte Einsatz von RSS Flüssigboden wird helfen, z. B. die Qualität der Netze und Straßen und ihre Lebensdauer deutlich zu verbessern. Allein dieser Aspekt ist auf Grund seines Gewichtes von volkswirtschaftlicher Bedeutung. Er wird eine enorme Kostenersparnis zur Folge haben und kann zusätzlich helfen, durch neue Lösungen auch Bauzeit zu verkürzen und so die Verfügbarkeit der Infrastruktur zu verbessern. Der positive Nebeneffekt ist, dass das Kreislaufwirtschaftsgesetz zu 100 Prozent erfüllt und der CO₂-Ausstoß auf diesem Wege durch die richtigen technischen und technologischen Lösungen deutlich minimiert werden kann.

Inzwischen sind zahlreiche Erfahrungen mit den verschiedenen Modifikationen dieses Kommunalpartnerschaftsmodells gesammelt worden. Eine eigene Leistung des Fachplanungsbüros LOGIC Logistic Engineering GmbH Leipzig (LOGIC) hat sich daraus entwickelt, die den Kommunen zur Verfügung steht, wenn Interesse an der Nutzung dieser Erfahrungen und dieses Modells besteht. Derartige Leistungen reichen von einer

*Im Rahmen des Kommunalpartnerschaftsmodells kann die Kommune eine eigene Flüssigbodenanlage errichten und betreiben. Das minimiert die Kosten und setzt klimapolitisch ein deutliches Zeichen.
Foto: FiFB Leipzig*

Machbarkeitsstudie als Entscheidungshilfe bis hin zur Unterstützung bei der konkreten Investitionsplanung und greifen auf die Erfahrungen des schon erwähnten F&E Projektes, wie auch von inzwischen mit Städten zusammen realisierten Projekten dieser Art zurück. So wird ein weiteres Instrument verfügbar, um nicht nur Kosten intelligent zu reduzieren, sondern mit den wirtschaftlichen Vorteilen gleichzeitig signifikante Vorteile für die Umwelt in Form von CO₂-Reduzierungen zu schaffen. Dass sich das lohnen kann, zeigen die Zahlen, die derzeit schon gut abgeschätzt werden können. So hat das FiFB in Zusammenarbeit mit der LOGIC eine Methode der CO₂-Bilanzierung von Baustellen entwickelt, die den Unterschied der anfallenden CO₂-Mengen im Vergleich der herkömmlichen Technologie mit dem RSS Flüssigbodenverfahren zeigt. Wenn schon durchschnittliche Kanalbaustellen CO₂-Mengen in der Größenordnung von hunderten Tonnen einsparen helfen, so ist schnell verständlich, dass bei den vielen Baustellen des Landes schnell Dutzende von Millionen Tonnen CO₂ eingespart werden können, wenn die derzeitige Bauweise konsequent durch Lösungen auf der Basis des RSS Flüssigbodenverfahrens ersetzt wird. Schätzungen gehen von einem Potenzial von 20-50 Mio. t CO₂ aus, deren Entstehung allein in Deutschland mit dieser Bauweise vermieden werden könnte. Welch ein Potenzial kommt noch dazu, wenn auch die Lebensdauererlängerungen durch die qualitativen Vorteile des Verfahrens in die CO₂-Bilanz einfließen! Die vom Fachplanungsbüro LOGIC für eine zunehmende Anzahl von Fachplanungen eingesetzte Methode des FiFB zur CO₂-Bilanzierung von Baustellen macht es transparent.

Der Einsatz derartiger neuer Lösungen durch Bauherren, Planer und Baufirmen ist ein schönes Beispiel dafür, wie Ingenieurwissenschaften helfen können, die Umwelt auf neuen Wegen zu schützen und für die nachfolgenden Generationen lebenswert zu erhalten. Weitere Informationen zu diesem Thema finden Sie auf der Homepage des FiFB (www.fi-fb.de).

Autoren:

Andreas Bechert - Pressesprecher FiFB Leipzig

Olaf Stolzenburg - Direktor des FiFB Leipzig

Umweltschonendes Bauen in „Pfaffeneger West“

Bauunternehmen Burgert überzeugt mit dem Flüssigbodenverfahren

Offenburg/Kehl. Weit vorangeschritten ist die Erschließung des Baugebietes „Pfaffeneger West“ in Kehl-Bodersweier. Im Mai 2019 begannen die Bauarbeiten, die im Mai kommenden Jahres abgeschlossen sein werden. Einer der ersten Bauabschnitte ist der Bau der unterirdischen Infrastruktur – sprich der Einbau von Wasser- und Abwasser- sowie aller sonstigen Versorgungsleitungen. Ein besonderes Problem auf dem Areal ist der hohe Grundwasserspiegel. Zwei Spatenstiche reichen aus, um Wasser schöpfen zu können. Althergebrachte Bauweise ist in diesem Fall der Einsatz von wasserdichten Spundwänden. Diese halten das von der Seite nachlaufende Grundwasser zurück, nicht jedoch das von unten kommende, wenn es keine dichten Bodenschichten gibt, in die die Spundwände einbinden können. Sind die Wände in den Boden gerammt, muss daher das Wasser im Graben noch immer kontinuierlich bis etwa einen halben Meter unter die Grabensohle abgepumpt werden, um die Leitungen so „im trockenen“ verlegen und das Verfüllmaterial in der herkömmlichen Bauweise verdichten zu können. Das Risiko dieser Bauweise besteht im Absaugen der Feinkornbestandteile des Baugrundes, so dass spätere Setzungen die Folge sein können. Den Extremfall kennen wir aus Köln, wo ein ganzes Museum im Boden versank. Eine Alternative wäre die Herstellung einer wasserdichten Bodenplatte aus Beton, die allerdings zur Folge hat, dass dann die Spundwände größtenteils mit dem Schweißbrenner abgebrannt werden müssen und deren Rest im Boden verbleibt. Diese zwei Bauweisen sind vergleichsweise teuer und kosten auch noch viel mehr Arbeitszeit als Lösungen unter Einsatz von Möglichkeiten, die das RSS-Flüssigbodenverfahren bietet. Die Erschließungskosten steigen ohne die Flüssigbodenalternative adäquat und somit auch der spätere Grundstückspreis. So aber nicht in „Pfaffeneger West“.

Hier baut Bauunternehmer Lorenz Burgert aus Offenburg-Bohlsbach nicht nur mit modernster Technik, sondern auch mit wissenschaftlichem Know how. Die Lorenz Burgert GmbH setzte vor Ort die Technologien der „Schwimmenden Verlegung“ und der sogenannten „Holländischen Bauweise“ ein, beides ingenieurtechnische Lösungen, die vom Leipziger FiFB – dem Forschungsinstitut für Flüssigboden – entwickelt und zusammen mit dem Fachplanungsbüro für Flüssigbodenanwendungen LOGIC Logistic Engineering GmbH aus Leipzig, erprobt und praxistauglich sowie ingenieurtechnisch planbar gemacht wurden. Daher hatte die Firma Burgert auch die ingenieurtechnische Unterstützung des Projektplaners ZINK Ingenieure GmbH und des Fachplaners Ing. Büro LOGIC genutzt, um eine gut planbare und ingenieurtechnisch transparente Leistung erfolgreich ausführen zu können.



Bei der Erschließung des Baugebietes „Pfaffeneger West“ in Kehl-Bodersweier wird RSS-Flüssigboden eingesetzt. Foto: Lorenz Burgert GmbH



Forschungsinstitut für Flüssigboden GmbH
Wurzner Straße 139
04318 Leipzig
Tel: 0341-24469 11
Fax: 03423-73424 74
info@fi-fb.de
www.fi-fb.de

Ansprechpartner f.d. Presse:
Ing. Andreas Bechert
Pressesprecher des FiFB Leipzig
Tel: 0151-24 13 55 02
andreas.bechert@googmail.com

Das Flüssigbodenverfahren und alle für die Herstellung, den Einbau, die verschiedenen technologischen Lösungen und die Gütesicherung benötigten speziellen Hilfsmittel wurden im Verlauf von über 20 Jahren im sächsischen Leipzig durch das FiFB entwickelt und sind heute immer öfter auf Tiefbau-Baustellen anzutreffen. Inzwischen gibt es mehr als 170 verschiedene Anwendungsmöglichkeiten vom Kanalbau bis zum Gewässerschutz, vom Fernwärmeleitungsbau bis zum Spezialtiefbau, vom Hafen- und Küstenbau bis zur Immobilisierung kontaminierter Böden bei der Sanierung von Industriebrachen. Und immer neue Lösungen für herkömmlich aufwändiger zu lösende Bauaufgaben kommen jedes Jahr hinzu.

Um Flüssigboden herstellen und einbauen zu können, müssen sich Bauunternehmer viel neues Wissen aneignen. Dabei wird die Basis der Gütesicherung mit Hilfe einer Zertifizierung gemäß RAL Gütezeichen 507 gelegt. Doch damit fängt die Ausbildung von Fachleuten, egal ob Planer oder Ausführende, erst an. Das FiFB und das Fachplanungsbüro LOGIC bieten Bauunternehmen und interessierten Planern Ausbildungen an, die das nötige Wissen zur Anwendung der neu entwickelten, technischen und technologischen Lösungen vermitteln. Firma Burgert hat dieses Wissen für die zwei o. g. neuen Technologien über theoretische und praktische Ausbildungen erworben und wendet es jetzt in Pfaffeneger erfolgreich an. Die geeignete Technik gehört ebenfalls dazu. Mit „Bastellösungen“ oder der falschen Technik für Herstellung und Einbau ist die Nutzung dieser Lösungen entweder nicht oder nur mit einem wirtschaftlich nicht sinnvollen Aufwand und einem nicht vertretbaren Qualitäts- und Ausführungsrisiko verbunden.

Das Team von Lorenz Burgert beherrscht die Technik und die Technologie inzwischen hervorragend, wie der Verfahrensentwickler lobend bestätigte. Erst kürzlich hatte der Unternehmer zu einem Info-Tag auf die Baustelle in Kehl-Bodersweier eingeladen. Viele Bauherren, Planer, Ingenieurbüros und Baugrundgutachter folgten dem Ruf. Sogar andere Baufirmen waren dabei, denn Firma Burgert hat kein Problem mit fairen Wettbewerbern. Nach einer theoretischen Einleitung gab es dann eine praktische Vorführung. Dabei stand die „Schwimmende Verlegung“ im Mittelpunkt. Der ausgebaggerte Rohrgraben war voll Grundwasser. In das Grundwasser wurde ein geeignetes Rohr abgesenkt und der von der Firma Burgert hergestellte RSS-Flüssigboden im Kontraktorverfahren unter Wasser eingebaut, dabei das Wasser verdrängend. Die einzubauenden Rohre waren vorher im Graben in RSS-Rohrverlegehilfen aufgehängt worden, so dass der Flüssigboden die Rohre vollumfänglich und schwindungsfrei umhüllen und damit ein 180° Auflager ohne Zwickel- und Setzungsprobleme dauerhaft sicherstellen konnte. Da die RSS-Rohrverlegehilfen gleichzeitig als Messmittel fungieren, konnten die für die Technologie der „Schwimmenden Verlegung“ wichtigen und vom Fachplaner vorgegebenen technologischen Schritte vom Bauunternehmen Burgert exakt ausgeführt werden. So wurde qualitativ hochwertig und gleichzeitig schnell gebaut.



Mittels Rohrverlegehilfen werden die Rohre im Grundwasser des Grabens fixiert und dann in RSS-Flüssigboden eingebettet. Dank der „Schwimmenden Verlegung“ ist Bauen im Grundwasser überhaupt erst möglich geworden. Foto: Zink-Ingenieure (Offenburg)



Beim Einbau des RSS-Flüssigboden wird das Grundwasser verdrängt. So ist „Bauen unter Wasser“ erst möglich. Foto: Lorenz Burgert GmbH

Aber RSS-Flüssigboden hat viele weitere Vorteile, wenn man seine Anwendung gezielt plant. Erstens wird er aus dem Grabenaushub vor Ort hergestellt und zweitens ist er selbstverdichtend. Das erspart die ungeliebte Rüttelplatte mit möglichen, anschließenden Rissen im Haus und klirrendem Geschirr im Schrank. Hinzu kommt der nicht zu unterschätzende Vorteil, dass mittels des Flüssigbodenverfahrens das Kreislaufwirtschaftsgesetz zu 100 % erfüllt wird. Dieses schreibt Bauunternehmern vor, dass ab dem 01.01.2020 mineralische Abfälle zu mindestens 70 % wiederverwendet werden müssen! Aber auch viel schadhafter CO₂-Ausstoß wird gleich auf drei Ebenen gleichzeitig vermieden. Denn schon die nicht zu entsorgenden Aushubmassen (Transport, Deponie und Neugewinnung von Austauschmaterial) führen zu geringeren Energieverbräuchen und damit zu CO₂-Reduzierungen. Aber auch die vielen alternativen Technologien des RSS-Flüssigbodenverfahrens helfen, CO₂-Entstehungen zu mindern. Wenn beispielsweise kein Grundwasser abgepumpt werden muss, da man mit den neuen technologischen Lösungen im Grundwasser bauen kann, spart auch das Energie und damit CO₂. Die dritte Ebene aber, die sogenannte Betriebsebene ist eventuell sogar die interessanteste. Denn die Bauweise im RSS-Flüssigbodenverfahren führt zu einer deutlich längeren ausfallfreien Nutzungsdauer für die Netze, aber auch für die Straßen. Wenn beispielsweise nur noch Verschleißschichten auf Straßen nach 10-20 Jahren ausgetauscht werden müssen, weil verschlissen, dann spart das unser ganz privates Geld, das den Anliegern als Beitrag für derartige Kosten abverlangt wird. Da mit dem Einsatz der Möglichkeiten des RSS-Flüssigbodenverfahrens viele Ursachen für Schäden an Straßen, Rohren und Versorgungsleitungen ersatzlos entfallen und deutlich weniger Reparaturen oder keine mehr ausgeführt werden müssen, sind die wirtschaftlichen Effekte dieser Bauweise für uns alle spürbar und von volkswirtschaftlicher Bedeutung.

Um solche Aussagen auch prüfbar zu machen und z. B. zur Reduzierung der Kosten der gesetzlich beschlossenen CO₂-Bepreisung nutzen zu können, gibt es inzwischen auch die Möglichkeit, eine exakte CO₂-Bilanz für jede konkrete Baustelle über die o. g. Fachplanung erstellen zu lassen. All die hier geschilderten Möglichkeiten nutzt Firma Burgert konsequent und bietet damit ihren Bauherren Leistungen an, die über die Baukosten hinaus viele Vorteile bieten und natürlich auch zur Reduzierung von Bau- und Folgekosten führen. Andreas Bechert

Weitere Informationen zu diesem Thema finden Sie auf der Homepage des FiFB (www.fi-fb.de).

Ansprechpartner für die Presse:

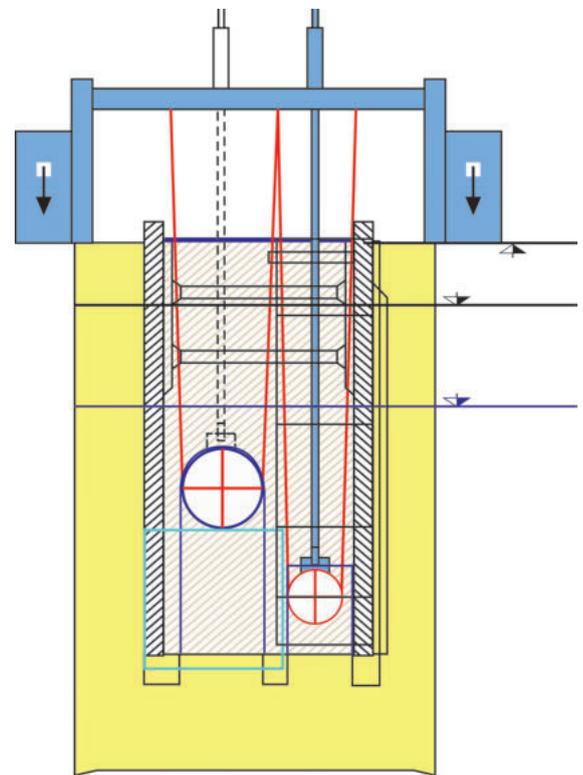
Ing. Andreas Bechert

Pressesprecher Forschungsinstitut für Flüssigboden Leipzig

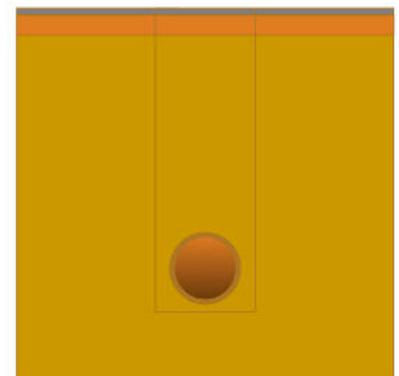
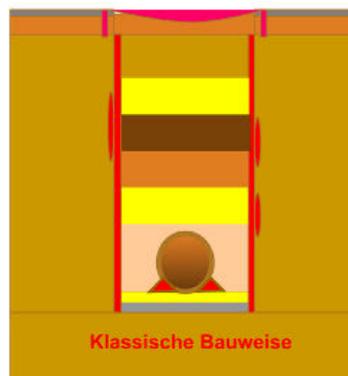
Tel: 034953 132300

Mobil: 0151 24135502

Mail: andreas.bechert@googlemail.com



Das Schema der „Schwimmenden Verlegung“ in RSS-Flüssigboden zeigt, wie die Rohrverlegehilfen das Rohr im Graben fixieren. Grafik: FiFB Leipzig



Im Vergleich gut erkennbar: links die klassische Verfüllung eines Baugrabens mit Sand, Kies und Schotter – wobei der Bauaushub auf der Deponie landet und dafür gezahlt werden muss – rechts die Verfüllung mit Flüssigboden, der direkt aus dem Bodenaushub hergestellt wird. Grafik: FiFB Leipzig



Das RAL-Gütezeichen 507 für Flüssigboden. Grafik: RAL



Ingenieurbüro LOGIC
Logistic Engineering GmbH
Wurzner Straße 139
04318 Leipzig
Tel: 0341-244 69-0
Fax: 0341-244 69-32
info@logic-engineering.de
www.logic-engineering.com

Flüssigboden-Baustelle: Europaplatz in Tübingen

Die durch das Forschungsinstitut für Flüssigboden Leipzig (FiFB) – oft zusammen mit Partnern aus Wissenschaft und Praxis – entwickelten über 170 verschiedene Anwendungsmöglichkeiten ermöglichen es, das RSS-Flüssigbodenverfahren so breit einzusetzen und dabei auch relevante wirtschaftliche Vorteile zu erzielen, dass die mit dieser technischen Lösung einsparbare Menge an CO₂ eine Größe von mehreren Dutzend Millionen Tonnen CO₂, allein in Deutschland erreichen kann, je nachdem wie konsequent diese neuen Lösungen genutzt werden.

In Tübingen wurde dieser Zusammenhang erkannt und von den verantwortlichen Planern, dem Ingenieurbüro Breinlinger aktiv genutzt. Bernd Schwär, Geschäftsführer der BREINLINGER INGENIEURE Tiefbau GmbH, band (auf Empfehlung des für das große Projekt in Tuttingen vom Regierungspräsidium Freiburg Verantwortlichen, Bernd Wagner) das auch international tätige Fachplanungsbüro für Flüssigbodenanwendungen, das Ingenieurbüro LOGIC aus Leipzig in die Planung ein. So beschäftigte sich das Ingenieurbüro Breinlinger selbst aktiv mit den planerischen Voraussetzungen für eine erfolgreiche Anwendung des RSS-Flüssigbodenverfahrens und nutzte dadurch erfolgreich gleich mehrere der vom FiFB entwickelten Möglichkeiten zur Anwendung des Verfahrens.

Beispielsweise wurden planerischerseits die Voraussetzungen geschaffen, um eine sehr energiesparende und damit nicht nur Kosten, sondern auch CO₂-reduzierende Technologie anzuwenden, die sogenannte „Schwimmende Verlegung“ von Abwasserrohren. So kann mit Hilfe dieser Technologie die energie- und damit auch kostenaufwendige sowie teils aus Setzungsgründen auch gefährliche Wasserhaltung vermieden werden. Die Gefahr einer Wasserhaltung liegt im ungewollten Abpumpen von feinen Bodenbestandteilen, die mit dem abgepumpten Wasserstrom mitgerissen werden und so die Standfestigkeit von Gebäuden verschlechtern. Das Beispiel des Einsturzes des Stadtgeschichtlichen Museums in Köln ist sicher noch in guter Erinnerung. Ohne Wasserhaltung kann mit der Technologie der Schwimmenden Verlegung erfolgreich und sicher gebaut werden. Auch in Baden-Württemberg ist das bereits gelebte Praxis. Firmen wie „Die Bau GmbH“ aus Wehr mit über 10 Jahren Erfahrung bei der Anwendung des RSS-Flüssigbodenverfahrens, die Firma Morof aus Hengstedt bei Calw oder die Firma Burgert aus Offenburg sind nur drei solcher Firmen, die bereits erfolgreich und bei teils sehr anspruchsvollen Anwendungen diese Technologie umgesetzt haben.

Das Ingenieurbüro Breinlinger hat die Voraussetzungen geschaffen, um auch in Tübingen die Vorteile dieser Lösungen, aber auch noch anderer Anwendungen, die das RSS-Flüssigbodenverfahren zur Verfügung stellt, aktiv nutzen zu können. Die Fa. Brodbeck hat diese Möglichkeit genutzt und äußerte die Absicht, diese neuen technologischen Lösungen nun ebenfalls für die eigenen Baustellen zu nutzen.

Ein erfolgreicher Schritt für den Klimaschutz, aber auch bei der Kostensenkung, solche Anwendungen in Zukunft ganz gezielt und immer breiter zur Reduzierung von Kosten und CO₂ einzusetzen, ist in Tübingen



Forschungsinstitut für
Flüssigboden GmbH
Wurzner Straße 139
04318 Leipzig
Tel: 0341-24469 11
Fax: 03423-73424 74
info@fi-fb.de
www.fi-fb.de

Ansprechpartner f.d. Presse:
Ing. Andreas Bechert
Pressesprecher des FiFB Leipzig
Tel: 0151-24 13 55 02
andreas.bechert@googmail.com

gemacht worden. Eine Abstimmung zwischen allen potenziellen Nutzern der vielen möglichen Flüssigbodenanwendungen, wie z. B. den Stadtwerken, der Stadtentwässerung, dem Straßenbaulastträger, dem Tiefbauamt bis hin zu großen Bauherren aus der regionalen Industrie, können diesen Nutzen noch steigern. Erfolgreiche Ansätze in dieser Richtung gibt es in Deutschland bereits. Ingolstadt in Bayern ist solch ein positives Beispiel, das es dem Engagement einzelner Personen verdankt, dass interessante Erfahrungen gesammelt werden konnten, wie eine Kommune den maximalen Nutzen aus dem aktiven Einsatz der vielen neuen Lösungen zeigt, die das RSS-Flüssigbodenverfahren inzwischen bietet.

Bei der aktuellen Tübinger Baustelle werden im Minimum mehrere hundert Tonnen CO₂ eingespart, allein durch die Nutzung sachlicher ingenieurtechnischer Vorleistungen und deren konsequente Umsetzung im Rahmen der Bauabwicklung. Die konkrete Zahl des eingesparten CO₂ wird eine CO₂-Bilanz liefern, die derzeit erarbeitet und während des Projektverlaufs aktualisiert wird. Das FiFB hat zu diesem Zweck ein transparentes Hilfsmittel für die Berechnung und Nachweisführung geschaffen.

Autoren:

Andreas Bechert – Pressesprecher FiFB Leipzig

Olaf Stolzenburg – Direktor des FiFB Leipzig

Pressekontakt:

Andreas Bechert

Pressesprecher Forschungsinstitut für Flüssigboden Leipzig

www.fi-fb.de

Tel: 034953/132300

Mobil: 0151/24135502

Mail: andreas.bechert@googlemail.com



Das RAL-Gütezeichen 507 für Flüssigboden. Grafik: RAL

**Diese Pressemitteilung finden Sie auf der Homepage des
Forschungsinstitut für Flüssigboden Leipzig unter:
<https://www.fi-fb.de/referenzen/pressemeldungen/>**



Ingenieurbüro LOGIC
Logistic Engineering GmbH
Wurzner Straße 139
04318 Leipzig
Tel: 0341-244 69-0
Fax: 0341-244 69-32
info@logic-engineering.de

Stützwandbau aus Flüssigboden (RSS-Wand) als Verbau von Baugruben – Fiktion oder Wirklichkeit?

Leipzig. Stützbauwerke sind laut Definition Konstruktionen zur Abfangung eines Geländesprungs. Der Stützwandbau ist ein kostenaufwendiges Verfahren und muss speziellen statischen Anforderungen zwingend genügen. Beim Stützwandbau gibt es folgende Unterscheidungen zu beachten:

- **Stützmauer:** eine Konstruktionsform, bei der die äußeren Lasten ohne eine Verankerung durch eine Flachgründung in den Baugrund übertragen werden.
- **Schwergewichtsmauer:** massive Mauer aus (meist unbewehrtem) Beton, Mauerwerk, Steinlagen aber auch aus Gabionen, Sandsäcken etc.; Sie trägt das in der Sohlfuge wirkende Moment aus horizontalen Erddrucklasten über das rückdrehende Moment aus vertikalen Eigengewichtslasten ab.
- **Winkelstützmauer:** bewehrte Stahlbetonkonstruktion, auf Biegung beansprucht, in einen verbreiterten Fuß eingespannt; Häufig wird der Fuß eingeschüttet, damit die Erdauflast zu rückdrehenden Momenten (s. o.) beiträgt.
- **Stützwand:** eine auf Biegung beanspruchte Platte, die entweder im Boden eingespannt frei trägt oder mindestens ein oberes Lager in Form einer Steife oder eines Ankers hat.
- **Verbau:** technisches Konstruktionselement, das eine temporäre Stützfunktion im eingebauten Zustand übernimmt und nach Bedarf wieder entfernt werden kann.
- **Futtermauer:** Sie ist keine Stützkonstruktion und hat keine statische Wirkung. Sie beschränkt ihre Funktion auf einen Erosions- und Verwitterungsschutz und wird einem standsicheren Geländesprung vorgesetzt.

Stützmauern – wie eine Stützwand – können in massiver oder in aufgelöster Bauart für temporäre oder dauerhafte Zwecke errichtet werden. Sie können am Ort hergestellt oder in Teilen vorgefertigt werden. Der Geländesprung kann senkrecht oder schräg abgestützt werden. Stützmauern in einem weiteren Sinn sind auch jene Konstruktionen, bei denen der anstehende bzw. hinterfüllte Boden mitträgt. Das sind die bereits benannten Winkelstützmauern, Raumgitter-Stützsysteme, rückverhängte Elementwände bis hin zu Fangedämmen. Dem Auftraggeber, Planer und Architekten stehen also viele Lösungen zur Verfügung, um ein technisches, wirtschaftliches und umweltfreundliches Optimum zu finden.

Bei den nachfolgenden Beispielen geht es um die technologischen und technischen Möglichkeiten, wie man mittels der speziell einstellbaren Eigenschaften von RSS Flüssigboden® (nachfolgend Flüssigboden genannt) Stützwände errichten kann und um die planerischen und qualitätssichernden Vorleistungen als Grundlage ihrer sicheren Funktion.

Die Flüssigbodenbauweise und die damit verbundenen vielen neuen technologischen Möglichkeiten ist ein alternatives Verfahren zum schonenden Umgang mit Ressourcen und damit auch zum Schutz der Umwelt. Mit der Entwicklung dieses Verfahrens durch das Forschungsinstitut für Flüssigboden (FiFB) aus Leipzig war und ist auch die Entwicklung neuer Anwendungsmöglichkeiten und neuer technischer und technologischer



www.logic-engineering.com
Forschungsinstitut für Flüssigboden GmbH
Wurzner Straße 139
04318 Leipzig
Tel: 0341-24469 11
Fax: 03423-73424 74
info@fi-fb.de
www.fi-fb.de

Ansprechpartner f.d. Presse:
Ing. Andreas Bechert
Pressesprecher des FiFB Leipzig
Tel: 0151-24 13 55 02
andreas.bechert@googlemail.com



RSS Flüssigboden® entspricht den Anforderungen des RAL-Gütezeichen 507

Lösungen verbunden. Derzeit werden auf dem Markt von verschiedensten Anbietern zeitweise fließfähige Verfüllmaterialien angeboten, die aber wenig mit den Zielsetzungen des vom FiFB entwickelten Verfahrens zu tun haben, obwohl die meisten dieser Anbieter ebenfalls den von den Protagonisten des FiFB geprägten Begriff Flüssigboden nutzen, ohne seine Inhalte in der vom FiFB vorgegebenen Art zu erfüllen. Der eigentliche Begriff Flüssigboden wird demzufolge auch sehr unterschiedlich durch die Anbieter solcher Materialien besetzt und hat meist wenig bis nichts mit der Fähigkeit zu tun, Fremdkörper unter der Straße und damit spätere Bauschäden sicher vermeiden zu können. Exakt das aber ist das Ziel der Entwicklungen des FiFB gewesen und genau das kann das vom FiFB entwickelte Flüssigbodenverfahren uneingeschränkt und als einziges der aktuell am Markt befindlichen Verfahren, die den Begriff Flüssigboden verwenden.

Zur klaren Abgrenzung von Flüssigboden als Material im Sinne der Erhaltung bodentypischer Eigenschaften von hydraulisch abbindenden Produkten und den daraus resultierenden Qualitätsanforderungen wird daher nachfolgend ausschließlich von Flüssigboden gesprochen, der den Anforderungen des RAL Gütezeichens 507 und den Vorgaben des FiFB entspricht. Dieses Gütezeichen stellt klare Anforderungen an die Eigenschaften von Flüssigboden als Verfüllmaterial, an den Prozess der Findung und Festlegung dieser Eigenschaften und ihrer für die garantierte Schadensfreiheit zulässigen Toleranzen, an die Rezepturermittlung und die Nachweisführung der Eignung vor dem Einsatz jeder Rezeptur, an den gesamten Herstellungsprozess sowie an die Anwendung von Flüssigboden. Die Eignung wird in zwei Beurteilungsgruppen gegliedert: die der Hersteller (H) und die der Anwender (A), die in sich wiederum nach unterschiedlichen Qualifikationen gestaffelt sind. Daher dürfen nur Betriebe, die nach dem RAL Gütezeichen 507 zertifiziert sind oder sich einer projektbezogenen, gütezeichenersetzenden Fremdüberwachung durch kompetente Fachplaner, die die geplanten Lösungen beherrschen und dafür über den Verfahrensentwickler, das FiFB ausgebildet wurden, den von ihnen hergestellten und verarbeiteten Flüssigboden als Flüssigboden mit dem RAL Gütezeichen kennzeichnen. Die strengen Vorgaben der Güte- und Prüfbestimmungen des RAL GZ 507 müssen dabei korrekt eingehalten werden.

Basierend auf diesen Anforderungen und Vorgaben kann bei einer korrekten Umsetzung von der Planung bis zur Anwendung des Flüssigbodens eine sichere Bauschadensfreiheit bei Einsatz von Flüssigboden und einer damit verbundenen Technologie durch die jeweiligen, für das Gesamtprojekt verantwortlichen Planer und die an ihrer Seite arbeitenden Fachplaner für Flüssigbodenanwendungen garantiert werden. Dabei arbeiten derartige Fachplaner für Flüssigbodenanwendungen in der gleichen, haftungsrelevanten Art anderer Fachplaner wie beispielsweise Statiker, Baugrundgutachter oder Tragwerksplaner an der Seite der Projektplaner, um ihr spezialisiertes Wissen für eine sichere und schadensfreie Anwendung des Flüssigbodenverfahrens in die Planung und bei der Gütesicherung auch in die Bauausführung einzubringen. Da Flüssigboden für hohe technische Anforderungen zur Gewährleistung seiner schadensfreien Funktionssicherheit und einer gesicherten Haftung mindestens den Anforderungen des RAL Gütezeichens 507 entsprechen sollte, wird nachfolgend auf die jahrelangen Erfahrungen des Verfahrensentwicklers und mit ihm verbundener Fachplaner für Flüssigbodenanwendungen zurückgegriffen, die auch die meisten der, mit dem Flüssigbodenverfahren inzwischen möglich gewordenen neuen technologischen Lösungen, gemeinsam entwickelt haben.

Der Flüssigboden besteht bei fast allen Bauvorhaben zum überwiegenden Teil aus dem vor Ort entnommenen Aushub und Zugabewasser in Abhängigkeit der jeweilig erforderlichen Flüssigbodenrezeptur, was

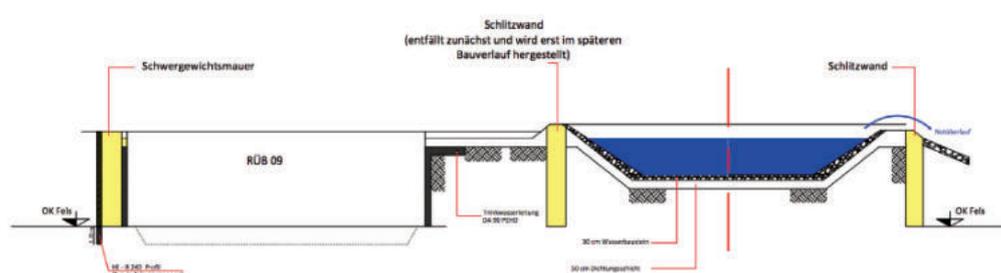
zusammen ca. 93 bis 98 % der Gesamtmasse entspricht. Den restlichen Anteil bilden das Flüssigbodencompound (FBC) und der Beschleuniger (B-CE) und in wenigen Fällen noch konditionierende Zugabestoffe, die in allen Fällen aber zu einem umweltunbedenklichen Flüssigboden führen müssen. Dies ist durch den jeweiligen Rezepturentwickler zu gewährleisten, da er nach RAL GZ 507 für die korrekte Umsetzung der vorgegebenen Zieleigenschaften und der Anforderungen des RAL GZ 507, das die Umweltunbedenklichkeit fordert, haftet.

Das Flüssigbodencompound ist beim Flüssigboden ein speziell aufbereitetes Tonmineral, welches das Zugabewasser aufnimmt und kristallin, d. h. für den Einsatzfall dauerhaft stabil, anlagert. Es ist umweltunbedenklich und hilft, den Wirkungspfad Boden-Grundwasser zu schützen. Der Beschleuniger bestimmt den Zeitpunkt des Übergangs vom fließfähigen zum plastischen Verhalten des Flüssigbodens und ist in der Regel ein schnell hydratierender Zement. Er dient primär der Steuerung der Rückverfestigungsgeschwindigkeit des Flüssigbodens, um eine zu der jeweiligen Technologie und Bauaufgabe passende Arbeitsgeschwindigkeit zu gewährleisten. Für den Umgebungsboden ergeben sich keine qualitativen Nachteile (z. B. hydrogeologischer Art – Sperrwirkung oder Drainage usw.) aus dem alternativen Verfüllen mit Flüssigboden, sofern die Anforderungen des RAL GZ 507 an die Rezeptur und ihre Entwicklung samt Nachweisführung schon in der Planungsphase konsequent eingehalten wurden. Vorteile ergeben sich aus der weitgehenden Wiederverwendung des Bodenaushubs und der Erhaltung bodentypischer Eigenschaften des Flüssigbodens, die z. B. die Entstehung von Fremdkörpern unter der Straße verhindern helfen oder andere, erforderliche Eigenschaften für die Bauausführung und Anwendung sicherstellen. Das bei herkömmlicher Verfüllung mit verdichtungsfähigem Material erforderliche Austauschmaterial entfällt. Aber auch qualitative Anforderungen an die zu erstellenden Bauwerke lassen sich mit einem so variabel nutzbaren Verfahren, wie es das Flüssigbodenverfahren ist, leichter und oft auch besser erfüllen, als es mit bekannten Lösungen möglich ist.

Besonders aus wirtschaftlicher, technischer, qualitativer und umweltverträglicher Sicht bietet das Flüssigbodenverfahren daher auch beim Stützwandbau ein echte Alternative – dies soll in den drei nachfolgenden Beispielen aufgezeigt werden.

Altdorf: Regenüberlaufbecken mit Schlitzwand und Schwergewichtsmauer

Im Sommer 2017 wurde in der Gemeinde Altdorf die „Sanierung der Abwasserschiene Nord Altdorf“ in Angriff genommen. Dabei ging es um die Errichtung eines Regenüberlaufbeckens am „Wellitzleithener Weg“, nördlich von Altdorf. Das Ingenieurbüro LOGIC Logistic Engineering GmbH aus Leipzig wurde hierzu von der Firma OCHS Rohrleitungsbau GmbH aus Nürnberg im Rahmen eines technischen Nebenangebotes mit der Ausarbeitung der Ausführungsplanung für eine als Schlitzwand ausgeführte Dichtwand und eine Träger-Flüssigboden-Dichtwand mit Elementen einer Schwergewichtsmauer samt der erforderlichen Nachweisführung,



Altdorf: Schnittzeichnung mit Schlitzwand und Schwergewichtsmauer. Grafik: Ingenieurbüro LOGIC

der Erarbeitung der dazu passenden Flüssigbodenrezeptur und der nötigen Gütesicherung beauftragt. Durch eine sehr gute Zusammenarbeit mit dem Planer des Projektes, dem Ing. Büro SAG, Herrn Graf, konnte eine solche Lösung in kürzester Zeit baureif gemacht werden.

Entsprechend der Nachweisführung für die erforderliche Dichtheit und andere Anforderungen ergab sich für die umlaufende Schlitzwand des Regenüberlaufbeckens eine berechnete Wandstärke von 60 cm, die jedoch aus technologischen Gründen verändert wurde. Die Schlitzwand wurde mit einer Tiefe von 4,00 m auf eine Gesamtlänge von ca. 270 m ausgeführt. Für die Träger-Flüssigbodenwand ergab die Statik eine Wandstärke von 1,40 m. Bei einer Einbautiefe von 4,00 m erfolgte ihr Bau über eine Gesamtlänge von ca. 75 m. Das eingesetzte Dichtwandmaterial hatte im Minimum eine Wasserdurchlässigkeit im eingebauten Zustand von $K_f \leq 1 \times 10^{-9}$ m/s oder geringer zu gewährleisten und musste eine ausreichende Elastizität und andere, von der Fachplanung vorgegebene mechanische Eigenschaften aufweisen, um die mechanischen Belastungen durch eine, direkt neben der Wand verlaufende Straße inklusive des Grundwassers, ohne Bruchgefahr während der Bauphase sicher aufnehmen zu können. Die Dichtwand sollte somit nach ihrer Fertigstellung eine statische und abdichtende Aufgabe übernehmen – sie musste weiterhin Widerstand gegen ein hydraulisches Gefälle durch unterschiedliche Wasserstände vor und hinter der Wand sowie gegen Erosion und Suffosion durch Grundwasserströmung bieten.

Die Schlitzwand musste entsprechend der Vorgaben der statischen Berechnungen hergestellt werden. Für die Herstellung derselben wurde zuerst eine Leitwand erstellt. Dies geschah in Form eines Verbaus, welcher in einer Tiefe von in diesem Fall erforderlichen 80 cm kraftschlüssig gesetzt wurde. Nach der Fertigstellung der Leitwand konnte der hergestellte Graben mit Flüssigboden bis zur Oberkante Gelände verfüllt werden. Während der weiteren Ausgrabungsarbeiten durfte aber der Spiegel des Flüssigbodenstandes die Höhe von 60 cm nicht unterschreiten und musste kontinuierlich nachgefüllt werden. Die Ausgrabungsarbeiten erfolgten abschnittsweise auf einer Schlitzlänge von jeweils 4 m. Die technologische Lösung ermöglichte ein Arbeiten mit einem normalen Bagger ausreichender Stiellänge und einer vorgegebenen Löffelart. Der genaue Bauablauf bei der Herstellung wurde durch den betreuenden Ingenieur des Fachplanungsbüros LOGIC im Rahmen des Coachings auf der Grundlage des vorher erarbeiteten technologischen Konzeptes erarbeitet und festgelegt, jeweils in Abhängigkeit zu den erforderlichen technologischen und gebrauchsseitigen Eigenschaften des Flüssigbodens und seine korrekte praktische Umsetzung dann auf der Baustelle geschult und begleitet.

Die vom Rezeptentwickler eingestellten, technologisch relevanten Eigenschaften des Flüssigbodens machten auch die schnelle Überfahrbarkeit der Schlitzwand sowie auch der Träger-Flüssigbodenwand zu keinem Problem. Ohne eine spezielle Einstellung der Rezeptur wäre das erst nach einer unplanbaren Zeit möglich gewesen. Der Graben wurde unmittelbar nach der Verfüllung mit ca. 20-30 cm Boden überdeckt (um unnötige Rissbildung bei der Rückverfestigung zu vermeiden) und die technologischen Eigenschaften der Rezeptur an den gewünschten Bauablauf angepasst. So konnte das Bauwerk aus Flüssigboden nach kurzer Zeit mit der üblichen Bautechnik überfahren werden.

Auch die „RSS-Wand“, ausgeführt als Träger-Flüssigboden-Dichtwand, musste entsprechend der statischen Berechnungen erstellt werden. Der Graben dafür wurde gemäß der Vorgaben ausgehoben und mit in Art und Dimension genau vorgegebenem Verbau verbaut. Entgegen der Schlitzwand konnte die Schwergewichtsmauer in einem Schritt, aber getaktet, erstellt werden. Durch die konsequente Umsetzung der Vorgaben des

technologischen Konzeptes konnte die Baufirma eine hohlraumfreie und dichte RSS-Wand in Form einer Träger-Flüssigbodenwand erstellen. Eine Belastung der RSS-Wand erfolgte nach ca. 5 Tagen durch einseitiges Freigraben nach dem Erreichen der vor Ort von einem Fachplaner für Flüssigboden geprüften und in der Ausführungsplanung vorgegebenen Eigenschaften des Flüssigbodens.

Fürth: RSS-Wand als Träger-Flüssigbodenwand zur Baugrubensicherung – eine perfekte Alternative zu einer Spundwand

Die BPD Immobilienentwicklung GmbH plante die Errichtung von fünf Mehrfamilienhäusern in der Fürther Parkstraße, Ecke Johannes-Götz-Weg. Zur Baugrubensicherung der geplanten Häuser wurde seitens des

Auftraggebers eine Lösung aus Flüssigboden in Form einer RSS-Wand favorisiert. Das Ingenieurbüro LOGIC Logistic Engineering GmbH wurde hierzu vom Auftraggeber mit der Ausarbeitung einer Fachplanung für den Flüssigbodeneinsatz samt der dazugehörigen Einzelleistungen wie z.B. den erforderlichen Nachweisführungen, der Erarbeitung der Zieleigenschaften des einzubauenden Flüssigbodens, der dazugehörigen Rezeptur usw. bis hin zu den Vorgaben für die praktische Ausführung wie beispielsweise die Flüssigboden-Einbautechnologie, das technische und logistische Konzept usw. speziell für diese RSS-Wand im Frühjahr 2018 beauftragt. Der Umfang der Baumaßnahme bezog sich auf die Herstellung der RSS-



Wand aus Flüssigboden zur Baugrubensicherung entlang des Baumbestandes des Johannes-Götz-Weges auf ca. 90 lfd. m sowie entlang der Parkstraße auf ca. 15 lfd. m. Der dazu benötigte Flüssigboden wurde vor Ort mit geeigneter und den Vorgaben des RAL GZ 507 entsprechender Aufbereitungstechnik aus dem bestehenden Grabenaushub hergestellt und mit entsprechender Einbautechnik in den vorab erstellten Graben der RSS-Wand eingelassen. Für die RSS-Wand ergab die Berechnungen im vorliegenden Fall eine Wandstärke von 1,50 m mit den dazugehörigen Trägerabständen und Trägerarten bei ebenfalls exakt vorgegebenen Eigenschaften des einzubauenden Flüssigbodens. Bei einer mittleren Einbautiefe von ca. 4,00 m und einer Gesamtlänge von ca. 105 m lag der Flüssigbodenbedarf bei ca. 600 m³. Die RSS-Wand hatte eine statische Aufgabe zu übernehmen, weshalb die vorgegebenen Zielparameter des einzubauenden Flüssigbodens exakt einzuhalten und vor der Funktionsfreigabe der Wand durch den dafür haftenden Fachplaner für Flüssigbodenanwendungen zu prüfen und nachzuweisen waren.

Fertige Träger-Flüssigbodenwand zur Baugrubensicherung. Foto: Ingenieurbüro LOGIC

Die geplante RSS-Wand diente infolge der beengten örtlichen Verhältnisse beim Bau der Kellergeschosse der MFH als verlorene Schalung. Nach ausreichender Refixierung des Flüssigbodens der RSS-Wand konnte dann die Wand bis auf Gründungstiefe der Kellergeschosse abgegraben und die Kellerfußböden einschließlich der Kellerwände der MFH errichtet werden. Desweiteren hatte die RSS-Wand die Aufgabe, den Baumbestand während der Bauarbeiten dauerhaft zu schützen und später auch den Schutz von innerhalb der Baugrube liegenden Abwasserleitungen und Rohren bis Kabeln gegen Wurzeleinwuchs zu übernehmen. Die Schutzzone des Baumbestandes hat einen Abstand von 5 m zur Grundstücksgrenze. Dafür wurde die Rezeptur so auf den Umgebungsboden abgestimmt, dass es die für einen erfolgreichen Wurzelschutz erforderlichen Unterschiede in Dichte und Festigkeit gab.

Der Graben für die RSS-Wand wurde abschnittsweise, entsprechend der Vorgaben, auf ca. 4 m Tiefe ausgehoben und mittels exakt vorgegebenen und zur Technologie passenden Verbaus gesichert. Im Abstand von 3 m wurden an den gebäudeabgewandten Seiten der RSS-Wand Stahlträger, in Art und Abstand nach Vorgabe der statischen Berechnungen, in den Verbau eingestellt. Die Stahlträger benötigten im konkreten Fall gemäß der statischen Vorgaben für die Abstände und Trägerart auch eine Vorgabe über die erforderliche Einspanntiefe unter Unterkante der RSS-Wand. Sind die Träger in den Graben eingebunden, kann der Graben in den, vom technologischen Konzept exakt vorgegebenen Arbeitsschritten, mit Flüssigboden bis zur OK Gelände verfüllt werden.

Die Verfüllabschnitte wurden zwecks Einhaltung der für eine hohe Leistung und damit niedrige Baukosten erforderlichen Taktung mittels Stahlplatten unterteilt, deren Handling ebenfalls im Rahmen des technologischen Konzeptes vorgegeben wurde und von der jeweiligen Wandtiefe abhängig ist.

Durch die konsequente Umsetzung der Vorgaben des technologischen Konzeptes konnte die Baufirma eine hohlraumfreie und dichte RSS-Wand als Träger- Flüssigbodenwand erstellen. Während der gesamten Baumaßnahme wurde der Flüssigboden vor Witterungseinflüssen geschützt. Nach Abschluss der Bauarbeiten (Fertigstellung der Kellergeschosse) – d. h. Funktionslosigkeit der Schwergewichtswand – konnten die Stahlträger wieder gezogen werden, so dass nur ihr Handling Kosten verursachte, die Träger aber erneut eingesetzt werden können und so keine zusätzlichen Kosten verursachten. Nach Erfüllung ihrer Funktion stellte die RSS-Wand auch kein umweltrelevantes Hindernis im Boden mehr dar und konnte problemfrei im Erdreich verbleiben. Der aufwändige Rückbau der oberflächennahen Bereiche – wie bei aus hydraulisch abbindenden Materialien hergestellten Dichtwänden oder überschneidenden Bohrpfehlwänden erforderlich – wird damit komplett überflüssig.



Frisch verfüllte Träger-Flüssigbodenwand. Foto: Ingenieurbüro LOGIC

Weinfelden: Rohrgraben wird zur RSS-Wand Problemlöser in einer Ortslage

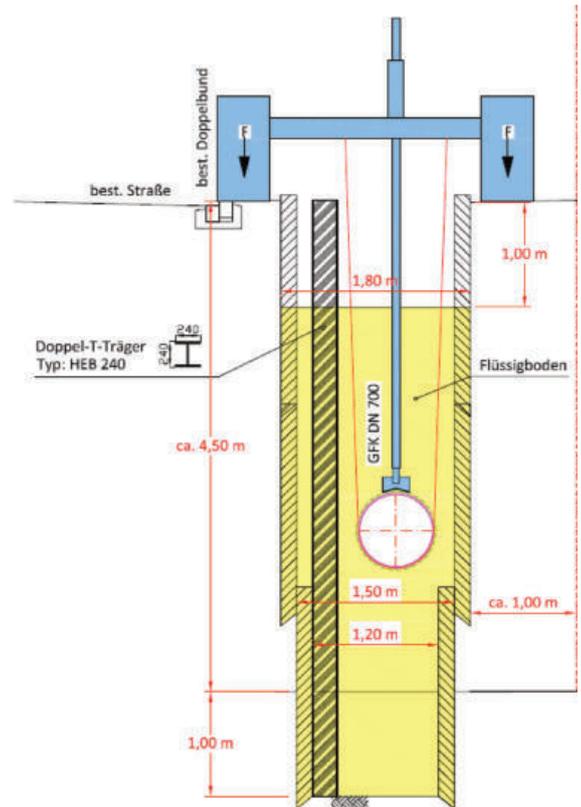
In Weinfelden in der Schweiz machte sich in einer Baugrube die Verlegung einer Mischwasserleitung DN 700 vor dem eigentlichen Baugrubenaushub notwendig, da diese Leitung umgebunden werden musste. Die beengten Platzverhältnisse zwischen dem Rohrleitungsgraben und der späteren Baugrube hätten einen kostenaufwendigen Spundwandverbau erfordert, der auch infolge der Innenstadtlage zu zusätzlichen Problemen mit der Gebäudesubstanz bis hin zu den Anwohnern geführt hätte.

Um dies schon in der Planungsphase zu umgehen, wurde vom Auftraggeber das Ingenieurbüro LOGIC Logistic Engineering GmbH aus Leipzig eingeschaltet – dabei ging es primär um die Frage, ob man die Grabenverfüllung mit Flüssigboden als temporärer Baugrubenverbau nutzen kann. Die Aufgabe bestand in der Verfüllung des Rohrgrabens mit Flüssigboden – hergestellt aus dem vorhandenen Aushub bei gleichzeitiger Einstellung einer sehr hohen Kohäsion. Aus dem einstigen Rohrgraben sollte eine kombinierte Träger-Flüssigboden-Schwergewichtsmauer, eine sogenannte RSS-Wand werden.



Baustelle in Weinfelden. Foto: Ingenieurbüro LOGIC

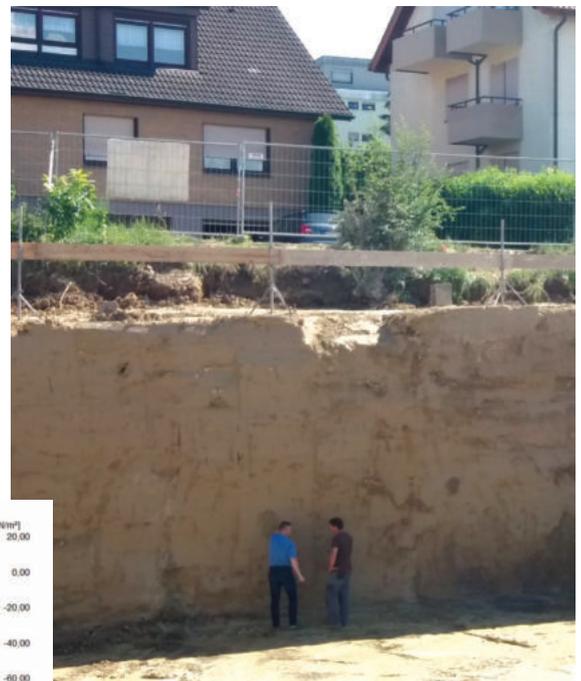
Nach den Vorgaben der statischen Berechnungen und Nachweisführungen wurden im alten Rohrgraben Stahlträger in den berechneten Dimensionen und Abständen sowie Einbindetiefen in den Verbau eingestellt. Nach dem Einbinden der Träger im Graben, konnte dieser nach den technologischen Vorgaben der Fachplanung getaktet und abschnittsweise mit Flüssigboden verfüllt werden, der die ebenfalls von der Planung vorgegebenen Eigenschaften besaß. Der für die Funktionalität der RSS-Wand haftende Fachplaner für Flüssigbodenanwendungen gab die Funktion der Wand nach Prüfung der vorgegebenen Eigenschaften des Flüssigbodens vor Ort frei. Nach Abschluss der Arbeiten konnten auch in Weinfelden die Stahlträger wieder gezogen werden, so dass sie keine zusätzlichen Kosten verursachten. Auch die RSS-Wand konnte im Untergrund verbleiben und musste nicht rückgebaut werden, da sie keinen Fremdkörper im Untergrund darstellte. All diese Ergebnisse trugen dazu bei, mit dieser Bauweise nicht nur qualitativ hochwertige Lösungen als Baugrubensicherung nutzen zu können, sondern auch Kosten in teils erheblichen Umfang zu reduzieren.



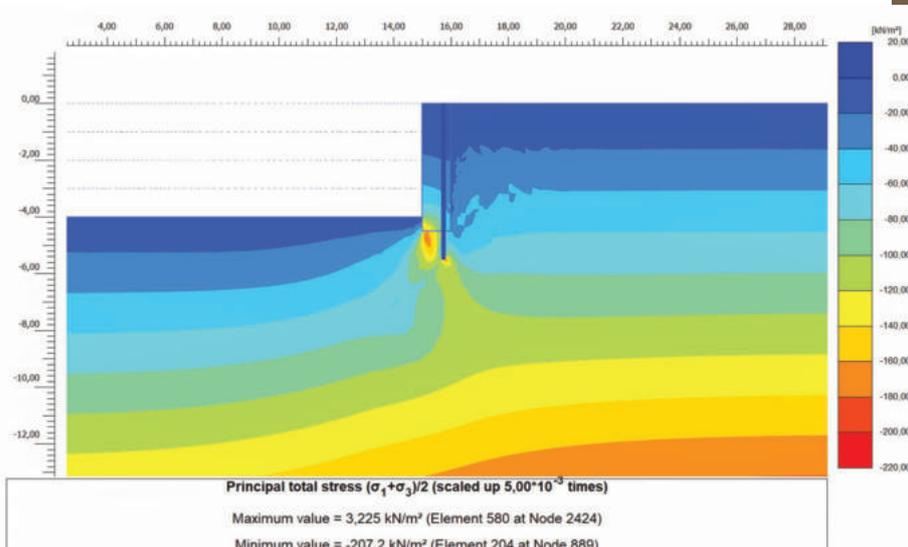
Fazit und Ausblick

Das RSS-Flüssigbodenverfahren samt der seine vielseitige Anwendung unterstützende Fachplanung Flüssigboden hat seine Feuertaufe als intelligente Verbaulösung mit Bravour bestanden. Inzwischen wurden die Baugruben immer tiefer und die Baustellensituationen immer anspruchsvoller. Heutzutage werden auch sehr komplizierte Untergrundverhältnisse in schlecht tragfähigen Böden und im und unter Grundwasser mit solchen Lösungen geplant und gebaut. Die Kombination der RSS-Wand mit einer wasserdichten Bodenplatte zur wasserdichten Baugrube ist ebenfalls bereits eine Weiterentwicklung der hier vorgestellten Bauweise. In Kombination mit interessanten neuen Technologien wird vieles möglich, was mit herkömmlichen Mitteln oft unmöglich schien. Wand und Bodenplatte werden inzwischen auch als verlorene Schalung genutzt, gegen die man direkt betonieren kann. Die damit verbundenen Vorteile und Kostenreduzierungen sind sicher für den Fachmann gut nachvollziehbar. Um für derartigen Anwendungen auch die nötige Sicherheit bieten zu können werden solche Projekte durch den verantwortlichen Fachplaner detailliert vorbereitet und später auch im Rahmen der Gütesicherung begleitet. Die Arbeit mit FEM-Modellen hilft dabei,

Weinfelden: Schnittzeichnung, Grafik: Ingenieurbüro LOGIC



RSS Wand auf der Baustelle in Bad Rappenau - in der Phase des Endaushubs der Grube, d.h. der höchsten Belastung der RSS Wand - und das dazugehörige FEM-Modell zur Berechnung der Lastenverteilung.
Foto + Grafik: Ingenieurbüro LOGIC



die oft komplizierten Situationen zu erfassen und eine belastbare Lösung zu entwickeln, die erfolgreich gebaut werden kann.

Interessenten können so schnell erkennen, dass die hier beschriebene Lösung deutliche Kostenersparnisse bei gleichzeitig sehr vorteilhaften technischen Lösungen bietet. Das Flüssigbodenverfahren in dieser Anwendung ist eine kostensenkende und qualitativ hochwertige Lösung, wenn man die Planung, die Herstellung des erforderlichen Flüssigbodens und die Qualitätssicherung in erfahrene Hände gibt. Das Ingenieurbüro LOGIC Logistic Engineering GmbH aus Leipzig hat die hier geschilderte Anwendung, zusammen mit dem FiFB, dem Forschungsinstitut für Flüssigboden, entwickelt. Diese Lösung wird inzwischen, gemeinsam mit auf diesem Gebiet von der LOGIC Logistic Engineering GmbH ausgebildeten Ingenieurbüros, erfolgreich eingesetzt. Das Ingenieurbüro LOGIC kann auf viele Referenzen verweisen, zu denen auch Projekte dieser Art im In- und Ausland gehören. Eine kompetente Fachplanung für die jeweilige Flüssigbodenanwendung ist die Voraussetzung einer erfolgreichen und wirtschaftlich vorteilhaften Anwendung des Flüssigbodenverfahrens in seiner großen Anwendungsbreite. Andreas Bechert

Kontakt:

Ingenieurbüro LOGIC Logistic Engineering GmbH

Wurzner Straße 139 • 04318 Leipzig

Tel: +49(0)341-244 69-0

Fax: +49(0)341-244 69-32

info@logic-engineering.de



RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e.V.

Walter-Köhn-Straße 1d • 04356 Leipzig

Ansprechpartner:
Andreas Bechert
Pressesprecher

Telefon: +49(0)34953/ 132300
E-Mail: andreas.bechert@googlemail.com

Pressemitteilung 03/2019

Rohstoffe zum Bauen werden weltweit immer knapper

Leipzig, den 28.08.2019

Expertentagung zum Thema Flüssigboden setzt auf Nachhaltigkeit

Leipzig/Dresden. An der Hochschule für Technik und Wirtschaft werden sich im September Experten, Wissenschaftler und Anwender mit der Flüssigbodentechnologie beschäftigen. Die RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e.V. in Kooperation mit der HTW Dresden haben die **4. D.A.CH-Tagung** ins Leben gerufen, die am **5. und 6. September** in der **sächsischen Landeshauptstadt Dresden** stattfinden wird und zu der Teilnehmer aus Deutschland, Österreich und der Schweiz begrüßt werden können. Axel Lobenstein, Geschäftsführer der RAL GG Flüssigboden, umreißt das, was die Teilnehmer an diesen beiden Tagen erwartet, wie folgt: „Der Einsatz von Flüssigboden zur Lösung der Bauaufgabe kommt einer immer größer werdenden Bedeutung zu. Dabei entwickeln sich die Anwendungen, Verfahren und Methoden ständig weiter. Um auf dem aktuellen Stand zu sein, benötigt man eine Austauschmöglichkeit mit Experten und Kollegen – die Tagung in Dresden bietet diese Plattform“. Dabei spielen nachhaltiges Bauen und der verantwortungsvollen Umgang mit Ressourcen eine wichtige Rolle.

Neben Wasser ist Sand der meist gebrauchte Rohstoff der Welt. Weltweit werden jährlich 30 Milliarden Tonnen Beton verbaut, schätzt das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (Unep). Die Mauer, die man damit um den Äquator bauen könnte, wäre 27 Meter hoch und 27 Meter breit, heißt es im Bericht des Unep. Alles kein Problem. «In der Wüste gibt es Berge von Sand!», könnte man sagen. Weit gefehlt! Denn vom Wind herumgewirbelt, sind die Körner rund und glatt geschliffen und haften nicht aneinander. Deshalb braucht es für die Betonherstellung Sand aus Kiesgruben,

Postanschrift:
Walter-Köhn-Straße 1d • 04356 Leipzig
Telefon: +49 (0)341 / 241767 21
E-Mail: info@ral-gg-fluessigboden.de

Vorsitzender:
Dipl.-Kfm. Joachim Kurth
stellv. Vorsitzender:
Dipl.-Ing. Mathias Wiemann

Commerzbank AG Eilenburg
IBAN: DE35 8608 0000 0173 4258 00
BIC: DRESDEFF860

Vereinsitz: Leipzig
Vereinsregister Leipzig • VR-Nr. 4601
FA Leipzig I • StNr.: 232/141/07503

OBJEKTIVE QUALITÄT FÜR NACHHALTIGES BAUEN

Flüssen oder Seen. Sie haben eine raue, kantige Oberfläche. Doch in vielen Ländern Europas läuft man heute schon Sturm gegen die weitere Erschließung von Kiesgruben. Dieser umweltpolitische Frevel soll bald der Vergangenheit angehören – so wird auch in Brüssel bei der EU diskutiert.

Die **Flüssigbodentechnologie** kann genau diese Lücke im System schließen. Flüssigboden ist ein temporär fließfähiges, selbstverdichtendes und sich rückverfestigendes Verfüllmaterial und Baustoff. Er hat bodentypische Eigenschaften und kann sowohl aus Bodenmaterial als auch aus natürlichen und aufbereiteten Böden hergestellt werden. Flüssigboden wird aus Aushubmaterial oder Primärbaustoffen und Zusatzstoffen (Plastifikator, Beschleuniger, Wasser und ggf. Spezialkalk) hergestellt. Der Clou: Das Herstellverfahren ermöglicht es, alle beliebigen Arten von Bodenaushub, industriell hergestellte und natürliche Gesteinskörnungen, sowie andere mineralische Stoffe zeitweise fließfähig zu machen, selbstverdichtend ohne externe Verdichtungsleistung einzubauen und dabei bodenähnliche bis bodengleiche Verhältnisse im bodenmechanischen und bodenphysikalischen Sinn des anstehenden Bodens wiederherzustellen.

Hinzu kommt in Deutschland das **Kreislaufwirtschaftsgesetz**, das aktuell in aller Munde ist, weil ab 1.1.2020 mindestens 70 Prozent der mineralischen Abfälle – speziell im Baugewerbe der anfallende Bodenaushub – wiederverwendet werden müssen. Die Flüssigbodentechnologie bietet dazu beste Voraussetzungen. Die Veranstalter 4. D.A.CH-Tagung der bieten neben der Qualitätssicherung innovative Beiträge mit Zukunftswirkung und legen besonderen Wert darauf, dass die Teilnehmer Aspekte kennenlernen, die für die Praxis relevant und modellhaft sind. Joachim Kurth, Vorstandsvorsitzender der RAL GG Flüssigboden verspricht: „Bei den Vorträgen zu laufenden Projekten wird über Ziele und bereits erreichte (Zwischen-)Ergebnisse berichtet.“ **Eröffnet wird die Tagung durch den Sächsischen Staatsministers für Umwelt und Landwirtschaft, Thomas Schmidt.**

Weitere Info finden Sie auf der Homepage der RAL Gütegemeinschaft unter: www.ral-gg-fluessigboden.de.

Autoren:

Andreas Bechert - Pressesprecher RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e.V.

Olaf Stolzenburg - Direktor des Forschungsinstitut für Flüssigboden Leipzig



Das RAL-Gütezeichen 507 für Flüssigboden.
Grafik: RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e. V.



Ingenieurbüro LOGIC
Logistic Engineering GmbH
Wurzner Straße 139
04318 Leipzig
Tel: 0341-244 69-0
Fax: 0341-244 69-32
info@logic-engineering.de
www.logic-engineering.com

Erste Produktionsanlage für Flüssigboden in Dresden vorgestellt

Info-Tag bei Nordmineral lockte Fachleute, Anwender und Planer an

Dresden/Leipzig. Das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) schreibt vor, dass ab 1. Januar 2020 mindestens 70% der mineralischen Abfälle wiederverwendet werden. Dies trifft besonders die Bauindustrie, denn die Nichteinhaltung der Forderung kann und wird teuer werden. Landet der Bauaushub auf der Deponie, kostet das dann richtig Geld. Ein praktikabler Weg zur Vermeidung dieses Dilemmas ist die Umwandlung des ausgebaggerten Bodens in Flüssigboden – und somit seine Wiederverwendung im Sinne des KrWG.

Terra sustineri – heißt – Erde und Nachhaltigkeit.

So wie die Menschen heute ins Erdreich eingreifen, wird es ihnen in der Zukunft begegnen.

In Dresden, der Landeshauptstadt von Sachsen, machen sich kluge Köpfe, engagierte Mitarbeiter und verantwortungsbewusste Führungskräfte Gedanken, wie diese Aufgabe immer besser und umfassender gelöst werden kann und haben eine Idee in die Praxis umgesetzt: Die Nordmineral Recycling GmbH & Co. KG geht neue Wege und stellt RSS Flüssigboden her, das Ergebnis eines Verfahrens, das auf alle üblichen Bodenarten angewendet werden kann und deren Wiederverwendung als hochwertiges Verfüllmaterial ermöglicht. Nun kann auch in Dresden, sozusagen als Vorreiter in der Region, das RSS Flüssigbodenverfahren mit seinen über 170 verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten, bei denen Flüssigboden nach RAL Gütezeichen 507 eingesetzt wird, genutzt werden.

Die Firma Nordmineral Recycling Dresden hat sich dafür die zurzeit modernste und wirtschaftlichste Technik zur Herstellung von RSS Flüssigboden angeschafft. Es ist die RSS Kompaktanlage des Typs 5.2, mit der die verschiedensten Bodenarten zu RSS Flüssigboden verarbeitet werden können und außerdem ein geschlossener Gütesicherungskreislauf mit dem nötigen technischen Support zur Verfügung steht. Damit kann man sogar auf permanent wechselnde Böden reagieren. Auch kontaminierte Böden sollten meist kein Problem sein. Eine entsprechend notwendige Unterstützung durch Fachplaner für Flüssigbodenanwendungen und bei der Gütesicherung garantieren, dass die bodenmechanischen Eigenschaften, die technologischen Eigenschaften sowie spezielle Gebrauchseigenschaften, welche für das jeweilige Bauvorhaben erforderlich sind, exakt eingehalten werden. Zielgerichtet will man innovative technische und dennoch wirtschaftlich vorteilhafte Lösungen unter strenger Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen nutzen und einen bewussten, nachhaltigen Umgang mit den vorhandenen Ressourcen sicherstellen.



Forschungsinstitut für Flüssigboden GmbH
Wurzner Straße 139
04318 Leipzig
Tel: 0341-24469 11
Fax: 03423-73424 74
info@fi-fb.de
www.fi-fb.de

Die Firma Nordmineral Recycling hatte am 17.07.2019 zu einer Informationsveranstaltung zu diesem permanent aktuellen Thema auf ihr Firmengelände in Dresden/Heller eingeladen. Die ca. 50 Teilnehmer nutzten die Gelegenheit, von den Projektpartnern der Nordmineral Recycling Fachvorträge zu erleben, in welchen Basisinformationen zum RSS Flüssigbodenverfahren vermittelt wurden und daraus ableitend auch über die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten des Flüssigbodenverfahrens und die Weiter-

entwicklungen der letzten Jahre, dokumentiert durch Videos und Fotos von erfolgreich abgeschlossenen Bauvorhaben im Inn- und Ausland, informiert wurde. Zu den Gästen zählten Ingenieure aus verschiedenen regionalen Planungsbüros, Mitarbeiter der Kommunalen Behörden, Mitarbeiter der DREWAG Dresden, Mitarbeiter der Stadtentwässerung Dresden u. a. wichtigen Dresdener Institutionen, nicht zuletzt auch Baufirmen. In den Vorträgen wurden auch die Aufgaben vorgestellt, die bei der Anwendung des Flüssigbodenverfahrens umgesetzt werden müssen. Neben der Fachplanung gehört dazu auch die Gütesicherung, die entsprechende Logistik und die benötigten Systemkomponenten. Auch die dafür verantwortlichen Partner wurden bei dem Event kurz vorgestellt, um potenziellen Interessenten die Möglichkeit zu geben, Vertrauen in die Vorgehensweise zu gewinnen. Die in Dresden gehaltenen Vorträge werden durch die Nordmineral den Anwesenden zur Verfügung gestellt.

Letztendlich wurde die nagelneue Kompaktanlage vor ganz vielen neugierigen Augen in Bewegung gesetzt und der dann hergestellte Flüssigboden konnte verfüllt, angefasst und begutachtet werden. Eine rege Diskussion zeigte das große Interesse der Anwesenden. Diskutiert wurden sowohl technische Fragen als auch Fragen der aktuellen Umweltgesetzgebung, Fragen zu konkreten Baustellenproblemen und den vielfältigen, immer wieder auch überraschenden Anwendungsmöglichkeiten, die das Verfahren seinen Nutzern bietet. Auch die aktuellen Neu- und Weiterentwicklungen des Verfahrens und mit ihm verbundener Dienstleistungen fanden reges Interesse.



Die neue RSS-Kompaktanlage auf dem Gelände der Firma Nordmineral im Einsatz. Fotos: FiFB Leipzig



Beim Info-Tag wurden Probekörper mit RSS Flüssigboden nach RAL Gütezeichen 507 verfüllt.

Übrigens: Was der „Goldene Reiter“ schon wusste, wissen jetzt die Teilnehmer der Veranstaltung auch, denn die Firma Nordmineral Recycling hatte bereits im Jahr 2017 erfolgreich RSS Flüssigboden verwendet, als der Fußgängertunnel am Neustädter Markt nach dem Hochwasser im Sommer 2013 in Verbindung mit erforderlichen Sanierungsvorhaben im Kanalbau verfüllt werden musste.

Ein interessanter Nachmittag bei bestem Sonnenschein, sehr guter Bewirtung und perfekter Organisation durch die Mitarbeiter der Firma Nordmineral und Herrn Knut Seifert bleibt den Teilnehmern sicherlich im Gedächtnis.

Interessenten und potenzielle Anwender des Flüssigbodenverfahrens haben jetzt in der Firma Nordmineral und deren Partnern kompetente Ansprechpartner, um die Aufgabenstellung der aktuellen Umweltgesetzgebung korrekt zu erfüllen und dabei auch die Vorteile des technischen Fortschritts nutzen zu können.

Autoren:

Gabriele Fischel, Olaf Stolzenburg - Forschungsinstitut für Flüssigboden Leipzig



Unter den Neugierigen befanden sich viele Firmen, Planer und potenzielle Anwender der Flüssigbodentechnologie.



Ingenieurbüro LOGIC
Logistic Engineering GmbH
Wurzner Straße 139
04318 Leipzig
Tel: 0341-244 69-0
Fax: 0341-244 69-32
info@logic-engineering.de
www.logic-engineering.com

Verhalten von Rohren im Lastfall „Auftrieb in Flüssigboden nach RAL Gütezeichen 507“ und der wirtschaftliche Zusammenhang mit der erzielbaren Bauleistung

Leipzig. Da Flüssigboden nach RAL Gütezeichen 507, hergestellt auf der Grundlage des RSS Flüssigbodenverfahrens, ein temporär thixotropes Verfüllmaterial ist, gelten für das Auftriebsverhalten von Rohren beim Einbau in Flüssigboden andere Gesetzmäßigkeiten als beim Auftrieb im Wasser. Denn Wasser als Newtonsches Fluid weist eine gleichbleibende Viskosität auf, die sich jedoch bei Flüssigboden im Sinne der vorausgegangenen Definition, in Abhängigkeit von kinetischen Energieeinträgen z. B. beim Einbau des Flüssigbodens und dem mittels individueller Rezeptur steuerbaren Rückverfestigungsverhalten des Materials verändert. Dies hat zur Folge, dass einerseits die Berechnung des Auftriebs in Flüssigboden nicht auf dem seit Archimedes bekannten Rechenweg erfolgen kann und andererseits auch die Rohre ein anderes Verhalten während diesen Lastfalls aufweisen, als es bei einer klassischen Auftriebsberechnung zu erwarten wäre. Es galt, durch den Verfahrensentwickler erarbeitete theoretische Ansätze zur Berechnung des Auftriebs von Rohren im Flüssigboden im Rahmen eines Großversuches an biegeweichen Rohren der Firma REHAU zu überprüfen, mit den Ergebnissen der Prüfungen das Berechnungsmodell auf das konkrete Rohr zu kalibrieren oder gar weiterzuentwickeln und so auf Grund exakterer Berechnungen, Reserven bei der Einbautechnologie zu identifizieren und deren Auswirkungen auf mögliche Leistungssteigerungen zu quantifizieren. Dieses Thema wurde vom Forschungsinstitut für Flüssigboden in Zusammenarbeit mit der Hochschule Münster bearbeitet. Die Ergebnisse dieser Arbeiten werden in diesem Beitrag vorgestellt. Sie können praxiswirksam von den Anwendern des untersuchten Rohrmaterials und über die Ergebnisse projektbezogener Rohrstatiken für die jeweiligen Baustellen genutzt werden.



Forschungsinstitut für Flüssigboden GmbH
Wurzner Straße 139
04318 Leipzig
Tel: 0341-24469 11
Fax: 03423-73424 74
info@fi-fb.de
www.fi-fb.de

Einleitung

Flüssigboden nach RAL GZ 507 ist ein Verfüllmaterial, das auf der Grundlage eines Verfahrens hergestellt wurde, das vor über 20 Jahren durch das derzeitige Forschungsinstitut für Flüssigboden (FiFB) aus Leipzig entwickelt wurde. Im Rahmen eines damaligen Forschungsprojektes, das sich mit Lösungen von Infrastrukturproblemen auf der Grundlage komplexer Leitungstrassen beschäftigte, die den gemeinsamen Bau von Regenwasser, Schmutzwasser und sonstigen Versorgungsleitungen betrafen, erhielt das Ergebnis dieser Verfahrensentwicklung die Bezeichnung RSS Flüssigbodenverfahren. Dieses damals neue Verfahren löste eine Reihe von Problemen des klassischen Kanal- und Leitungsbaus. Deshalb gab es auch schnell Nachnutzer des Begriffes „Flüssigboden“, deren Angebote allerdings oft nichts mit Flüssigboden im Sinne der Vermeidung von mörtel- oder betonartigen Strukturen oder gar der Erhaltung bodentypischer Eigenschaften zu tun hatten. Zur Vermeidung der zunehmenden Anzahl von Bauschäden durch die mitunter sogar wohl gar gezielt irreführende Verwendung des Begriffes „Flüssigboden“, gründeten primär Auftraggeber und Planer im Jahre 2008 die RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e. V. Deren erklärtes Ziel wurde es, transparente Maßstäbe der Gütesicherung als Hilfsmittel zur sicheren Vermeidung von Bauschäden zu erarbeiten und verfügbar

zu machen. In diesem Zusammenhang stand auch der Lastfall „Auftrieb im Flüssigboden“ erstmals auf der Tagesordnung.

Doch zu den zu beachtenden neuen Aspekten bei der Anwendung des RSS Flüssigbodenverfahrens gehörte auch die Tatsache, dass solch ein Flüssigboden zeitweise thixotrop reagiert, also bei Eintrag kinetischer Energie, seine Viskosität verändert. Erste Untersuchungen dieses Verhaltens fanden bereits im Jahre 2000 durch die Universität Leipzig/MFPA in Zusammenarbeit mit dem Verfahrensentwickler statt und führten zur Erarbeitung der ersten Berechnungsmodelle durch den Verfahrensentwickler, die einen praxisnahen Umgang mit diesem Materialverhalten ermöglichten, allerdings als Folge der noch geringen Datendichte und fehlenden Erfahrungen aus der Praxis auf Baustellen, im Jahre 2000 und den dann unmittelbar folgenden, noch eine gewisse Unschärfe aufwiesen.



Rohr, seitlich geführt in einer Versuchsanordnung [1]



Auftriebsmessung als Zugkraft [1]

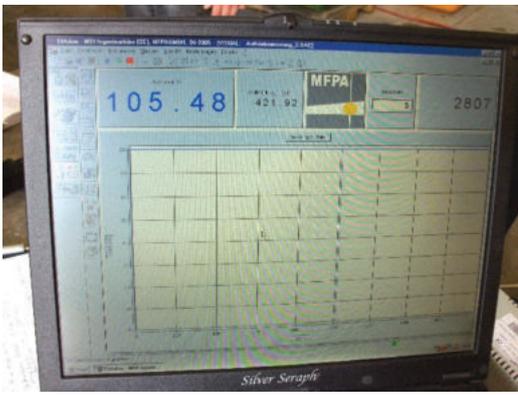


Mit RSS Flüssigboden gefüllter Prüfbehälter [1]

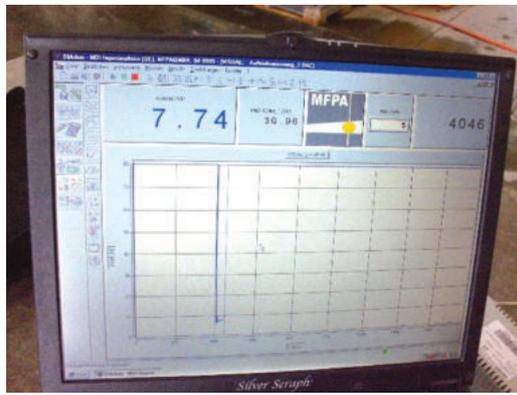


Plausibilitätsprüfung Verfestigung [1]

Mit Hilfe dieser ersten Versuche wurde sowohl der zeitliche Verlauf der Rückverfestigung bei unterschiedlich eingestellten Fließfähigkeiten des RSS Flüssigbodens gemessen als auch die Plausibilität der gemessenen Ergebnisse überprüft, indem das Ansteifungsverhalten mit kleiner Labortechnik gemessen und mit dem Auftriebsverlauf verglichen wurde.



Aufzeichnung Rohrauftrieb zu Beginn [1]



Höhe Rohrauftrieb zu Versuchsende [1]

Der entstehende Auftrieb ist nicht allein von der Dichte des Flüssigbodens, im temporär, fließfähigen Zustand abhängig, sondern von weiteren Faktoren, deren Art und Wirkung für eine korrekte Berechnung erst einmal erkannt und verifiziert werden mussten. Zahlreiche kleinmaßstäbliche Laborversuche des FiFB als Verfahrensentwickler berücksichtigten erstmals das teils stark unterschiedliche rheologische Verhalten der verschiedenen Bodenarten in der temporär fließfähigen Phase und führten zu ersten Berechnungsmodellen. Diese wurden von Fachplanern für Flüssigbodenanwendungen erstmals seit dem Jahr 2002 genutzt.

Im Verlauf der Weiterentwicklung technischer Einbauhilfsmittel durch den Verfahrensentwickler, die gleichzeitig als Messmittel für den zeitlichen Verlauf des Auftriebs beim Einbau von Rohren in Flüssigboden genutzt werden konnten, kam es auch zur Weiterentwicklung der Möglichkeiten der benötigten Auftriebsberechnung. Dabei fiel auf, dass einerseits die Ergebnisse kleinmaßstäblicher Versuche infolge der Versuchsspezifität in einem Labor im Vergleich zur Baustelle Differenzen aufwiesen, doch vor allem auch, dass das aus den Werkstoffkennwerten berechnete Materialverhalten der Rohre, teils starke Abweichungen im Vergleich zu den Messungen auf den Baustellen zeigte. Dafür gab es unterschiedliche Ursachen, die von einem Upscalingeffekt zwischen Labor und Baustelle bis hin zu den Wirkungen technologischer Unterschiede beim Einbau des Flüssigbodens im Zusammenspiel mit dessen zeitweise thixotropen Verhalten reichten. Daraus leiteten sich erforderliche Sicherheiten ab, die in den Auftriebsberechnungen Eingang fanden. Bei genauerer Kenntnis des tatsächlichen Materialverhaltens und exakten technologischen Vorgaben, im Zusammenspiel mit passenden Einbauhilfsmitteln kann man auf derartige und dann unnötige Sicherheiten jedoch verzichten. Da es sich aber bei statischen Berechnungen um haftungsrelevante Vorgänge handelt, müssen derartige Korrekturen auf der Grundlage exakt ermittelter Parameter erfolgen, die in den kleinmaßstäblichen Laborversuchen jedoch nicht ausreichend genau erarbeitet werden können. Deshalb bedarf es für jedes Rohr eines aussagekräftigen Großversuches, den die Hochschule Münster für Rohre der Firma REHAU in Zusammenarbeit mit dem FiFB durchführte und der anschließenden Auswertung der Ergebnisse, um auf unnötige Sicherheitsreserven verzichten zu können. Der Verzicht auf diese Reserven der Auftriebsberechnung ist interessanterweise mit konkreten Folgen für die Leistung der ausführenden Baufirma verbunden, die im Artikel ebenfalls noch dargestellt werden. Die Firma REHAU erkannte die Vorteile genauer, für die Rohrstatik relevanter Parameter für ihre Kunden und stellte die Rohre für die notwendigen Versuche zur Verfügung. Denn wenn man die vorgenannten Reserven konkret benennen und bereits in der Planung und bei der Berechnung der Rohrstatik berücksichtigen kann, ist es möglich, die Einbautechnologie in einer Form zu verändern, die mit konkreten Steigerungen der Bauleistung verbunden ist, ein relevanter Vorteil für alle am Bau Beteiligten.

gleich, egal ob das jeweilige Rohr 3 m lang ist oder beispielsweise 4,75 m. Kann eine Baufirma aber in der fast gleichen Zeit das Rohr der beispielhaften Länge 4,75 m einbauen, statt nur Standardlängen von z. B. 3 m einbauen zu können, liegt die jeweilige Tagesleistung entsprechend höher. Im vorliegenden Fall entspräche das einer Leistungssteigerung auf 158 %. Können nur Standardlängen eingesetzt werden, ist die Nutzung der statischen Reserven des eingesetzten Rohres zur Steigerung der Bauleistung leider nicht möglich. Eine höhere Leistung hat aber zur Folge, dass geringere Kosten pro Meter eingebauten Rohres entstehen.

Es lohnt sich daher, mit Rohren zu arbeiten, die in den gewünschten und von der Auftriebsstatik abhängigen Längen geliefert werden können, selbst wenn als Folge der individuellen Längen ein etwas höherer Aufwand für die Rohrhersteller entsteht, der auf den Preis der Rohre umgelegt werden muss. Dies bestätigen zahlreiche, bereits realisierte und nachkalkulierte Projekte.

Problemstellung

Die Unterschiede zwischen den auf Grundlage der bisher verfügbaren Materialkennwerte berechneten und den tatsächlich gemessenen Rohrverformungen machen zusätzliche Sicherheiten für die statischen Berechnungen im Lastfall „Auftrieb im Flüssigboden“ erforderlich. Diese derzeit noch erforderlichen, zusätzlichen Sicherheiten, stellen eine weitere Möglichkeit dar, die Bauleistung zu steigern, wenn sie bekannt sind, exakt quantifiziert und so gezielt als Leistungsreserven genutzt werden können.

Ergänzend gehören dazu, die Vorgehensweise beim Einbau des Flüssigbodens klar beschreibende, technologische Vorgaben. Diese sind erforderlich, um die kinetischen Energieeinträge in den noch fließfähigen Flüssigboden zu steuern und nicht im unpassenden Moment zu maximieren.

Aufgabenstellung

Es galt, im Rahmen der geplanten Großversuche, das Verhalten der Rohre unter Auftrieb im frisch eingebauten Flüssigboden und die Veränderungen des Auftriebs über den Verlauf der Rückverfestigung zu prüfen und zu dokumentieren. Dabei sollten die Durchbiegung der Rohre und die Auftriebskräfte an den – die Lage der Rohre fixierenden Punkten – gemessen und über den zeitlichen Versuchsablauf dokumentiert werden.

Für die statischen Berechnungen ist es sehr wichtig, die Abhängigkeiten des Auftriebs und damit der statischen Belastungen des Rohres von der, zeitlich und technologisch bedingt, veränderlichen Viskosität des Flüssigbodens, exakt für den geprüften Rohrtyp in die Berechnungen einfließen lassen zu können. Dafür mussten die Großversuche bei unterschiedlichen Viskositäten wiederholt werden. Um die Baustellentauglichkeit der Messungen abzusichern wurde auch das jeweilige Ausbreitmaß ermittelt und für die Bewertung des Verhaltens der Rohre unter Auftrieb herangezogen. Das Ausbreitmaß ist, zusammen mit der Kenntnis der Art des Ausgangsbodens, ein gutes Kriterium, um die technologisch wichtige Eigenschaft des Auftriebs, mittels der Rezeptur des Flüssigbodens, gezielt beeinflussen zu können. Die Messungen im Versuchsstand erfolgten für mehrere unterschiedliche Rohrdurchmesser, so dass der Einfluss sich ändernder Rohrquerschnitte, die in die Berechnung des für die Rohrstatik erforderlichen Flächenträgheitsmomentes eingehen, ebenfalls gut verglichen werden konnten.

Durch den Vergleich der versuchstechnisch gemessenen Kräfte und Verformungen der biegeweichen Rohre mit den rechnerisch auf dem bisherigen Weg über die Nutzung der Materialkenngrößen ermittelten Verformungen, sollte primär festgestellt werden, ob es relevante Unterschiede zwischen den bisher verfügbaren und für die statischen Berechnungen genutzten Materialkenngrößen und den in den Versuchen gemessenen gibt. Da infolge der schon bekannten Messungen auf Baustellen mit signifikanten Unterschieden gerechnet wurde, sollten die Versuche auch dafür genutzt werden, um die bekannten Ursachen besser quantifizieren zu können. Wenn dies im Ergebnis der Versuche gelingt, kann auf die derzeit noch erforderlichen, zusätzlichen Sicherheiten bei den geprüften Rohren künftig verzichtet werden.

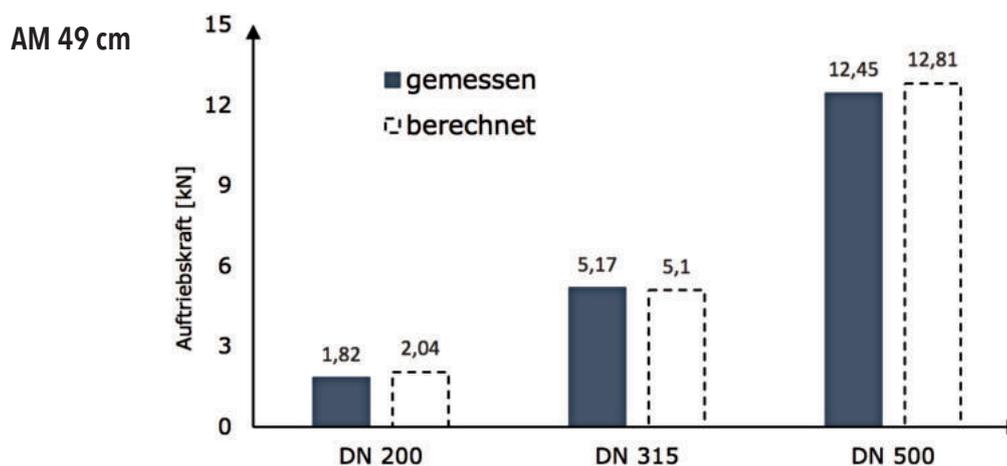


Versuchsstand der Hochschule Münster

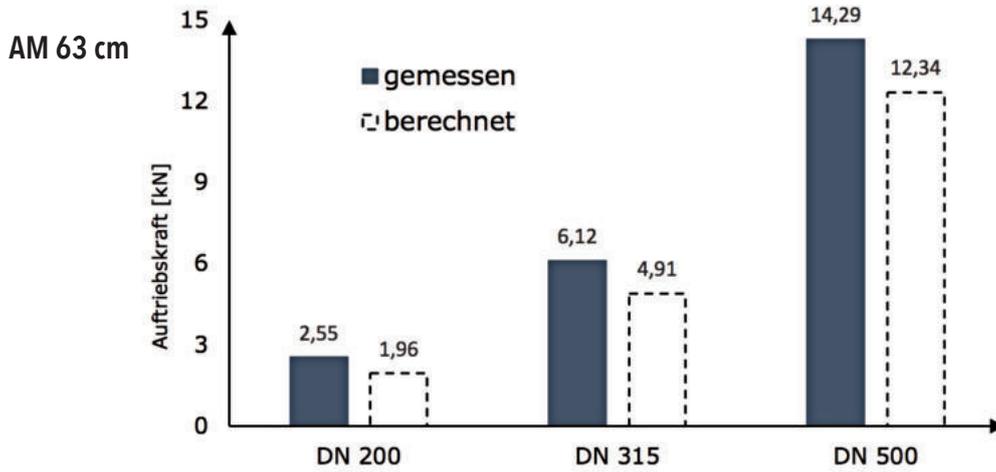
Somit bestand die wirtschaftlich wichtige Hauptaufgabe dieser Versuche darin, mögliche Leistungsreserven besser und exakter quantifizieren zu können. Denn die mögliche Steigerung der Bauleistung hängt von der planbaren Ausnutzung der max. zulässigen Verformung der Rohre und damit der max. zulässigen Einbaulänge der Rohre ab.

Ergebnisse der Großversuche und Widersprüche zu bisherigen Berechnungen

1. Auftriebskräfte



Auftriebskräfte für AM 49 cm bei Ringsteifigkeit SN10



Auftriebskräfte für AM 63 cm bei Ringsteifigkeit SN10

Auftriebskraft für AM 49 cm [kN]					
Durchmesser	Ringsteifigkeit	berechneter Wert	gemessener Wert	Δ	%
DN 200	SN10	2,04	1,82	0,22	12%
	SN16	2,01	1,36	0,65	48%
DN 315	SN10	5,10	5,17	-0,07	-1%
	SN16	5,00	4,89	0,11	2%
DN 500	SN10	12,81	12,45	0,36	3%
	SN16	12,61	12,15	0,46	4%

Tabelle 1: Auftriebskräfte für AM 49 cm

Auftriebskraft für AM 63 cm [kN]					
Durchmesser	Ringsteifigkeit	berechneter Wert	gemessener Wert	Δ	%
DN 200	SN10	1,96	2,55	-0,59	-23%
	SN16	1,93	2,51	-0,58	-23%
DN 315	SN10	4,91	6,12	-1,21	-20%
	SN16	4,81	5,93	-1,12	-19%
DN 500	SN10	12,34	14,29	-1,73	-12%
	SN16	12,13	14,18	-1,58	-11%

Tabelle 2: Auftriebskräfte für AM 63 cm

Auftriebsmessungen bei einer Viskosität, AM 49 cm entsprechend

- Die Messungen der Auftriebsversuche in Form der dokumentierten Stützkkräfte zeigen für das Ausbreitmaß von 50 cm +/- 1 cm (hier exakt 49 cm) eine hohe Übereinstimmung der gemessenen Stützkkräfte mit den berechneten mit Abweichungen, die bei DN 315 unter 3 % lagen, wobei die berechneten Stützkkräfte bis auf eine Ausnahme immer über den tatsächlichen Stützkkräften lagen.
- Dabei waren die Abweichungen bei DN 200 die größten (12% bei SN 10 und 48 % bei SN 16). Insofern spielte der kleine Durchmesser mit DN 200 eine Sonderrolle, da einzig bei dieser Nennweite die Abweichungen der berechneten von den gemessenen Stützkkräften auffielen. Doch möglicherweise

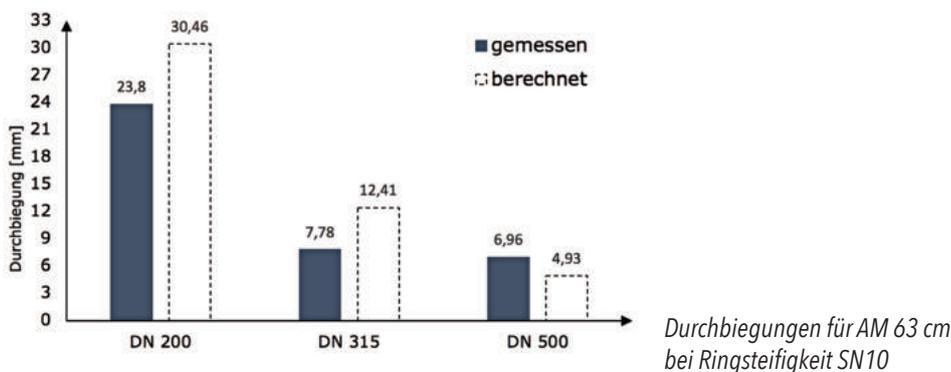
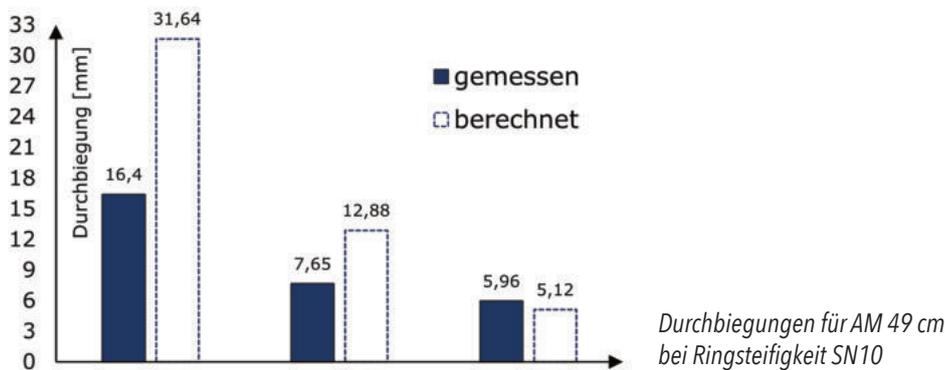
wirkt sich die Einbausituation mit der künstlich bis zum Start der Messungen in der Einbauphase mittels des Einsatzes einer Rüttelflasche gleich gehaltener Viskosität bei den kleinen Nennweiten am stärksten aus und man muss davon ausgehen, dass beim echten Nullpunkt der Messung die Stützkkräfte ebenfalls noch näher an den berechneten liegen.

- Die Abweichungen der berechneten von den gemessenen Werten lagen bei DN 315 für SN 10 bei 1,4 % und für SN 16 bei 2,2 % und somit im Bereich möglicher Messungsgenauigkeiten.
- Bei DN 500 betragen diese Abweichungen bei SN 10, 2,9 % und bei SN 16, 3,8 %, wobei in beiden Fällen der berechnete über dem gemessenen Auftriebswert lag, was das für DN 200 zu möglichen Messfehlern Gesagte bestätigt.

Auftriebsmessungen bei einer Viskosität, AM 63 entsprechend

- Bei einer Viskosität, die dem Ausbreitmaß 63 cm entsprach, war die Übereinstimmung der Stützkkräfte auch noch ausreichend genau, doch kam es hier schon zu Abweichungen zwischen 11 bis 23 %, wobei hierbei kritisch anzumerken ist, dass die tatsächlichen Auftriebskräfte durchgehend größer als die berechneten Werte waren.
- Hier müssen demzufolge in Zukunft die dazugehörigen Korrekturen im Rechenmodell vorgenommen werden.
- Auch hier war zu erkennen, dass die Abweichungen für DN 200 die größten Beträge, die für DN 500 die kleinsten aufwiesen.

2. Durchbiegungen



Durchbiegung für AM 49 cm [mm]					
Durchmesser	Ringsteifigkeit	berechneter Wert	gemessener Wert	Δ	%
DN 200	SN10	31,64	16,40	15,24	93%
	SN16	26,93	7,79	19,14	246%
DN 315	SN10	12,88	7,65	5,23	68%
	SN16	10,84	6,06	4,78	79%
DN 500	SN10	5,12	5,96	-0,84	-14%
	SN16	4,32	4,81	-0,49	-10%

Tabelle 3: Durchbiegungen für AM 49 cm

Durchbiegung für AM 63 cm [mm]					
Durchmesser	Ringsteifigkeit	berechneter Wert	gemessener Wert	Δ	%
DN 200	SN10	30,46	23,80	6,66	28%
	SN16	25,91	13,73	12,18	89%
DN 315	SN10	12,41	7,78	4,63	60%
	SN16	10,43	7,95	2,48	31%
DN 500	SN10	4,93	6,96	-2,03	-29%
	SN16	4,16	5,93	-1,77	-30%

Tabelle 4: Durchbiegungen für AM 63 cm

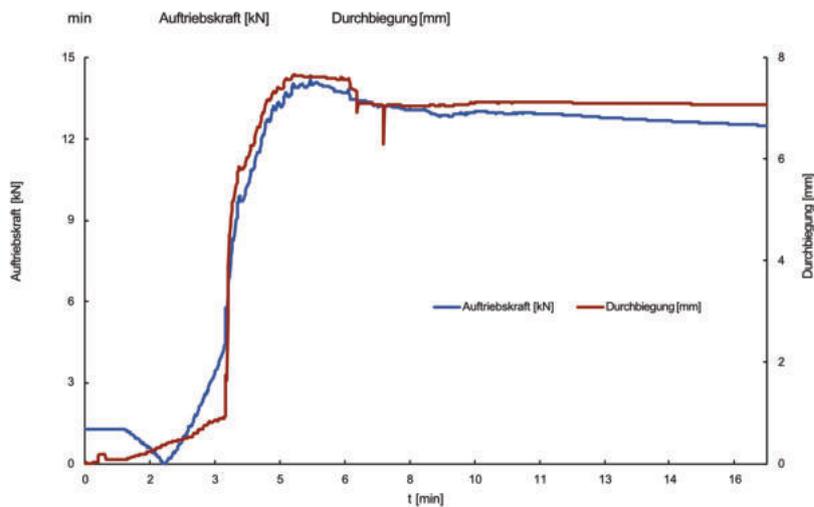
Ergebnisse (Tabellen 3+4):

- Die zuvor berechneten Werte für die Durchbiegungen sind konsistenzunabhängig für DN 200 und DN 315 durchgehend größer.
- Für DN 500 wurden jedoch konstant geringere Werte berechnet, welche zwischen 14 bis 30% kleiner waren.
- Demzufolge beinhalten die Berechnungen bis DN 315 bisher große Sicherheiten, für DN 500 müssen im Gegenzug jedoch weitere Sicherheiten hinzugefügt werden, wenn mit dem aktuellen Berechnungsmodell weitergearbeitet werden soll. Alternativ ist eine Verbesserung des Modells möglich, die das Materialverhalten besser abbildet. Solch ein Modell kann dann mittels der erhaltenen Messwerte kalibriert werden.
- Die bisher vorgegebenen E-Moduli der Rohre scheinen ebenfalls leicht korrekturbedürftig zu sein, so dass eine Ungenauigkeit entsprechenden Einfluss auf die Berechnungen hat.
- Gestützt wird diese These dadurch, dass die Formeln und die einwirkende Kraft für alle drei Rohre identisch war, die einzig verbleibenden Stellschrauben im aktuellen Modell liegen somit in den Flächenträgheitsmomenten (ausgedrückt über die Ringsteifigkeit) und die jeweiligen E-Moduli.
- Doch daneben haben auch noch andere Faktoren einen Einfluss auf die festgestellten Abweichungen zwischen berechneten und gemessenen Ergebnissen für Stützkräfte und Verformungen. So haben neben den Eigenschaften des Rohres vor allem die Einbautechnologie und die über die jeweilige Rezeptur einstellbare Rheologie des einzubauenden Flüssigbodens, wie auch die der Flüssigbodenherstellung zugrunde liegende Bodenart, Einfluss auf die Ergebnisse des aktuellen Rechenmodells der Auftriebsstatik.

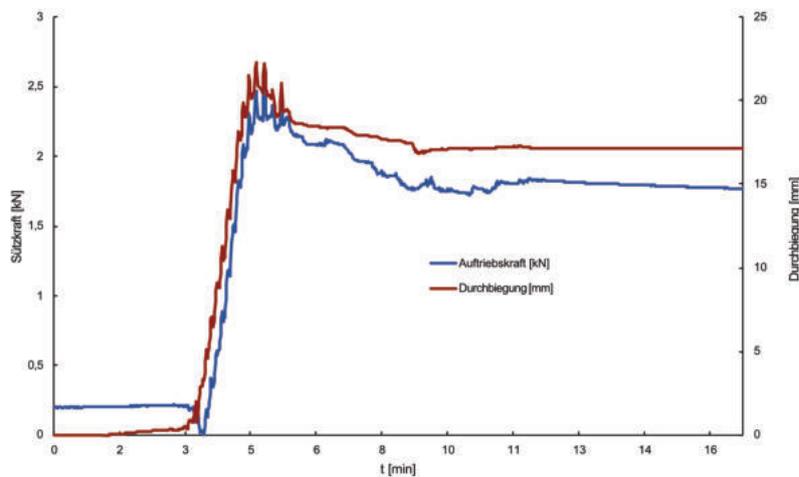
- Die genauere Quantifizierung dieser Einflüsse war vorerst nicht Gegenstand der Auswertung der Versuchsergebnisse, wird aber in die Veränderung des Berechnungsmodells einfließen. Die Priorität lag daher für die durchgeführten Versuche darin, die Materialkennwerte zu überprüfen und ihre Tauglichkeit oder einen erforderlichen Korrekturbedarf zu erkennen, was in der beabsichtigten Form gelang und in das Berechnungsmodell einfluss. Damit verbundene Leistungsreserven für die praktisch umsetzbare Bauleistung konnten für die untersuchte Rohrart und die eingesetzten Nennweiten identifiziert und quantifiziert werden.

3. Zeitliche Verläufe von Stützkraft und Verformung

3.1 AM63cm

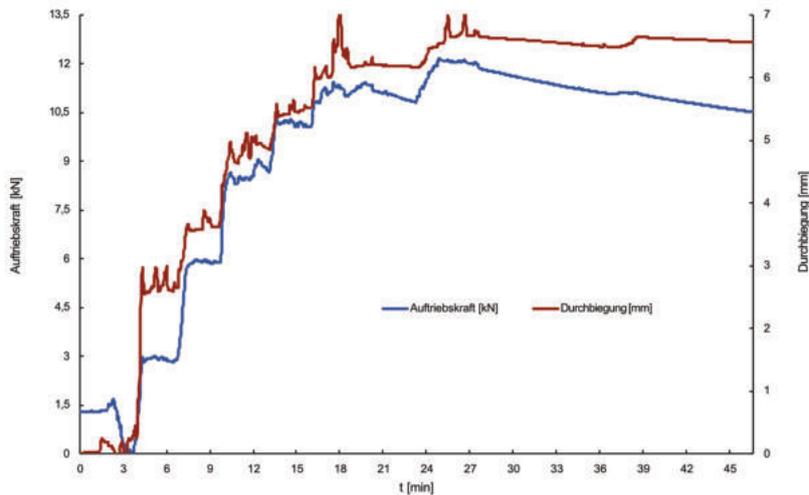


Zeitlicher Verlauf von Durchbiegung und Auftriebskraft bei DN 500 und einer Konsistenz von AM 63 cm

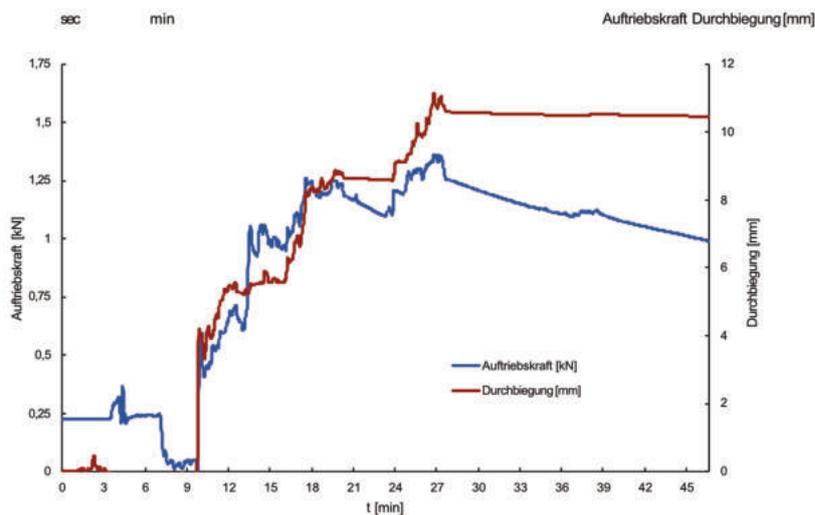


Zeitlicher Verlauf von Durchbiegung und Auftriebskraft bei DN 200 und einer Konsistenz von AM 63 cm

3.2 AM49cm



Zeitlicher Verlauf von Durchbiegung und Auftriebskraft bei DN 500 und einer Konsistenz von AM 49 cm



Zeitlicher Verlauf von Durchbiegung und Auftriebskraft bei DN 200 und einer Konsistenz von AM 49 cm

Erkenntnisse der Zeitlichen Verläufe:

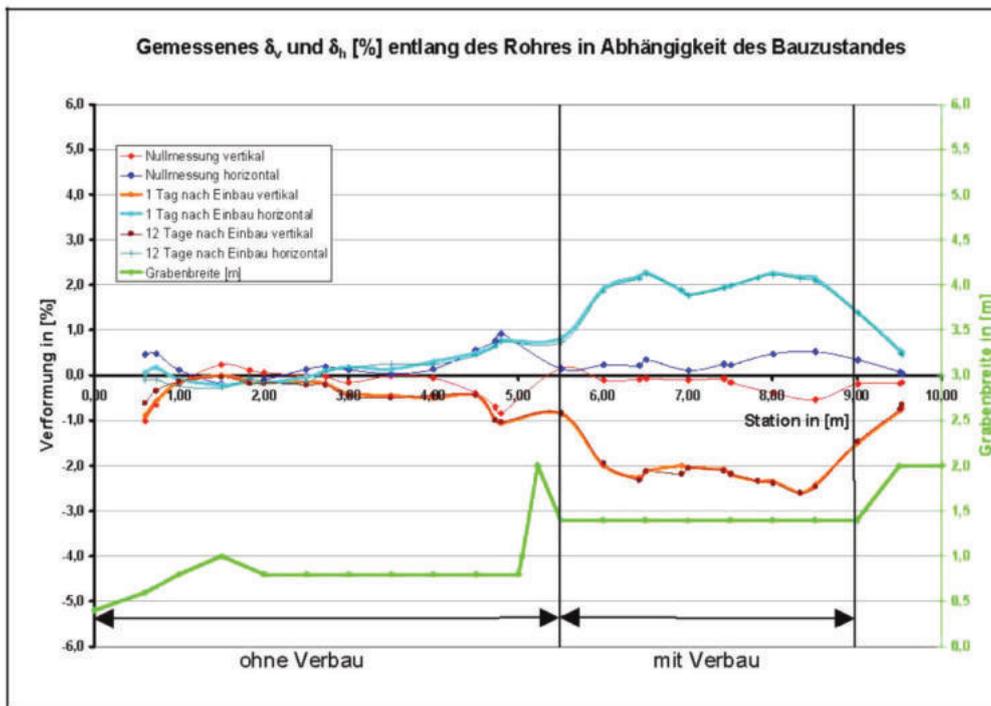
- Der Rückverfestigungsverlauf für AM 63 cm verläuft scheinbar schneller, doch liegt dieser Anschein an der langsameren Verfüllung als Folge der geringeren Fließfähigkeit beim Verfüllen und der Notwendigkeit, mit Hilfe einer Rüttelflasche für die gleichmäßige Verteilung des Flüssigbodens in der Schalung zu sorgen und einen künstlichen „Nullpunkt“ zu schaffen, von dem aus beginnend die Rückverfestigung gemessen werden konnte. Dieser Nullpunkt wurde zum Ausgangspunkt für den Beginn der Abnahme der Auftriebskraft.
- Die Auftriebskräfte und Durchbiegungen wiesen erwartungsgemäß bei den geringeren Viskositäten geringere Maxima auf.
- Der Verlauf der in den Versuchen gemessenen Auftriebskräfte und Durchbiegungen entsprach bei der fließfähigen Konsistenz besser den Baustellenbedingungen. Bei der höher viskosen Form des

Flüssigbodens waren diese Verläufe bis zum künstlichen Nullpunkt verfälscht und können erst ab diesem Moment in ihren Verläufen bewertet werden.

- Dafür zeigte es sich, dass der Abfall des Auftriebes bei höher viskosem Flüssigboden ab dem vorgenannten Nullpunkt erwartungsgemäß deutlicher und schneller verlief, als bei niedriger viskosem Flüssigboden. Optisch auffällig wird dies durch den steileren Abfall des den Druck- und damit Auftriebsverlauf darstellenden Funktionsgraphen (blaue Linie) bei dem Flüssigboden mit der höheren Viskosität (kleineres AM).
- Für die Baustellenpraxis bedeutet dies, dass durch die gute Kontrollierbarkeit der Auftriebskräfte und eine dadurch mögliche, bessere Kontrollierbarkeit der Summe der am Rohr wirkenden Kräfte, die RVH'n schneller gezogen werden können und somit technologische Reserven in Form von Zeitersparnis für den kompetenten Baubetrieb nutzbar werden.

Messung der Rohrdurchbiegung bei einer Viskosität, AM 49 entsprechend

- Die Abweichungen der berechneten von den gemessenen Werten sind hier am größten, wobei dies besonders auf die kleine Nennweite DN 200 zutrifft mit zunehmender Nennweite geringer wird.
- Zwischen DN 315 und DN 500 schlägt die Abweichung um und es kommt bei DN 500 erstmals zu einer größeren gemessenen Verformung als durch die Berechnungen ausgewiesen.
- Mit Ausnahme von DN 200 erbringt eine erhöhte Ringsteifigkeit bei DN 315 und DN 500 keine relevante Verringerung der gemessenen Durchbiegungen.
- Mit zunehmender Nennweite nimmt die Bedeutung der Ringsteifigkeit zur Reduzierung der Durchbiegung ab. Spätestens ab DN 315 ist eine erhöhte Ringsteifigkeit nicht mehr von Vorteil.
- Für kleinere Nennweiten der geprüften Rohre ist das Gegenteil aus den Messungen herleitbar.
- Interessant ist es auch, dass es im Verlauf der Rückverfestigung des Flüssigbodens zu einer Rückstellung der maximalen Verformung kommt, so dass die Fixierung auf die berechnete maximale Verformung der Rohre noch zusätzliche Reserven für das Rechenmodell darstellt, die zukünftig in das Modell einfließen und genutzt werden können.
- Das gemessene Verhalten der Rohre entspricht den Ergebnissen eines anderen F&E Projektes, das zusammen mit der RWTH Aachen und dem dortigen Institut für Baubetrieb und Projektmanagement im Jahre 2006 abgeschlossen wurde und neben der Rohrverformung auch die Spitzenspannungen untersuchte, die technologisch bedingt auftraten. Insofern bestätigt dieses F&E Projekt die Plausibilität der in Münster erhaltenen Messergebnisse und damit ihre weitere Nutzung für den bereits beschriebenen Zweck dieses Projektes.



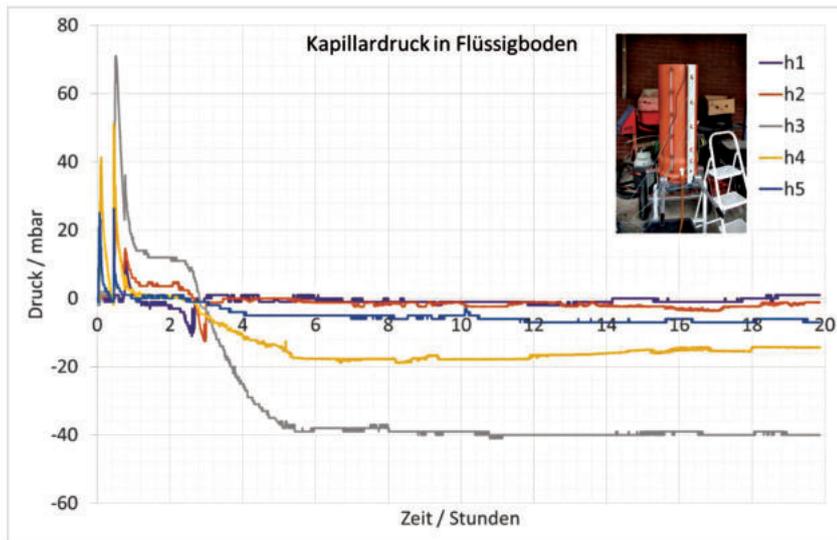
Längsprofil der Rohrverformung in Abhängigkeit von der Technologie [2]

- Dabei ebenfalls interessant ist die Tatsache, dass es bei geringeren Viskositäten des Flüssigbodens zu einer deutlicheren Rückstellung dieser maximalen Verformungen kommt, als bei geringer viskosem Flüssigboden. Dies ist für den Fachplaner und die ausführende Firma bei den technologischen Vorgaben für den Einbau wichtig und daher zu beachten.

Messung der Rohrdurchbiegung bei einer Viskosität, AM 63 entsprechend

- Auch hier waren relevante Abweichungen der berechneten von den gemessenen Werten in der Form festzustellen, dass die berechneten Verformungen bis DN 315 deutlich über den gemessenen lagen und diese Abweichungen mit zunehmenden Nennweiten der Rohre abnahmen.
- Ebenfalls für diese Viskosität konnte festgestellt werden, dass eine Erhöhung der Ringsteifigkeit ausschließlich bei der kleinen Nennweite von DN 200 eine relevante Verminderung der Rohrdurchbiegung zur Folge hatte, während bereits bei DN 315 die erhöhte Ringsteifigkeit keine relevante Verbesserung der Durchbiegung erbrachte, in einem Fall der Messungen die Durchbiegung bei SN 12 sogar mit einem geringeren Wert gemessen wurde, als bei SN 16.
- Der schon bei AM 49 festgestellte Effekt, dass es zwischen DN 315 und DN 500 zu einem Vorzeichenumschlag der Abweichungen kommt ist bei AM 63 noch deutlicher sichtbar. Bei DN 500 sind plötzlich die berechneten Durchbiegungen geringer, als die gemessenen. Mit Zunahme der Nennweiten nimmt das Verhältnis des Umfangs und damit der mit dem Flüssigboden im Kontakt stehenden und eine Reibkraft erzeugenden Fläche ab, so dass sich das Verhältnis der am Umfang wirkende Reibkraft zur volumenabhängigen Auftriebskraft ändert.
- Sinngemäß treffen die Aussagen der letzten 3 Anstriche des zu den Ergebnissen der Messungen beim AM 49 Gesagten auch hier zu. Das Ziehen der Rohrverlegehilfen zu dem, mittels der Auftriebsmessung an der Rohrverlegehilfe ermittelten, richtigen Zeitpunkt, führt zu einer Minimierung der Rohrverformung. Dies sind wichtige Reserven, wenn es um die Verwendung einer maximal zulässigen Rohrlänge im Sinne von erhöhten Bauleistungen geht, ohne dabei die maximal zulässige Rohrverformung zu überschreiten.
- Die Plausibilität der gemessenen Parameter konnte auch mit Hilfe der Ergebnisse eines anderen

F&E Projektes bestätigt werden, bei dem in Zusammenarbeit zwischen der Hochschule HTWL der Zusammenhang zwischen Auftrieb und dem hydrostatischen Druck im Flüssigboden (Kapillar- bzw. Poreninnendruck) gemessen wurde.



Kapillarinndruck in RSS Flüssigboden über die Zeit und in verschiedenen Verfüllhöhen [9]

Auch diese Ergebnisse flossen bereits in das bestehende Rechenmodell des Auftriebsverhaltens von Rohren während des Lastfalls „Auftrieb im RSS Flüssigboden“ ein, da die gemessenen Verläufe des Kapillardruckes das von Baustellen bekannte Verhalten des Flüssigbodens bestätigten.

Schlussfolgerungen

Aus den Stützkraftmessungen und gemessenen Durchbiegungen ergeben sich die folgenden Schlussfolgerungen und Verbesserungsmöglichkeiten für die, den statischen Nachweisen des Lastfalles „Auftrieb in RSS Flüssigboden“ zugrunde liegenden Berechnungsgrundlagen:

1. Die berechneten Auftriebskräfte lagen generell im Bereich der aktuell in der Praxis festgelegten Toleranzen von mind. 20-30 % der als Maximalkraft berechneten Auftriebs- hier Stützkraft.
2. Für die Viskosität im Bereich eines AM von ca. 50 cm +/- 2 cm, was einem baustellentypischen Fließverhalten als technologisch relevante Eigenschaft entspricht, ist die Übereinstimmung zwischen dem gemessenen und dem berechneten Auftrieb am größten und Abweichungen liegen in der Größenordnung unter 3 %.
3. Dies ist daraus erklärbar, dass in der Entwicklungsphase der Rechenmodelle Auftriebswerte für dieses Fließverhalten am häufigsten anfielen, da dieses AM am häufigsten als Zielausbreitmaß im Rahmen komplizierter Projekte genutzt und erst später durch das AM 60 cm +/- 2 cm als Vergleichswert ersetzt wurde. Es macht daher durchaus Sinn, dieses AM wieder zum technologischen Ziel-AM zu machen, von dem aus, entsprechend der gewünschten technologischen Zielgrößen, Abweichungen als technologische Zieleigenschaften festgelegt werden.
4. Die generell geringen Abweichungen der berechneten und der gemessenen Werte sind aus der Nutzung der über die RSS Rohrverlegehilfen beim Flüssigbodeneinbau ermittelten Ergebnisse für die Erarbeitung der Berechnungsgrundlagen der Statik für den Lastfall „Auftrieb im Flüssigboden“ zu erklären. Die dabei in der Vergangenheit ermittelten Auftriebskräfte und deren Verlauf über die Zeit sind Größen, die maßgeblich für die Kalibrierung der Berechnungsgrundlagen zur Verfügung

standen, um die sich aus den rheologischen Besonderheiten des RSS Flüssigbodens im Vergleich zu newtonschen Fluiden ergebenden Unterschiede ausreichend genau in den Berechnungen abbilden zu können.

5. Die Rolle einer abnehmenden Viskosität ist qualitativ zwar richtig abgebildet. Doch mittels der vorliegenden Messergebnisse kann die Berechnungsgrundlage jetzt noch genauer kalibriert werden.
6. Die in den aktuellen statischen Berechnungen verwendeten Reserven für die Biegesteifigkeit der geprüften Rohre können anwendungsbezogen bei einigen Nennweiten reduziert und damit die ohne Überschreitung der zulässigen Verformung/Durchbiegung einbaubaren Rohrlängen maximiert werden.
7. Durch die Nutzung der Versuchsergebnisse für eine Weiterentwicklung und bessere Kalibrierung der Berechnungsgrundlagen auf die tatsächlichen Materialkennwerte der geprüften Rohre, können für die Baufirmen Leistungsreserven durch die optimierten Rohrlängen mobilisiert werden.
8. Die Kosten für erhöhte Ringsteifigkeiten können ab Nennweiten von etwa DN 300 entfallen, da die Erhöhung der Ringsteifigkeit mit zunehmenden Nennweiten einen immer kleineren Effekt für die Reduzierung der Durchbiegung bewirkt.
9. Durch die Rolle der Viskosität und anderer, für das Kräftepaar Auftrieb und die Summe der dem Auftrieb entgegengerichteten Kräfte, relevanten Verhältnisse, können noch bessere, funktionale Zusammenhänge (z. B. Technologie, Bodenart, Rheologie usw.) erarbeitet werden und in die Berechnungsgrundlagen für die statischen Berechnungen des Lastfalls Auftrieb einfließen.
10. Bislang blieben in der Literatur die Einflüsse von innerpartikulären Kräften (in Form der Viskosität) auf die Auftriebswirkung vernachlässigt, dies sollte sich für zukünftige Berechnungen jedoch ändern. Die vom FIFB erarbeiteten Berechnungsmöglichkeiten stellen ein geeignetes Mittel dafür dar und stehen als Leistungen und Hilfsmittel für Planungen und Ausführungen zur Verfügung.
11. Das hier in seinen Ergebnissen beschriebene kleine Forschungsprojekt mit der Hochschule Münster und den Rohren der Firma REHAU hat einen wichtigen Impuls gesetzt, um Materialkennwerte genauer zu bestimmen und auch die vorgenannten Einflüsse auf den Auftriebsverlauf und damit die Rohrverformungen, in zukünftige Berechnungen verstärkt einfließen lassen zu können.
12. Das bereits bestehende Rechenmodell zur Berechnung von Auftrieb und Rohrverformungen bei Einsatz von RSS Flüssigboden kann nun für die Rohre der Firma REHAU mit Hilfe der hier dargestellten Versuchsergebnisse genauer kalibriert werden. Diese Konkretisierung dient dem Ziel, die nutzbaren Leistungsreserven für Baufirmen verfügbar zu machen, die derartige Rohre einsetzen.

Ausblick

Die hier gewählte Vorgehensweise ermöglicht es, das Materialverhalten der Rohre in ausreichender Genauigkeit für den Einbauzustand und damit den Lastfall „Einbau in Flüssigboden“ zu beschreiben und die maximal zulässigen Rohrverformungen im Rahmen der Rohrstatik ohne unnötige Reserven dafür zu nutzen, die Abstände der Rohrverlegehilfen zu maximieren. Rohrhersteller, wie die Firma REHAU, die in der Lage sind, ihren Kunden Rohre zu liefern, die individuell nach der von der Rohrstatik vorgegebenen Länge gefertigt werden, helfen damit ihren Kunden, die Bauleistung ohne Qualitätsprobleme zu verbessern und damit wirtschaftlicher zu bauen.

Aber auch die, den statischen Nachweisen für den Einbau von Rohren in Flüssigboden zugrunde liegenden Berechnungsgrundlagen, werden eine Weiterentwicklung und noch genauere Kalibrierung auf die Einbaubedingungen unter den konkreten Baustellenverhältnissen erfahren, die dann für alle die Rohrarten anwendbar sind, für die das Verhalten unter praktischen Einbaubedingungen messtechnisch erfasst wurde und für die diese Werte zur besseren funktionalen Abbildung des realen Verhaltens der jeweiligen Rohre verfügbar sind.

Zukünftig ist es so möglich, bei Einsatz der Rohre der geprüften Typen, Leistungen zu maximieren und dies gezielt bereits zu planen. Dabei wird die Rohrstatik als Teil der Planung genutzt und ermöglicht es der ausführenden Firma gezielt, die wirtschaftlichen Vorteile der Flüssigbodenbauweise leichter zu nutzen, indem die Leistungen in der vorgenannten Form maximiert werden können.

Die gemessenen Abhängigkeiten der Rohrdurchbiegung von der Viskosität des Flüssigbodens, den Nennweiten der Rohre, aber auch den technologischen Einflussmöglichkeiten auf die Rheologie des eingebauten und noch nicht rückverfestigten Flüssigbodens werden zukünftig sicher stärker bereits in der Planung berücksichtigt werden. Oder sie werden von pfiffigen Baufirmen dafür genutzt, den Vorteil dieser Kenntnisse für die Verbesserung des eigenen Betriebsergebnisses einzusetzen. Mit den Leistungen der noch jungen Kategorie der Fachplaner für Flüssigbodenanwendungen steht die Möglichkeit am Markt zur Verfügung, die beschriebenen technologischen und wirtschaftlichen Reserven bei Einsatz des Flüssigbodenverfahrens zu verwenden, ohne dafür an der Qualität einen Abstrich machen zu müssen. Die Rohrstatik für den Lastfall „Auftrieb im Flüssigboden“ als fachplanerische Leistung liefert den ausführenden Firmen dafür die nötigen Angaben. Somit kann bereits in der Planungsphase mit Hilfe der Rohrstatik die Voraussetzung dafür geschaffen werden, dass kompetente und technisch mit den passenden Hilfsmitteln agierende Baufirmen, die maximale Bauleistung erzielen und so die Wirtschaftlichkeit der Flüssigbodenbauweise weiter verbessern. Jedoch ist dieser Vorteil an den Einsatz von Rohren gebunden, für die sowohl die für die statischen Berechnungen erforderlichen Materialkennwerte verfügbar sind als auch eine Herstellung erfolgt, die in der Lage ist, die statisch bedingt, maximal zulässigen Rohrlängen individuell, baustellenabhängig zu fertigen.

Die Autoren:

Olaf Stolzenburg, Jürgen Detjens (Forschungsinstitut für Flüssigboden [FiFB], Leipzig)

Jan Zimmer (Logistic Engineering GmbH [LOGIC], Leipzig)

Kontakt:

Ingenieurbüro LOGIC Logistic Engineering GmbH

Wurzner Straße 139 • 04318 Leipzig

Tel: +49(0)341-244 69-0

Fax: +49(0)341-244 69-32

info@logic-engineering.de

Quellen:

1. Versuchsergebnisse Uni Leipzig/MFPA und IB LOGIC/FIFB aus dem Jahre 2000 zum zeitlichen Verlauf des Auftriebsverhaltens an Abwasserrohren, gebettet in RSS Flüssigboden [1]
2. Versuchsergebnisse zu Rohverformungen und der Wirkung von Lastspitzen auf Kunststoffrohre und Ergebnisbericht der RWTH Aachen, ibb in Zusammenarbeit mit IB LOGIC/FIFB, „Verbesserung der Verlegequalität von Abwasserkanälen aus Kunststoff – insbesondere unter den Aspekten Langzeitverhalten und Wirtschaftlichkeit – Versuche mit RSS Flüssigboden“ [2]
3. Ergebnisse der Entwicklung der Berechnungsmodelle für die Bettung von Rohren in RSS Flüssigboden und dabei speziell zur Quantifizierung der Wirkungen des Lastfalls „Auftrieb im Flüssigboden“ auf Rohrverformungen und am Rohr wirksamen Kräften, IB LOGIC [3]
4. Dokumentation der Untersuchungsergebnisse der HS Münster und des FIFB mit Ergebnisbericht des FiFB, „Auftriebsmessungen in RSSR Flüssigboden an der FH Münster“ [4]
5. Messergebnisse des Auftriebsverhaltens an Großrohren aus Kunststoff DN 2500 im Rahmen der Diplomarbeit der Frau Arduc, HS Bochum, Projekt Bergheim [5]
6. Messungen und Auswertungen des Auftriebsverhaltens von Baustellen des Ing. Büros LOGIC GmbH, z.B. Potsdam – Rudolf-Breitscheid-Straße, Polen – Sosnowiec, Schweiz – Lachen u.a. [6]
7. Datenbank des Forschungsinstituts für Flüssigboden mit den bisher gemessenen Auftriebskräften aus Messwerten der eingesetzten RSS Rohrverlegehilfen [7]
8. Auszug aus dem technologischen Konzept der Fachplanung für das Projekt Neustadt/Holstein, des IB LOGIC in Zusammenarbeit mit IB Höger & Partner
9. Bericht zu Versuchen der HTWK Leipzig in Zusammenarbeit mit dem FIFB – „Testmessungen an einem Versuchsaufbau zur Messung des Auftriebs und des hydrostatischen Druckes in Flüssigboden“ – Versuche mit RSS Flüssigboden [9]



RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e.V.

Walter-Köhn-Straße 1d • 04356 Leipzig

Ansprechpartner:
Andreas Bechert
Pressesprecher

Telefon: +49(0)34953/ 132300
E-Mail: andreas.bechert@googlemail.com

Pressemitteilung 02/2019

Flüssigboden: Neue Güte- und Prüfbestimmungen nach RAL GZ 507!

Leipzig, den 08.05.2019

Leipzig. Die Revision der neuen Güte- und Prüfbestimmungen in Form eines öffentlichen, herstellernerutralen und objektiven Anerkennungsverfahrens durch „Fach- und Verkehrskreise“ in Deutschland (Landes- Bundesbehörden u. Ministerien, betroffene Verbände, Verbraucher sowie Prüforganisationen) ist abgeschlossen und der Güteausschuss der RAL-Gütegemeinschaft Flüssigboden und in seiner letzten Sitzung am 24. April 2019 in Bonn beschlossen, dass die Neufassung damit ab sofort in Kraft tritt.

Alleinstellungsmerkmale der RAL Gütesicherung

Die Güte- und Prüfbestimmungen (GPB) sind das Alleinstellungsmerkmal von Gütegemeinschaften in der Kennzeichnungswelt und bilden in diesem Fall die Basis objektiver, sicher prüfbarer Kriterien beim Einsatz von Flüssigboden als Grundlage langlebiger Infrastruktursysteme, im Straßenbau und weiteren Anwendungen. Da die GPB die Grundlagen der Gütesicherung darstellen, werden in ihnen nur allgemeine und grundsätzliche Anforderungen an Flüssigboden nach RAL-GZ 507 erfasst und dargestellt. RAL-Gütesicherungen schließen damit aus, dass GPB allein das Interesse einzelner Marktteilnehmer widerspiegeln und die unternehmerische Freiheit gewahrt ist.

Gütegemeinschaften verstehen sich in diesem Sinn als Wertegemeinschaften, die sich den fairen und reellen Umgang mit dem Kunden zum Ziel gesetzt haben. Nur solche Unternehmen erhalten das Recht zur

Postanschrift:
Walter-Köhn-Straße 1d • 04356 Leipzig
Telefon: +49 (0)341 / 241767 21
E-Mail: info@ral-gg-fluessigboden.de

Vorsitzender:
Dipl.-Kfm. Joachim Kurth
stellv. Vorsitzender:
Dipl.-Ing. Mathias Wiemann

Commerzbank AG Eilenburg
IBAN: DE35 8608 0000 0173 4258 00
BIC: DRESDEFF860

Vereinsregister Leipzig
Vereinsregister Leipzig • VR-Nr. 4601
FA Leipzig I • StNr.: 232/141/07503

OBJEKTIVE QUALITÄT FÜR NACHHALTIGES BAUEN

Führung des RAL Gütezeichens, die sich freiwillig den strengen RAL Güte- und Prüfbestimmungen unterwerfen. Die Einhaltung dieser Bestimmungen wird durch die regelmäßige Eigen- und Fremdüberwachung sichergestellt.

Flüssigboden nach RAL Gütezeichen 507

Flüssigboden ist ein temporär fließfähiges, selbstverdichtendes und sich rückverfestigendes Verfüllmaterial und Baustoff. Er hat bodentypische Eigenschaften und kann sowohl aus Bodenmaterial als auch aus natürlichen und aufbereiteten Böden hergestellt werden. Flüssigboden wird aus Aushubmaterial oder Primärbaustoffen und Zusatzstoffen (Plastifikator, Beschleuniger, Wasser und ggf. Spezialkalk) hergestellt.

Das Herstellverfahren ermöglicht es, beliebige Arten von Bodenaushub, industriell hergestellte und natürliche Gesteinskörnungen, sowie andere mineralische Stoffe zeitweise fließfähig zu machen, selbstverdichtend ohne externe Verdichtungsleistung einzubauen und dabei bodenähnliche bis bodengleiche Verhältnisse im bodenmechanischen und bodenphysikalischen Sinn des anstehenden Bodens wiederherzustellen.

Die Begrifflichkeit des Wortes „Flüssigboden“ steht vollumfänglich für eine Beschreibung eines Verfüllmaterials oder Baustoffes in einer Ausschreibung oder einem Angebot nicht ausreichend und bedarf einer Spezifikation. Es sind genauere Anforderungen zu definieren, um die gewünschten Grundeigenschaften des „FB“ objekt- und baustellenspezifisch festzulegen.

Die Eigenschaften des Flüssigbodens definieren sich über die gewünschten Anforderungen. Dies wären z.B. die Festlegung der max. einaxialen Druckfestigkeit, der Wasserdurchlässigkeit, der Schadstofffreiheit oder besonderer Eigenschaften, wie Wärmeleitfähigkeit, Haftreibung u.a.m.. Die RAL-Gütegemeinschaft Flüssigboden e.V. regelt und definiert in ihren Güte- und Prüfbestimmungen die Anforderungen, die Güte und die Qualität von Flüssigbodens unter all diesen Gesichtspunkten.

Die neuen Güte- und Prüfbestimmungen der RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e.V. findet man auf der Homepage als Download-Dokument: <https://www.ral-gg-fluessigboden.de/index.php/bietereignung/guete-pruef-bestimmungen> Hier kann man auch die Printausgabe ist über den Beuth Verlag ordern.

Autoren: Andreas Bechert - Pressesprecher RAL GG FB & Olaf Stolzenburg - Direktor des FiFB Leipzig



Das RAL-Gütezeichen 507 für Flüssigboden.
Grafik: RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e. V.

Flüssigboden nach RAL-Gütezeichen 507

Leipzig, den 19.02.2019

Leipzig/Schlins. Das Flüssigbodenverfahren nach RAL Gütezeichen 507, ist ein Prinzip zur Herstellung eines Versatzbaustoffes, der variabel an die Erfordernisse des jeweiligen Einsatzfalles angepasst werden kann. Dabei wird aus allen anfallenden Aushub- bis Abraummassen vor Ort ein Verfüllmaterial hergestellt welches sich anschließend ohne externe Verdichtungsarbeit sowie ohne die Ausbildung starrer Strukturen hydraulischer Bindemittel mit bodentypischen Verhalten rückverfestigt sowie eine gleichmäßig gut verdichtete untere und obere Bettungsschicht garantiert ist.



Flüssigboden nach RAL GG 507 ist 100% umweltverträglich, da immer die Wiederverwendung des auf der Baustelle anfallenden Bodens im Mittelpunkt steht. Dies bedeutet: kurze Transportwege; geringe Straßenbelastung und eine spürbare Reduzierung der CO₂-Emission. Weiterhin eine erhebliche Kostenreduzierung bei Baumaßnahmen möglich.

Kanalbau mit Flüssigboden nach RAL Gütezeichen 507. Fotos: RAL GG Flüssigboden Leipzig e. V.

Anwendungsmöglichkeiten

Kanal- und Rohrleitungs- und Straßenuntergrundbau (im Grundwasser bis unter Wasser ohne Wasserhaltung und dichtem Verbau), Wiederverfüllung, Bodenstabilisierung, Immobilisierung von kontaminierten Böden, für spezielle Anwendungen im Elektro-, Energie- und Fernwärmeleitungsbau, Hochwasserschutz, Deich-, Hafen- und Wasserbau.

Postanschrift:
Walter-Köhn-Straße 1d • 04356 Leipzig
Telefon: +49 (0)341 / 241767 21
E-Mail: info@ral-gg-fluessigboden.de

Vorsitzender:
Dipl.-Kfm. Joachim Kurth
stellv. Vorsitzender:
Dipl.-Ing. Mathias Wiemann

Commerzbank AG Eilenburg
IBAN: DE35 8608 0000 0173 4258 00
BIC: DRESDEFF860

Vereinsitz: Leipzig
Vereinsregister Leipzig • VR-Nr. 4601
FA Leipzig I • StNr.: 232/141/07503



Die Einsatzmöglichkeiten der Flüssigbodentechnologie sind sehr vielfältig.

Gütesicherung

Wichtig ist eine dokumentierte Gütesicherung auf Basis der Güte- und Prüfbestimmungen gemäß RAL Gütezeichen 507 – beginnende mit der Planung und dem genauen Wissen über den Untergrund sowie der relevanten Einbaubedingungen. (Link: <https://www.ral-gg-fluessigboden.de/index.php/bietereignung/guete-pruef-bestimmungen>) Dies vermeidet Bau- und Folgeschäden. Die RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e. V. bietet regelmäßig die Ausbildung und Zertifizierung zum Gütesicherungsbeauftragten an, in welcher fundiertes Fachwissen vermittelt wird, um Flüssigboden auf hohem Qualitätsniveau herzustellen und einzubauen. Der erfolgreiche Abschluss ist Voraussetzung für die Erlangung des RAL-Gütezeichens 507 durch Bauunternehmen. Die nächsten Termine finden Sie unter: <https://www.ral-gg-fluessigboden.de/index.php/ueber-uns/seminare>. Für November 2019 ist derzeit auch ein Seminar in Salzburg in Planung.

Ihr Ansprechpartner in Österreich: **Herr DI Gerhard Tschabrun**

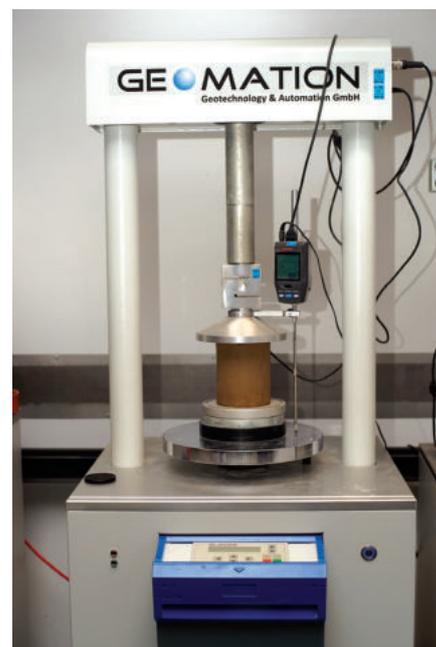


RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden – Büro Austria

Hauptstraße 15 – A-6824 Schlins

Tel.: +43 5524 22147 13

Mail: info@ral-gg-fluessigboden.at



Druckfestigkeitsmessung an einer FB-Probe. Die Gütesicherung spielt bei der erfolgreichen Anwendung eine entscheidende Rolle.

Autoren:

Andreas Bechert
Pressesprecher
RAL GG FB

Olaf Stolzenburg
Direktor FiFB
Leipzig

Flüssigboden und die Kreislaufwirtschaft – erste Erfahrungen in Dresden

Dresden/Leipzig. Das RSS Flüssigbodenverfahren, mit dem man Flüssigboden nach RAL 507 herstellt, ist nun auch in Dresden verfügbar, einschließlich aller notwendigen Unterstützung bei Engineering und Gütesicherung, um innovative technische und dennoch wirtschaftlich vorteilhafte Lösungen nutzen zu können. Vor allem werden so schadensfreie Baustellen abgesichert. Die Firma Nordmineral hat sich die zur Zeit modernste und wirtschaftlichste Technik zur Herstellung von RSS Flüssigboden angeschafft, eine sogenannte RSS Kompaktanlage des Typs 5.2, mit der sie in der Lage ist, die verschiedensten Bodenarten zu RSS Flüssigboden zu verarbeiten und dabei die bodenmechanischen Eigenschaften, die technologischen Eigenschaften und viele spezielle Gebrauchseigenschaften die für die jeweilige Baustelle erforderlich sind, exakt einzuhalten. So werden die Anwender sowohl sicher vor Bauschäden als Ergebnis von Pfusch geschützt, als auch bei der Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Bauprojekte unterstützt. Damit stehen der Bauwirtschaft im Raum Dresden ab sofort die Möglichkeiten von über 170 verschiedenen Anwendungen von RSS Flüssigboden zur Verfügung, kompetent begleitet von allem erforderlichen ingenieurtechnischen Service und kompetenter Gütesicherung für alle Anwender. Aber auch die Weiterbildung für Planer bis Baufirmen ist über Partner von Firma Nordmineral jetzt in der Region verfügbar. Nordmineral selbst hat aber bereits vor dem Kauf der Technik Erfahrungen mit dem Verfahren in Dresden gesammelt.

„Seit Donnerstag regnet es im Osten und Süden Deutschlands fast ununterbrochen. Dabei kamen bis jetzt enorme Niederschlagsmengen zusammen, die örtlich über 300 Liter pro Quadratmeter lagen. Auslöser war ein umfangreiches Tiefdruckgebiet über dem östlichen Mitteleuropa.“ So lautete die amtliche Meldung des Deutschen Wetterdienstes am 3. Juni 2013. Das folgende Hochwasser der Elbe in Dresden richtete zwar nicht mehr so hohe Schäden an wie die Flut 2002 – dennoch wurde nach Rückgang des Wassers eine Schadenssumme



www.logic-engineering.com
Forschungsinstitut für Flüssigboden GmbH
Wurzner Straße 139
04318 Leipzig
Tel: 0341-24469 11
Fax: 03423-73424 74
info@fi-fb.de
www.fi-fb.de



Eines der bekanntesten Wahrzeichen Dresdens ist der Goldener Reiter (Königs August des Starke) auf dem Neustädter Markt. Foto: © CEphoto, Uwe Aranas



Nach der Elbeflut im Sommer 2013 war der Fußgängertunnel am Neustädter Markt für Wochen geflutet. . Foto: Joachim Renne

von 170 Millionen Euro in der sächsischen Landeshauptstadt diagnostiziert. Wieder einmal betroffen war der Bereich des Neustädter Marktes – der Platz selbst stand unter Wasser und natürlich auch der unter ihm verlaufende Fußgängertunnel. Die Fördermittelzusage im Dresdener Rathaus – die zur Beseitigung der Schäden an dieser Stelle angedacht war – wurde an eine strikte Auflage gebunden: Fördermittel zur Schadensbeseitigung erhält die Stadt Dresden nur, wenn die nachhaltige Nutzbarkeit der Verkehrsanlage Neustädter Markt sichergestellt wird. Dies war in Hinblick auf mögliche weitere Hochwasser nur dann gegeben, wenn der Tunnel verfüllt und als Ersatz für die Passanten eine von Hochwasser unabhängige neue oberirdische Querung über die Köpckestraße hergestellt wird.

Die Kommune schrieb dieses Projekt aus. Den Zuschlag als Hauptauftragnehmer erhielt die ortsansässige Firma H. Nestler GmbH & Co. KG. Als Subunternehmen agierte dabei die Nordmineral Recycling GmbH & Co. KG – ebenfalls aus Dresden – die das Projekt der Tunnelverfüllung mit „RSS-Flüssigboden“ vorschlug. Die speziell auf die Anforderungen des Projektes abgestimmten Eigenschaften des RSS Flüssigbodens mit den daraus resultierenden technologischen und technischen Vorteilen waren es, die sich in Kostenvorteilen niederschlugen, die die Verantwortlichen im Rathaus überzeugten und so für den Vergabebeschlag maßgebend waren.

Was ist Flüssigboden?

Unter RSS-Flüssigboden nach RAL Gütezeichen 507 versteht man das Ergebnis der Anwendung eines Verfahrens, mit dessen Hilfe jede Art von Bodenaushub zeitweise in einen fließfähigen Zustand versetzt werden kann, wobei die bodenmechanisch wichtigen Eigenschaften des Ausgangsbodens weitgehend erhalten bleiben können. Die Aufbereitung des Bodenaushubes zu Flüssigboden nach RAL GZ 507 kann dabei in zentralen Anlagen oder mit kompakten Anlagen unterschiedlicher Größe und kompletter Überwachung und Aufzeichnung des gesamten Herstellprozesses direkt auf der Baustelle erfolgen. Das Ziel ist dabei in den meisten Fällen, dass der Flüssigboden nach seiner Rückverfestigung wieder Eigenschaften erreicht, die denen des Umgebungsbodens auf der Baustelle weitestgehend entsprechen. Die mit Flüssigboden verfüllten Bereiche reagieren somit in der gleichen Art und Weise wie der umliegende gewachsene Boden u.a. auf Feuchtigkeits-, Last- sowie Temperaturänderungen. Im Bedarfsfall können Eigenschaften wie Volumenkonstanz, Belastbarkeit, das Schwind- und Quellverhalten, die Schwingungsdämpfung, die Dichte, die Wasserdurchlässigkeit, Wärmeleitfähigkeit, Wärmeübergangswiderstände, Reibkräfte, Kohäsion usw. gezielt verändert werden. Da die Rückverfestigung nicht primär von der Wirkung hydraulischer Bindemittel, sondern hauptsächlich von gesteuerter Kohäsion und reaktionskinetischen Einwirkungen als Folge der Verfahrensspezifik (Rückverfestigung als friktionell, kohäsive Rückverfestigung im Gegensatz zur Rückverfestigung auf der Grundlage der Ausbildung starrer Fremdstrukturen bei hydraulisch abbindenden Materialien, für die beispielsweise die Zementsteinbildung verantwortlich ist) abhängt, können noch ganz andere Wirkungen mit Hilfe des RSS Flüssigbodenverfahrens erzielt werden.

Das Ergebnis überzeugt!

Noch heute erinnert sich Knut Seifert, Betriebsleiter der Nordmineral Recycling GmbH & Co. KG Dresden, in sehr positiver Weise an dieses Projekt. Knut Seifert traf das erste Mal im Jahr 2013 mit Olaf Stolzenburg vom Leipziger Forschungsinstitut für Flüssigboden (FiFB) zusammen. Stolzenburg – in Fachkreis als „Vater des



RSS Flüssigboden® entspricht den Anforderungen des RAL-Gütezeichen 507

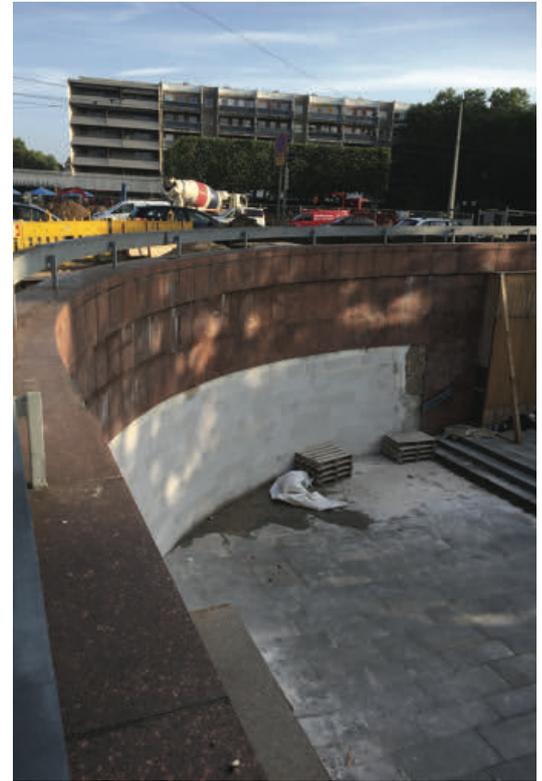
Flüssigbodens“ bekannt – fand schnell Gehör bei dem Dresdener Unternehmen und konnte sie für dieses neuartige Verfahren begeistern. In den Folgejahren wurde auch das Verfahren an sich in Dresden und über die Grenzen des Freistaates hinaus publik. Immer häufiger wurden Baustellen ausgeschrieben, die den Einsatz des Flüssigbodenverfahrens zwingend verlangten. „Der Einsatz von RSS-Flüssigboden bei der Tunnelverfüllung am Neustädter Markt“, so stellt Knut Seifert fest, „war die erste große Baumaßnahme in Dresden, wo dieses Verfahren durch unsere Firma eingesetzt wurde.“

Zuerst wurden damals sämtliche technische Einrichtungen zurückgebaut und der Tunnel entkernt sowie Brüstungen und Wände in den Bereichen der Tunnelrampen bis etwa 50 Zentimeter unterhalb der Geländeoberfläche abgebrochen. Im westlichen Bereich des Haupttunnels entstand eine großzügige Kabeltrasse. Sie diente zur Aufnahme der vorhandenen Leitungen und ist für zukünftige Leitungen der verschiedenen Versorgungsträger bestimmt.

Zur Vorbereitung der Verfüllung wurde der Tunnelbereich mit gemauerten Wänden abgeschlossen. Knut Seifert: „Insgesamt wurden bei dieser Maßnahme mehrere tausend Kubikmeter RSS-Flüssigboden hergestellt. Auf der Grundlage des von einem Fachplaner für Flüssigbodenanwendungen erarbeiteten technologischen, technischen und logistischen Konzeptes wurde der Tunnel bis unter die Deckenunterkante geflutet und verpresst. Dies geschah über mehrere „Einfüllstutzen“ und nach einem vorgegebenen Konzept. Über den kompletten Querschnitt des Tunnel’s, auch an der gegenüberliegenden Seite des Elbeufers konnte so eine komplette Verfüllung des gigantischen Hohlraumes gewährleistet werden. Der Rückverfestigungsprozess des RSS-Flüssigboden erfolgte nach exakter Vorgabe. Dieser zeitliche Verlauf der Rückverfestigung wurde über die Rezeptur gesteuert.

Dieser Prozess ist nicht mit dem Aushärten, z.B. von Beton oder Mörtel, gleichzusetzen, die starre Strukturen und ein für hydraulisch abbindende Materialien charakteristisches Schwindverhalten aufweisen. Wie Reinhard Koettnitz, Leiter des Straßen- und Tiefbauamtes Dresden gegenüber dem Mitteldeutschen Rundfunk in einem Live-Interview von

der Baustelle erklärte, handelt es sich bei diesem RSS-Flüssigboden um ein „spatenlösliches“ Verfüllmaterial. Sollten also einmal spätere Arbeiten in diesem Bereich notwendig werden, dann stoßen die Arbeiter – so Koettnitz wörtlich – „nicht auf einen riesigen Beton-klotz!“



Vor der Verfüllung wurde der Tunnel beidseitig mit Wänden zugemauert. Foto: FiFB Leipzig



Im westlichen Bereich des Haupttunnels entstand eine großzügige Kabeltrasse. Foto: FiFB Leipzig



Über etliche Einfüllstützen wurde der RSS-Flüssigboden eingeleitet. (l.) Im Tunnel ist die Kabeltrasse sowie der sich langsam ausbreitende Flüssigboden zu sehen. Fotos: FiFB Leipzig

RSS-Kompaktanlage

Um den RSS-Flüssigboden nach RAL Gütezeichen 507 herzustellen, mietete sich die Nordmineral Recycling GmbH & Co. KG eine Flüssigboden Kompaktanlage bei der PROV Produktions- und Vertriebsgesellschaft mbH in Eilenburg. Das Unternehmen hat sich auf die Herstellung derartiger Systeme spezialisiert. Damit hatte Nordmineral die technische Ausrüstung. Doch die PROV bietet dazu auch allen erforderlichen Support an, um den jeweils zweckbestimmten RSS-Flüssigboden herstellen zu können. Der war in diesem Fall besonders wichtig, denn Zusammensetzung und technologisch relevante Eigenschaften, wie z.B. Viskosität, Rückverfestigungsverhalten und zeitlicher Verlauf, Fließfähigkeit und das temporär thixotrope Verhalten des Materials mussten genau stimmen, um die technologischen Anforderungen zu erfüllen und so die Ansprüche des Bauherrn. Der Partner für die Erstellung und Umsetzung des Einbaukonzeptes war das Fachplanungsbüro für Flüssigbodenanwendungen LOGIC aus Leipzig, das in Kooperation mit dem Forschungsinstitut für Flüssigboden, ebenfalls aus Leipzig, auch die erforderliche Gütesicherung ermöglichte.



Die RSS-Kompaktanlage auf dem Gelände der Firma Nordmineral im Einsatz. Die Steuerung der Anlage und die richtige Zusammensetzung des Flüssigbodens sind für qualitativen Einbau enorm wichtig. Fotos: FiFB Leipzig

Flüssigboden herzustellen klingt im ersten Moment einfach, doch setzt die Forderung nach mängel- und schadensfreien Baustellen viele fachliche Vorarbeiten voraus, die nur durch eine entsprechende Ausbildung und die nötige technische Ausrüstung risikofrei abgesichert werden können. Das dafür erforderliche Fachwissen betrifft sowohl die Planung samt Fachplanung Flüssigboden, einschließlich der Baugrunder-

kundung, wie auch die bauliche Ausführung. Über den Verfahrensentwickler, das FiFB, steht das nötige Fachwissen für Interessierte zur Verfügung. Die RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e. V. vermittelt dazu ergänzend, das nötige Fachwissen für eine korrekte Gütesicherung des Prozesses von der Herstellung bis zum Einbau des Flüssigbodens

Interessierte Planer können heutzutage über den Verfahrensentwickler in Leipzig das erforderliche Fachwissen auf dem Wege einer entsprechenden Ausbildung erwerben oder einen speziellen Fachplaner für Flüssigbodenanwendungen, analog einem Statiker oder einem Tragwerksplaner für ein konkretes Projekt an ihre Seite holen.

Kompaktanlage wird in diesen Tagen aufgestellt

Das Ziel der Nordmineral Recycling GmbH & Co.KG ist es, noch im Februar 2019 die neue moderne Flüssigboden-Kompaktanlage in Dresden auf dem Gelände der Nordmineral Recycling GmbH & Co. KG aufzustellen. Der Betriebsleiter sieht dies als eine hervorragende Investition in die Zukunft: „Die Nachfrage in puncto Flüssigboden steigt von Jahr zu Jahr – wir kommen mit dieser Neu-

anschaffung genau zum richtigen Zeitpunkt, um den Großraum Dresden mit dem Ergebnis dieses revolutionären Verfahrens beliefern zu können!“

Und wie es der Zufall so will, wird in wenigen Tagen das Thema „Flüssigboden“ in Dresden erneut zum Thema werden. Unter dem Dach der HTW findet hier vom 7. bis 8. März 2019 die 4. D.A.CH-Tagung Flüssigboden statt, zu der Experten, Planer, Anwender und zertifizierte Firmen aus Deutschland, Österreich und der Schweiz erwartet werden. Knut Seifert bietet interessierten Tagungsteilnehmer eine Exkursion auf sein Firmengelände an, die vor Ort die modernste Technik in Form der Flüssigboden-Kompaktanlage und ihre Funktionsweise kennenlernen möchten. Andreas Bechert

Kontakt:

Ingenieurbüro LOGIC Logistic Engineering GmbH

Wurzner Straße 139 • 04318 Leipzig

Tel: +49(0)341-244 69-0

Fax: +49(0)341-244 69-32

info@logic-engineering.de



Im Labor des Forschungsinstitutes in Leipzig wird exakt kontrolliert und gemessen, ob die Zusammensetzung des Flüssigbodens den Planvorgaben entspricht. Foto: FiFB Leipzig



Ingenieurbüro LOGIC
Logistic Engineering GmbH
Wurzner Straße 139
04318 Leipzig
Tel: 0341-244 69-0
Fax: 0341-244 69-32
info@logic-engineering.de
www.logic-engineering.com

Was ist RSS-Flüssigboden?

Flüssigboden nach RAL Gütezeichen 507 ist ein Verfüllmaterial, das auf der Grundlage eines Verfahrens hergestellt wurde, das vor über 22 Jahren durch das derzeitige Forschungsinstitut für Flüssigboden (FiFB) aus Leipzig entwickelt wurde. Im Rahmen eines damaligen Forschungsprojektes, das sich mit Lösungen von Infrastrukturproblemen auf der Grundlage komplexer Leitungstrassen beschäftigte, die den gemeinsamen Bau von Regenwasser, Schmutzwasser und sonstigen Versorgungsleitungen betrafen, erhielt das Ergebnis dieser Verfahrensentwicklung die Bezeichnung RSS-Flüssigbodenverfahren. Dieses damals neue Verfahren löste eine Reihe von Problemen des klassischen Kanal- und Leitungsbaus. Deshalb gab es auch schnell Nachnutzer des Begriffes „Flüssigboden“, deren Angebote allerdings oft nichts mit Flüssigboden im Sinne der Vermeidung von mörtel- oder betonartigen Strukturen oder gar der Erhaltung bodentypischer Eigenschaften zu tun hatten. Zur Vermeidung der zunehmenden Anzahl von Bauschäden durch die mitunter sogar wohl gar gezielt irreführende Verwendung des Begriffes „Flüssigboden“, gründeten primär Auftraggeber und Planer im Jahre 2008 die RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e. V. Deren erklärtes Ziel wurde es, transparente Maßstäbe der Gütesicherung als Hilfsmittel zur sicheren Vermeidung von Bauschäden zu erarbeiten und verfügbar zu machen.



Forschungsinstitut für Flüssigboden GmbH
Wurzner Straße 139
04318 Leipzig
Tel: 0341-24469 11
Fax: 03423-73424 74
info@fi-fb.de
www.fi-fb.de

Die Aufbereitung des Bodenaushubes zu Flüssigboden nach RAL Gütezeichen 507 kann dabei in zentralen Anlagen oder mit kompakten Anlagen unterschiedlicher Größe und kompletter Überwachung und Aufzeichnung des gesamten Herstellprozesses direkt auf der Baustelle erfolgen. Das Ziel ist dabei in den meisten Fällen, dass der Flüssigboden nach seiner Rückverfestigung wieder Eigenschaften erreicht, die denen des Umgebungsbodens auf der Baustelle weitestgehend entsprechen. Die mit Flüssigboden verfüllten Bereiche reagieren somit in der gleichen Art und Weise wie der umliegende gewachsene Boden u. a. auf Feuchtigkeits-, Last- sowie Temperaturänderungen. Im Bedarfsfall können Eigenschaften wie Volumenkonstanz, Belastbarkeit, das Schwind- und Quellverhalten, die Schwingungsdämpfung, die Dichte, die Wasserdurchlässigkeit, Wärmeleitfähigkeit, Wärmeübergangswiderstände, Reibkräfte, Kohäsion usw. gezielt verändert werden. Da die Rückverfestigung nicht primär von der Wirkung hydraulischer Bindemittel, sondern hauptsächlich von gesteuerter Kohäsion und reaktionskinetischen Einwirkungen als Folge der Verfahrensspezifika (Rückverfestigung als friktionell, kohäsive Rückverfestigung im Gegensatz zur Rückverfestigung auf der Grundlage der Ausbildung geschlossener, starrer Fremdstrukturen bei hydraulisch abbindenden Materialien, für die beispielsweise die Zementsteinbildung verantwortlich ist) abhängt, können noch ganz andere Wirkungen mit Hilfe des RSS-Flüssigbodenverfahrens erzielt werden.

Ansprechpartner f.d. Presse:
Ing. Andreas Bechert
Pressesprecher des FiFB Leipzig
Tel: 0151-24 13 55 02
andreas.bechert@googlemail.com

Mit dem Flüssigbodenverfahren wurden die Grenzen und Nachteile älterer Entwicklungen zeitweise fließfähiger Materialien wie z. B. Bodenmörtel erfolgreich überwunden und erstmals ein – für alle Bodenarten und deren Wiederverwendung als Verfüllmaterial und Baustoff – geeignetes Verfahren entwickelt.

Ist Flüssigboden immer gleich Flüssigboden?

Leider nein! Flüssigboden herzustellen klingt im ersten Moment einfach, doch setzt die Forderung nach mangel- und schadensfreien Baustellen viele fachliche Vorarbeiten voraus, die nur durch eine entsprechende Ausbildung und die nötige technische Ausrüstung risikofrei abgesichert werden können. Das dafür erforderliche Fachwissen betrifft sowohl die Planung samt Fachplanung Flüssigboden, einschließlich der Baugrunderkundung, wie auch die bauliche Ausführung. Über den Verfahrensentwickler, das FiFB, steht das nötige Fachwissen für Interessierte zur Verfügung. Die RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e. V. vermittelt dazu ergänzend das nötige Fachwissen für eine korrekte Gütesicherung des Prozesses von der Herstellung bis zum Einbau des Flüssigbodens.

Interessierte Planer können heutzutage über den Verfahrensentwickler in Leipzig das erforderliche technische bis technologische Fachwissen zur Anwendung der vom FiFB, oft mit Partner zusammen entwickelten, vielen Anwendungsmöglichkeiten auf dem Wege einer entsprechenden Ausbildung erwerben. Alternativ können sie sich auch einen speziellen Fachplaner für Flüssigbodenanwendungen, analog einem Statiker oder einem Tragwerksplaner, für ein konkretes Projekt an ihre Seite holen.

Die Grundlagen der Gütesicherung bei der Anwendung des vom FiFB entwickelten RSS-Flüssigbodenverfahrens erfolgen auf Basis der Anforderungen des RAL Gütezeichens 507 Flüssigboden und nutzen die Entwicklungen und Erfahrungen des Verfahrensentwicklers, der diese schon bei der Gründung dieser RAL Gütegemeinschaft offen und rückhaltlos zur Verfügung stellte. Dies ist sicher besonders wichtig, da inzwischen der Begriff „Flüssigboden“ sehr oft aufgegriffen und auch sehr oft völlig falsch, mitunter wohl sogar von einzelnen Anbietern mit irreführender Absicht, für alle zeitweise fließfähigen Verfüllmaterialien gebraucht wird. Doch diejenigen, die diesen Begriff technisch falsch nutzen und dabei, oft ganz leicht erkennbare wirtschaftliche Interessen durchzusetzen versuchen, schaden sowohl denen wirtschaftlich, die ihnen vertrauen als auch der Umwelt und dem Klimaschutz. Denn alle zeitweise fließfähigen Verfüllmaterialien mit Ausnahme der mit dem RSS-Flüssigbodenverfahren hergestellten, können nicht bauschadensfrei eingesetzt werden. Sie bilden in der Regel starre Fremdkörper unter den Straßen und schädigen so die in ihnen gebetteten Rohre, Leitungen und Kabel auf Dauer, nicht zu vergessen damit auch die Straßen, unter denen so gebaut wurde. Daher haben primär Bauherren vor über 10 Jahren in Zusammenarbeit mit Planern, Baugrundgutachtern und dem Verfahrensentwickler die RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden ins Leben gerufen, die sich damals das Ziel setzte, die Basics der Gütesicherung als Grundlage schadensfreier Baustellen zu vermitteln. Das dafür erforderliche Fachwissen stellte das FiFB als Verfahrensentwickler zur Verfügung. Bei anspruchsvolleren Anwendungen erforderliches technologisches und Verfahrenswissen wird Interessenten durch den Verfahrensentwickler in Zusammenarbeit mit kompetenten Partnern aus Wissenschaft und Technik angeboten und steht somit jedem potentiellen Nutzer zur Verfügung. Dieses erforderliche Wissen zur aktiven ingenieurtechnischen Nutzung der auch in Tübingen eingesetzten Lösungen vermittelt der Entwickler, das FiFB aus Leipzig, gemeinsam mit dem Fachplanungsbüro LOGIC und Partnern aus dem Hochschul- und Universitätsbereich. Das RSS-Flüssigbodenverfahren wird ständig im Rahmen neuer F&E Projekte vom FiFB und seinen Partnern weiterentwickelt und auch neue Anwendungsmöglichkeiten kommen laufend hinzu. Dafür arbeitet der Verfahrensentwickler, das FiFB aus Leipzig, mit einer zunehmenden Anzahl von Partnern darunter auch zahlreiche Hochschulen und Universitäten aus dem In- und Ausland zusammen.

Erste dieser Partner aus dem Bereich der Aus- und Weiterbildung haben auch bereits begonnen, das wichtige, technologische und Verfahrenswissen in Zusammenarbeit mit dem FiFB ihren Studenten zu vermitteln und so den Nutzen zu steigern, das eine aktive Anwendung möglich macht.



Das RAL-Gütezeichen 507 für Flüssigboden. Grafik: RAL

Flüssigboden und das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)

Das KrWG schreibt vor, dass ab 1. Januar 2020 mindestens 70 % der mineralischen Abfälle wiederverwendet werden. Scheinbar unbetroffen ist davon der natürliche Bodenaushub. Doch beim Verlassen der Baustellen-grenze wird er de jure zum Abfall und es ist der Abfall, der von dieser Regelung betroffen ist. Als Auftraggeber wird bei kommunalen Bauvorhaben die Kommune zur Kasse gebeten. Die Nichteinhaltung der Forderung kann und wird teuer werden. Landet z. B. der Bauaushub im Zuge der Verlegung einer neuen Trink- und/oder Abwasserleitung auf der Deponie, kostet das dann richtig Geld – das Geld der Steuerzahler! Doch mit solch einer Vorgehensweise (Transporte, Deponierung, Bodenaustausch) entsteht auch unnötig viel CO₂, das als Folge der aktuellen Entwicklung in Richtung CO₂ Bepreisung erneut in Form von Kosten auf die Verursacher zurückfallen wird. Diese Kosten aber können entfallen, denn das RSS-Flüssigbodenverfahren ist das erste und bisher einzige Verfahren, mit dem alle Bodenarten entsprechend der Forderungen des KrWG wiederverwendet werden können und so Abfall und die in der Folge seiner Entstehung erforderlichen energieverbrauchenden Prozesse vermieden werden.

Warum reduziert der Flüssigboden die CO₂-Belastung?

Erst die durch das Forschungsinstitut für Flüssigboden (FiFB) – zusammen mit Partnern aus Wissenschaft und Praxis – entwickelten über 170 verschiedene Anwendungsmöglichkeiten ermöglichen es, dieses RSS-Flüssigbodenverfahren so breit einzusetzen und dabei auch relevante wirtschaftliche Vorteile zu erzielen, dass die mit dieser technischen Lösung einsparbare Menge an CO₂ eine Größe von mehreren Duzend Millionen Tonnen CO₂ erreichen kann, je nachdem wie konsequent diese neuen Lösungen genutzt werden.

Das RSS-Flüssigbodenverfahren hilft auf drei Ebenen, CO₂-Entstehung zu vermeiden. Das sind:

- a) Die Material- oder Stoffebene - wenn auf der Baustelle, ohne Boden auszutauschen und so ohne die damit verbundenen energieverbrauchenden Prozesse, Flüssigboden hergestellt und ohne Verdichtungsenergie wieder eingebaut wird.
- b) Die Technologieebene – wenn die Anwendung der durch das FiFB entwickelten über 170 alternativen technischen Lösungen nicht nur zu einer Reduzierung des Energieaufwandes und damit der Kosten führen, sondern mit der Energieersparnis auch die Reduktion von CO₂ verbunden ist.
- c) Die Betriebsebene – wenn die bessere Bettungsqualität des Einbaus der Rohre, Leitungen und Kabel und die damit verbundene Vermeidung von Setzungen und anderen Nachteilen der herkömmlichen Bauweise zu einer längeren ausfallfreien Lebensdauer der eingebauten Rohre, Leitungen, Kabel und Straßen führt, spart nicht nur der öffentliche Betreiber der Netze und Straßen Reparaturkosten, sondern reduziert auch zusätzlich die Entstehung von CO₂ durch den Wegfall der für Reparaturen erforderlichen Energie.

Die Möglichkeiten des RSS-Flüssigbodenverfahrens sind so breit gefächert und werden laufend, als Folge der fortgesetzten Entwicklungsarbeit, noch umfangreicher, dass es nur in einer engen Zusammenarbeit zwischen

dem Entwickler und der Politik gelingen kann, schnell und breit die Vielzahl dieser Lösungen für eine wirksame Reduzierung der anfallenden CO₂-Mengen zu nutzen. Denn das Verfahren ist vom Kanalbau bis zum Umweltschutz, von der Sanierung von Industriebrachen bis zum Bergbau, vom Straßen- bis zum Ingenieurbau, in Summe für die schon genannten über 170 verschiedene Anwendungen einsetzbar und kann dabei riesige Mengen CO₂ vermeiden helfen. Doch hierfür müssen noch mehr Hochschulen und Universitäten den Staffstab ergreifen und das nötige Fachwissen vermitteln, müssen noch mehr Kommunen die schon bekannten Erfahrungen verwenden und die mit viel Engagement entstandenen, positiven Beispiele nachnutzen.

Flüssigbodeneinsatz - heute und morgen

Wenn man die vielen anderen Einsatzmöglichkeiten des RSS-Flüssigbodenverfahrens und die damit verbundenen Möglichkeiten einer CO₂-Reduzierung sieht, werden daraus gigantische Zahlen. Hier nur einige der massenstärksten weiteren Einsatzbereiche, in denen die Arbeit des FiFB sichere Anwendungen für RSS-Flüssigboden mit Hilfe neuer technischer und technologischer Lösungen geschaffen hat und in denen es daher große Potenziale zur Reduzierung von CO₂-Entstehungen gibt. Interessant dürfte dabei sein, dass wir alle damit auch deutlich weniger natürliche Ressourcen in Form von Erdöl verbrauchen, weniger Transporte die Straßen früher altern lassen und so auch andere Folgevorteile entstehen, die von nicht zu unterschätzender volkswirtschaftlicher Bedeutung sind. Hier einige solcher Anwendungsmöglichkeiten, um deren Breite zu verdeutlichen:

- Bahnbau – mit sehr vielen Anwendungen
- Bergbau – Stilllegung bis Rekultivierung und Nutzung als Versatzbaustoff
- Straßenbau in vielen Anwendungen von lastenverteilenden Platten bis Bauen auf Torf und anderen Problemuntergründen
- Altlastensanierungen von Industriebrachen
- Hafenausbau
- Ufer- und Küstenschutz und viele Arten von Hochwassermaßnahmen
- Baugruben aller Art
- Bauen im Grundwasser
- Erdbebenschutz
- Beseitigung und Verhinderung von Kolkbildungen bei Wasserbauten wie z. B. Windanlagen usw.

Inzwischen gibt es über 170 Anwendungen, die das FiFB – oft zusammen mit Partnern – für das RSS-Flüssigbodenverfahren entwickelt und erfolgreich eingesetzt hat.

Autoren:

Andreas Bechert - Pressesprecher FiFB Leipzig

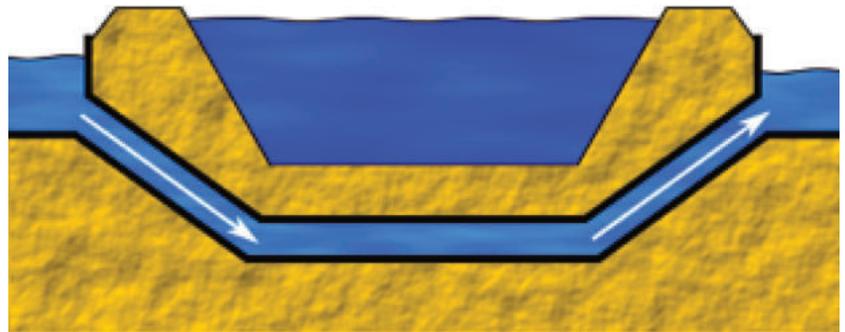
Olaf Stolzenburg - Direktor des FiFB Leipzig

**Diese Pressemitteilung finden Sie auf der Homepage des
Forschungsinstitut für Flüssigboden Leipzig unter:
<https://www.fi-fb.de/referenzen/pressemeldungen/>**

Grundwasser bis hydraulischer Grundbruch - ein Tiefbauproblem auch für den Kanalbau

Leipzig. Dieser Artikel stellt die Möglichkeiten des Bauens im und unter Wasser beim Bau von Kanälen und Leitungen mit Hilfe der technologischen Möglichkeiten des RSS Flüssigbodenverfahrens und die dafür erforderlichen planerischen Vorleistungen in Fragen des Baugrundes und der Fachplanung von Flüssigbodenanwendungen und beschreibt in Kürze die dafür erforderlichen technischen Hilfsmittel. Ebenfalls beleuchtet werden die wirtschaftlichen und qualitativen Aspekte dieser neuen Bauweise und deren umweltrechtliche Bedeutung bei der Umsetzung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes und bei der Reduzierung der CO₂ Bilanz derartiger Baustellen, bei denen umfangreiche und CO₂ verursachende Arbeiten und Transportprozesse entfallen.

Für Baustellen im Grundwasserbereich, z. B. zur Erstellung von Fundamenten oder beim Verlegen von Rohren im Graben, benötigt man in der herkömmlichen Bauweise eine trockene Baugrube und eine Grundwasserabsenkung von mind. 0,5 m unter der geplanten Sohle, um auf ihr später verdichtungsfähiges Material verdichten zu können. Hierfür muss das Grundwasser im Bereich der Baugrube bzw. des Grabens mit geeigneten Maßnahmen und Methoden entsprechend abgesenkt werden. Oft wird dazu eine gewollt dichte Verbauwand, z. B. eine Spundwand, um die Baugrube herum errichtet und das Grundwasser innerhalb der Baugrube durch ständigen Pumpenbetrieb abgesenkt. Doch sind derartige Baugruben- oder Grabenabsicherung nie wirklich wasserdicht. Hinzu kommt, dass oft auch keine sichere Einbindung der jeweiligen Wand oder Spundwand in eine dichte Bodenschicht möglich ist. In derartigen Situationen entsteht ein oft großes hydraulisches Gefälle zwischen dem Grundwasserspiegel außerhalb und dem innerhalb der Baugrube. Dem Prinzip der kommunizierenden Röhren folgend, umströmt das Grundwasser von außen her den Fuß der Verbauwand. Die Strömungskraft des Wasser wirkt der Gewichtskraft des Bodens entgegen. Ein hydraulischer Grundbruch tritt ein, wenn die Strömungskraft die Gewichtskraft übersteigt. Der Boden wird in diesem Fall durch das Grundwasser angehoben und „bricht auf“.



Kommunizierende Röhren,
Quelle: Wikipedia

Selbst bei offener Wasserhaltung im Rohrgraben kann dieses hydraulische Gefälle zu einem Problem werden. Entsprechend der Wasserdurchlässigkeit im Baugrund tritt Wasser an der Sohle aus und weicht den Boden auf. Ist die Wasserdurchlässigkeit gering, kommt es zu Hebungen und Verformungen bis Auflockerungen des Bodens – in Fachkreisen „hydraulischer Grundbruch“ genannt.

Die Folge ist nicht nur eine nun ungeeignete Grabensohle. Selbst Gebäuden kann ein hydraulischer Grundbruch zum Verhängnis werden. Das wohl bekannteste Beispiel in negativem Sinne ist der Einsturz des Kölner



Stadtarchiv von 2009, für den gegenwärtig immer noch ein massiver hydraulischer Grundbruch als Ursache angesehen wird.



Archivbild: Im März 2009 stürzte das historische Stadtarchiv in Köln ein. Bild: AP



Sanierung der Einsturzstelle mit überschneidenden Bohrpfählen aus RSS Flüssigboden, Foto: Ing. Büro LOGIC

Technologisch unterschieden werden Grundbrüche in bindigen und nicht bindigen Untergründen.



Hydraulischer Grundbruch in einem bindigen Boden;
Foto: Ing. Büro LOGIC



Hydraulischer Grundbruch in einem nicht bindigen Boden nach einem Starkregenereignis; Foto: Ing. Büro LOGIC

Beim hydraulischen Grundbruch, speziell im nichtbindigen Boden, spielt die Lösungserosion (Suffosion) eine entscheidende Rolle: Sie sorgt für die Umlagerung und den Abtransport feiner Bodenteilchen im Boden

durch das Grundwasser. Dabei werden feine Körner selbst eines ungleichförmigen, nicht bindigen Bodens von der Strömungskraft des Wassers aus dem Boden gelöst und durch den vorhandenen Porenraum abtransportiert.

Beim klassischen Tiefbauverfahren gibt es zur Vermeidung dieses Problems verschiedene Lösungsansätze. So zum Beispiel die Dockbauweise mit Spundwänden. Dabei wird eine nach der Höhe des Wasserdruckes dimensionierte Unterwasserbetonsohle im Kontraktorverfahren eingebaut und nach dem Abbinden des Betons das Wasser abgepumpt. Um eine weitere Wasserhaltung kommt man meist nicht herum. Diese klassischen Verfahren sind für den Bauherrn recht kostenintensiv und erfordern einen hohen Einsatz an Material und Technik, wie auch oft eine entsprechend erhöhte Bauzeit.

Eine innovative und trotz hoher technischer und qualitativer Vorteile, preiswerte Technologie ist die „Schwimmende Verlegung“ im RSS Flüssigbodenverfahren. Dies ist eine inzwischen auch international patentrechtlich geschützte Entwicklung des Forschungsinstituts für Flüssigboden FiFB aus Leipzig. Diese Lösung wird inzwischen von einer zunehmenden Zahl von Planern und Baufirmen genutzt, um einerseits Kosten zu sparen, andererseits aber auch die genannten Probleme einer Wasserhaltung mit Suffosionsfolgen und Grundbruch wirksam und sicher zu vermeiden.

Basics des Verfahrens

Unter RSS Flüssigboden, der als erstmals für die Wiederverwendung quasi aller Bodenarten geeignetes Herstellverfahren die Grundlage für die Anforderungen des RAL Gütezeichen 507 darstellt, versteht man Flüssigboden als Verfüllmaterial im Ergebnis der Anwendung eines neuen Verfahrens. Mit Hilfe dieses Verfahrens kann erstmals jede Art von Bodenaushub zeitweise in einen fließfähigen Zustand versetzt werden, wobei die bodenmechanisch wichtigen Eigenschaften des Ausgangsbodens weitgehend erhalten bleiben können. Die Aufbereitung des Bodenaushubes zu RSS Flüssigboden, der den Anforderungen des RAL GZ 507 entspricht, kann dabei in zentralen Anlagen oder mit kompakten Anlagen unterschiedlicher Größe und kompletter Überwachung und Aufzeichnung des gesamten Herstellprozesses direkt auf der Baustelle erfolgen. Eine Besonderheit der Herstellung von RSS Flüssigboden ist dabei die Möglichkeit, drei Gruppen von Eigenschaften gezielt verändern zu können. Dies sind:

1. bodenmechanische Eigenschaften, die ein unterschiedliches Verhalten des RSS Flüssigbodens im Vergleich zum Umgebungsboden und so Straßenschäden durch z.B. Differenzsetzungen verhindern
2. technologisch relevante Eigenschaften, die bei gezielter Nutzung die Bauausführung unterstützen und den Aufwand reduzieren und die Leistung maximieren helfen können.
3. spezielle Gebrauchseigenschaften, die für die Anwendung des RSS Flüssigbodens als Verfüllmaterial neue Anwendungsmöglichkeiten verfügbar machen, wie z.B. die Wärmespeicherung oder die Wärmeableitung, die Schwingungsdämpfung oder gezielte Reibkräfte bei Fernwärmeleitungen usw.

Darüber hinaus erfolgt die Herstellung nicht als ein reiner Mischprozess, sondern ist durch gezielt eingesetzte reaktionskinetische Vorgänge gekennzeichnet. Das Ziel ist dabei oft, dass der Flüssigboden nach seiner

Rückverfestigung wieder Eigenschaften erreicht, die denen des Umgebungsbodens auf der Baustelle weitestgehend gleichen oder dass er auf Grund der jeweiligen Baustellenaufgabe gezielt besondere Gebrauchseigenschaften aufweist. Die mit Flüssigboden verfüllten Bereiche reagieren somit in der gleichen Art und Weise wie der umliegende gewachsene Boden u. a. auf Feuchtigkeits-, Last- sowie Temperaturänderungen. Im Bedarfsfall können Eigenschaften wie Volumenkonstanz, Belastbarkeit, das Schwind- und Quellverhalten, die Schwingungsdämpfung, die Dichte, die Wasserdurchlässigkeit, Wärmeleitfähigkeit, Wärmeübergangswiderstände, Reibkräfte, Kohäsion usw. gezielt verändert werden. Da die Rückverfestigung nicht primär von der Wirkung hydraulischer Bindemittel, sondern hauptsächlich von gesteuerter Kohäsion als Folge der Verfahrensspezifität (Rückverfestigung als friktional, kohäsiver Vorgang im Gegensatz zur Rückverfestigung auf der Grundlage der Ausbildung starrer Fremdstrukturen bei hydraulisch abbindenden Materialien, für die beispielsweise die Zementsteinbildung verantwortlich ist) abhängt, können eine Vielzahl bisher für Verfüllmaterialien unbekannter Lösungen mit Hilfe dieses Verfahrens erzielt werden.

Die „Schwimmende Verlegung“ und die Vermeidung hydraulischen Grundbruchs

Auch die sogenannte „Schwimmende Verlegung in RSS Flüssigboden“ ist eine solche Lösung für Bauprobleme im und unter Wasser. Bei der „Schwimmenden Verlegung in RSS Flüssigboden“ wird der Graben soweit ausgehoben, wie es die technologischen Vorgaben der Planung erfordern – das Grundwasser aber nicht, oder nur teilweise abgepumpt. Das zu verlegende Rohr wird dann in Seilschlaufen aufgehängt und montiert. Um den Auftrieb nach dem Verlegen zu beherrschen, werden die Rohre mittels hydraulischer Stempel gesichert, die gleichzeitig eine Messfunktion innehaben und die Messung des Rückverfestigungsprozesses im konkreten Rohrgraben für den jeweiligen Einbauzustand gestatten. Der RSS Flüssigboden wird unter Einsatz verschiedener technologischer Möglichkeiten und technischer Hilfsmittel so eingebaut, dass er das anstehende Wasser verdrängt, das Rohr vollständig umhüllt und nach dem Ziehen des Verbaus, nach einer technologisch vorgegebenen Zeit, sich mit der Grabenwand fest und schwindungsfrei verbindet. Zur Steigerung der Effektivität können verschiedene Hilfsmittel verwendet werden, die meist durch die Fachplanung vorgegeben werden.

Die finanziellen Vorteile sind enorm. Einerseits ist es der Wegfall der sonst notwendigen Wasserhaltung im Graben, andererseits sind es nicht erforderliche Spundwände, deren Kosten nicht mehr anfallen. Statt der Spundwände kann man mit geeignetem und durch die vorherige Fachplanung in Abhängigkeit von den Ergebnissen der Statik für den Lastfall Auftrieb im Flüssigboden ausgewähltem Parallelverbau arbeiten. So wird auch die Gefahr bei angrenzenden Gebäuden gegen Null verringert, da es zu keinen hydraulischen Grundbrüchen mehr kommen kann. Doch das Gros der wirtschaftlichen Vorteile resultiert aus der viel höheren Bauleistung mit weniger Personal und weniger bis preiswerterer Technik, wenn dichte Baugruben bzw. dichte Rohrgräben entfallen können. Dabei gibt es noch einen Sonderfall der „Schwimmenden Verlegung“ im Rahmen der sogenannten holländischen Bauweise, auf den im Folgenden noch eingegangen werden wird und eine weitere Modifikation, bei der der Wasserdruck des nicht abgepumpten Grundwassers allein nicht ausreicht, um einen Grundbruch zu verhindern und der Wasserdruck in Kombination mit einer Schicht von RSS Flüssigboden benötigt wird, um die fehlende Auflast durch den erfolgten Bodenaushub in ausreichendem Maße zu ersetzen.

Umweltrechtliche Folgen und Bedeutung

Erwähnenswert ist auch die Wirkung des Verfahrens bei der Reduzierung der CO₂ Bilanz der jeweiligen Baustelle, des sogenannten carbon footprint, da:

- die erforderlichen Transportprozesse minimiert werden und auch
- energieaufwändige Arbeiten, wie z.B. das Schlagen von Spundwänden oder das Einbringen von Betonsohlen,
- energieaufwändiges Abpumpen und Ableiten von Grundwasser usw. oft vollständig entfallen.

Aber auch die Möglichkeit der uneingeschränkten Erfüllung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes durch die Wiederverwendbarkeit aller auf der Baustelle anfallenden Böden, oft selbst kontaminierter Böden, ist in diesem Zusammenhang zu erwähnen. Bei kontaminierten Böden ist allerdings zu bemerken, dass es hier Einschränkungen nach der Art der Kontaminationen und deren Konzentration gibt, die sich auf die Wirtschaftlichkeit der Verfahrensanwendung und deren Wirksamkeit auswirken. Doch eine Überprüfung der Möglichkeit, rechtzeitig vor Baubeginn, möglichst als Teil der sinnvollen Fachplanung lohnt sich, denn für viele, wenn auch nicht alle Kontaminationen ist das Verfahren vorteilhaft anwendbar. Denn seine Wirkung basiert nicht primär, wie beispielsweise bei zementgebundenen Kapselungen auf der reinen Umhüllung der Kontamination und damit der Verhinderung der „Wanderung“ im Boden und Grundwasser, sondern vor allem auf Ionenaustausch- und Anlagerungsprozessen, die zu stabilen Bindungen in der Flüssigbodenmatrix führen und so Boden und Grundwasser erfolgreich schützen. Die Wirkung dieser Verfahrensweise muss ohnehin in jedem Anwendungsfall überprüft und erfolgreich nachgewiesen werden. Auch das ist eine fachplanerische Aufgabe.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die hier geschilderte Bauweise eine Form des „anwohnerfreundlichen Bauens“ darstellt und neben den Vorteilen für die Reduzierung der CO₂ Bilanz und die Erfüllung der Forderungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes, durch die Reduzierung bis Vermeidung von Schwingungen, Lärm und Staub bis CO₂ vor allem auch hilft, Anwohner vor den Belästigungen und Ärgernissen einer Baustelle aktiv zu schützen.

Varianten der „Schwimmenden Verlegung“

Prinzipiell gibt es drei Möglichkeiten bei Grundwasser- und Grundbruchproblemen durch das Bauen mit Flüssigboden, die bei herkömmlicher Bauweise bekannten Folgen dieser Probleme, zu vermeiden:

1. Die „Schwimmende Verlegung“ im und unter Wasser ohne Wasserhaltung und damit ohne die Gefahr des unkontrollierten und ungewollten Feinstofftransportes mit Verlust der Tragfähigkeit für die von der so wirksam werdenen Suffosion betroffenen Flächen.

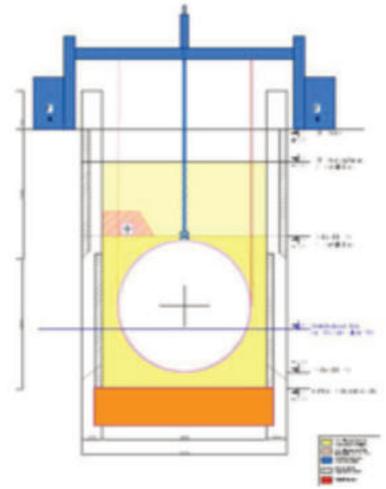
Diese Variante der „Schwimmenden Verlegung“ ist dadurch charakterisiert, dass die Auflast durch das im Graben verbleibende Grundwasser ausreicht, um einen hydraulischen Grundbruch zu verhindern.



Foto: Variante 1;
Foto: Ing. Büro LOGIC

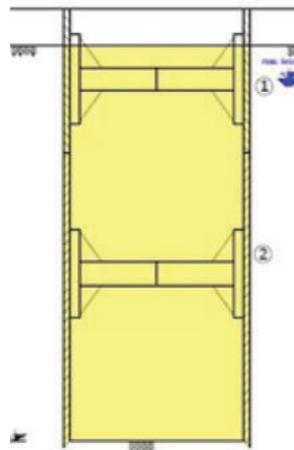
2. Die „Schwimmende Verlegung“ mit einer Bodenplatte aus RSS Flüssigboden als zusätzliche Auflast.

In diesem Fall reicht die Auflast des im Graben verbleibenden Grundwasser allein nicht aus, um einen hydrologischen Grundbruch zu verhindern. Daher wird zunächst eine Bodenplatte aus Flüssigboden beim Aushub des Grabens erstellt. Diese muss jedoch rezepturseitig in ihren Eigenschaften angepasst werden – Fachwissen vorausgesetzt!



3. Anwendung der sogenannten „holländischen Bauweise“

Wenn die ersten beiden Möglichkeiten aufgrund der Höhe des Grundwasserspiegels im Graben und der anstehenden Bodenarten nicht anwendbar sind, wird der komplette Graben mit einem Flüssigbodenkörper verfüllt. Auch dabei spielt die jeweilige Rezeptur des an die Erfordernisse der Baustelle angepassten Flüssigbodens eine entscheidende Rolle. Denn der einzusetzende Flüssigboden erfordert definierte Eigenschaften, ohne deren korrekte planerische Vorgabe und Einhaltung bei der Herstellung und Anwendung des Flüssigbodens, das Verfahren nicht anwendbar ist. Ist der Graben so verfüllt, dann wird der eigentliche Rohrgraben aus dem Körper aus RSS Flüssigboden ausgeschachtet. Ein Bauen mit der Technologie der „Schwimmenden Verlegung“ im trockenen Rohrgraben, der danach wieder mit RSS Flüssigboden verfüllt wird, ist nun möglich.



Grafiken: Variante 3;
Foto: Ing. Büro LOGIC

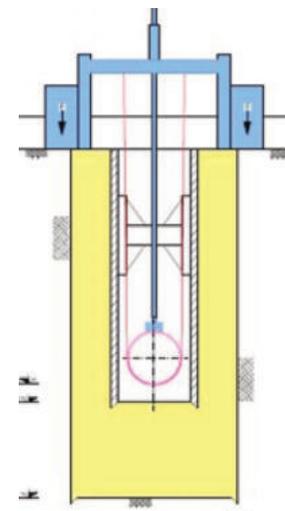


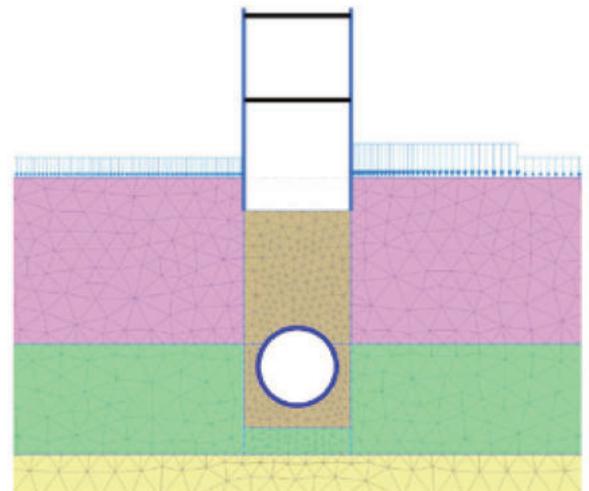
Foto + Grafik: Variante 2;
Foto: Ing. Büro LOGIC

Die Baugrundinformationen spielen bei der Nutzung des RSS Flüssigbodenverfahrens eine entscheidende Rolle für die Rezeptur des Flüssigbodens. Die Entwicklung dieser Rezeptur erfolgt in mehreren Schritten:

- Festlegung der zutreffenden geotechnischen Kategorie und Information des den Baugrund untersuchenden Geologen über die von der Anwendung abhängigen speziell gewünschten Baugrundinformationen
- fachgerechte Einschätzung des Baugrundes durch einen Fachmann
- Nutzung der Ergebnisse der Baugrunduntersuchung durch den Fachplaner für Flüssigbodenanwendungen in folgender Form:
 - o Analyse und Beschreibung des zu lösenden Problems/Aufgabe
 - o Ableitung einer Zielsetzung für den Flüssigbodeneinsatz
 - o Erarbeitung einer Rezepturspezifikation zur Festlegung der Zieleigenschaften des Flüssigbodens samt zulässiger Toleranzen in Abhängigkeit von der Bedeutung des jeweiligen Parameters
 - o Erstellung der gewünschten Rezeptur oder (bei wechselnden Böden) einer Rezepturenschaar, die mit Hilfe der speziell dafür entwickelten Technik einen problemfreien Umgang mit wechselnden Böden gestattet
 - o Herstellung von Prüfkörpern zum Nachweis der Erfüllung der Vorgaben der Rezepturspezifikation

- o Prüfung der Prüfkörper und Auswertung der Prüfergebnisse
- o Bei Bedarf iterative Annäherung an die gewünschten Zielwerte
- o Vergleich der zeit- und temperaturabhängigen Entwicklung der Prüfergebnisse des Rückverfestigungsverhaltens mit den Langzeitdaten der Datenbank des FiFB zur Prognose der Langzeiteigenschaften der anzuwendenden Rezeptur und damit zur Vermeidung von ansonsten möglichen, unerkannten Spätschäden z. B. durch ungewollte Nacherhärtung, Rissbildung, ungewollte Veränderungen der Matrix und des statischen Verhaltens usw.
- o Bei Erfüllung der vorgegebenen Zielwerte und Feststellung der erforderlichen Sicherheit zur Bewertung der Entwicklung der Langzeiteigenschaften erfolgt die Freigabe der geprüften Rezeptur
- Mit der Freigabe der Rezeptur im Erfolgsfall erfolgt die Übernahme der Haftung für die Richtigkeit der Rezeptur durch den Rezepturersteller, einen vom Verfahrensentwickler, das Forschungsinstitut für Flüssigboden (FiFB) namentlich autorisierten Fachmann oder das FiFB selbst.

Die „Schwimmenden Verlegung“ erfordert eine Reihe von Eigenschaften des eingesetzten Flüssigbodens, die zum einen generell für diese Bauweise benötigt werden. Zum anderen sind eine Reihe von Eigenschaften erforderlich, die von den jeweiligen Baustellenverhältnissen (Art des Baugrunds, Hydrogeologie, Baustellenbesonderheiten, Bauaufgabe und spätere Nutzung usw.) abhängen und so nur für das konkrete Projekt zutreffen. Wenn dann noch auf nicht tragfähigen Untergründen und im Grundwasser gebaut werden soll, was mit dem RSS Flüssigbodenverfahren bei guter Planung problemfrei möglich ist, sollte man sich passender Modelle bedienen, um die örtlichen Problemstellungen sicher lösen zu können. Hier zeigt sich die Erfordernis planerischer Aufgaben und Vorleistungen. Eine solche Vorleistung stellt die Modellierung der Untergrundverhältnisse mittels FEM Modellen dar, aus der man sowohl relevante Informationen für die erforderlichen Zieleigenschaften des Flüssigbodens als auch für die notwendigen technologischen Schritte ableiten kann.



*FEM Modellierung der Untergrundverhältnisse;
Grafik: Ing. Büro LOGIC*

Um die hier geschilderten, technisch anspruchsvollen Anwendungen von Flüssigboden und eine dauerhaft funktionierende Flüssigbodenrezeptur sicher zum Einsatz bringen zu können, bedarf es also kompetenter Planungsleistungen als Voraussetzung für eine erfolgreiche Anwendung des Flüssigbodenverfahrens. So sollte beispielsweise die Entwicklung der erforderlichen Rezeptur des Flüssigbodens samt der benötigten Nachweisführung Teil der Ausschreibung sein, allein schon um Nachträge minimieren bis vermeiden zu können.

Da auch andere Kostenstrukturen auf Grund der neuen technologischen Lösungen der „Schwimmenden Verlegung“ dem Bauen mit diesem Verfahren zu Grunde liegen, sollte die Ausführung in einer gut verständlichen Form als Teil der Ausschreibung detailliert dargestellt werden. Ebenso ist die Kenntnis und Darstellung des logistischen Konzeptes zur Absicherung optimierter Bauhaupt- und Bauhilfsprozesse für eine solche

Bauweise als Teil der Planung und Ausschreibung erforderlich. Dazu muss aber der Planer die technischen Abläufe und Hilfsmittel kennen, um die Flüssigbodentechnologie zum Einsatz bringen zu können, denn schadensfreie Baustellen stehen als Ziel der ebenfalls zu planenden Gütesicherung an erster Stelle!

Flüssigboden herzustellen klingt im ersten Moment vielleicht einfach, doch setzen die anwendungsspezifischen und baustellenbezogenen Anforderungen an den jeweils gewünschten Flüssigboden eine Reihe fachlicher Vorarbeiten voraus, die nur durch eine entsprechende Ausbildung der Handelnden und die nötige technische Ausrüstung risikofrei abgesichert werden können. Für die „Schwimmende Verlegung“ ist diese auch allgemeingültige Aussage von besonderer Wichtigkeit. Das erforderliche Fachwissen betrifft sowohl die Planung einschließlich der Baugrunderkundung, wie auch die Herstellung von Flüssigboden und die bauliche Ausführung unter Einsatz von Flüssigboden.

Interessierte Planer können heutzutage über den Verfahrensentwickler das erforderliche Fachwissen auf dem Wege einer entsprechenden Ausbildung erwerben oder einen speziellen Fachplaner für Flüssigbodenanwendungen, analog einem Statiker oder einem Tragwerksplaner für ein konkretes Projekt an ihre Seite holen. Das erforderliche Know How steht somit jedem Interessenten zur Verfügung. Erste Hochschulen in Deutschland und sogar schon ausländische Universitäten haben begonnen, die Basics zum Flüssigbodenverfahren den Studierenden zu vermitteln.

Bei einer Baufirma sollten sich die entsprechenden Mitarbeiter, bevor sie dieses Verfahren risikofrei und kompetent zur Anwendung bringen können, einer Schulung zur Technologie durch den Systementwickler unterziehen. Ergänzt wird eine solche Ausbildung durch die Basics der erforderlichen Gütesicherung. Diese werden durch den Systementwickler, das Forschungsinstitut für Flüssigboden und ein 2-tägiges Seminar der RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e. V. vermittelt. Natürlich werden auch die erforderlichen technischen Hilfsmittel von der Herstellung bis zum Einbau des Flüssigbodens benötigt, da es sich bei der Flüssigbodenherstellung nicht mehr nur um einen reinen Mischprozess, wie bei der Herstellung hydraulisch abbindender Materialien handelt, sondern um einen Prozess des Mischens und gezielter reaktionskinetischer Vorgänge, deren Beherrschung erst die richtige Umsetzung der Rezeptur und damit die korrekte Herstellung des Flüssigbodens ermöglicht. Die Verfügbarkeit solcher Technik ist inzwischen nicht mehr nur über den Kauf allein möglich, sondern auch über das Angebot von entsprechender Miettechnik gegeben.

Die Flüssigbodenbauweise und die damit verbundenen vielen neuen technologischen Möglichkeiten sind zudem ein alternatives Verfahren zum schonenden Umgang mit Ressourcen und damit auch zum Schutz der Umwelt. Bei der „Schwimmenden Verlegung“ kommt hinzu, dass diese neue Bauweise auch relevante Vorteile für die hydrologische Situation im Untergrund ermöglicht. Dauerhafte Hindernisse, wie beispielsweise Spundwände, die in dichte Bodenschichten einbinden und nicht oder nur teilweise rückgebaut werden können, sind sicher vermeidbar. Da es infolge des Wegfalls der Wasserhaltung zu keiner Herausbildung eines hydraulischen Gefälles und in dessen ausbleibender Folge auch zu keinen Suffosionsproblemen kommt, sind Gefährdungen der Standfestigkeit von Straßen und Gebäuden sicher vermeidbar.

Mit der Entwicklung dieses Verfahrens durch das Forschungsinstitut für Flüssigboden (FiFB) aus Leipzig war und ist auch neben der „Schwimmenden Verlegung“ auch generell die Entwicklung neuer Anwendungsmöglichkeiten und neuer technischer und technologischer Lösungen verbunden. Derzeit werden auf dem

Markt von verschiedensten Anbietern zeitweise fließfähige Verfüllmaterialien angeboten, die aber wenig mit den Zielsetzungen des vom FiFB entwickelten Verfahrens zu tun haben, obwohl die meisten dieser Anbieter ebenfalls den von den Protagonisten des FiFB geprägten Begriff „Flüssigboden“ nutzen, ohne seine Inhalte in der vom FiFB vorgegebenen Art zu erfüllen. Der eigentliche Begriff „Flüssigboden“ wird demzufolge auch sehr unterschiedlich durch die Anbieter solcher Materialien besetzt und hat meist wenig bis nichts mit der Fähigkeit zu tun, Fremdkörper unter der Straße und damit spätere Bauschäden sicher vermeiden zu können. Exakt das aber ist das Ziel der Entwicklungen des FiFB gewesen und genau das kann das vom FiFB entwickelte Flüssigbodenverfahren uneingeschränkt und als einziges der aktuell am Markt befindlichen Verfahren, die den Begriff „Flüssigboden“ verwenden.

Für die korrekte Anwendung der „Schwimmenden Verlegung“ sind daher eine Reihe von Eigenschaften des eingesetzten Flüssigbodens zwingend notwendig, die

- einerseits generell für diese Bauweise benötigt werden,
- andererseits aber von den jeweiligen Baustellenverhältnissen (Baugrund, Hydrologie, Baustellenbesonderheiten usw.) abhängen.

Daher sollten in jedem Falle dieser Anwendung nach einer Analyse der konkreten Aufgabenstellung projektbezogene Zieleigenschaften des Flüssigbodens in der o. g. Form erarbeitet und nachgewiesen werden.

Zur klaren Abgrenzung von Flüssigboden als Material im Sinne der Erhaltung bodentypischer Eigenschaften von hydraulisch abbindenden Produkten und den daraus resultierenden Qualitätsanforderungen wird daher in diesem Artikel ausschließlich von Flüssigboden gesprochen, der den Anforderungen des RAL-Gütezeichen 507 und den Vorgaben des vom FiFB entwickelten Flüssigbodenverfahrens entspricht.

Basierend auf diesen Anforderungen und Vorgaben kann bei einer korrekten Umsetzung von der Planung bis zur Anwendung des Flüssigbodens eine sichere Bauschadensfreiheit bei Einsatz von Flüssigboden und einer damit verbundenen Technologie durch die jeweiligen, für das Gesamtprojekt verantwortlichen Planer und die an ihrer Seite arbeitenden Fachplaner für Flüssigbodenanwendungen garantiert werden. Dabei arbeiten derartige Fachplaner für Flüssigbodenanwendungen in der gleichen, haftungsrelevanten Art anderer Fachplaner wie beispielsweise Statiker, Baugrundgutachter oder Tragwerksplaner an der Seite der Projektplaner, um ihr spezialisiertes Wissen für eine sichere und schadensfreie Anwendung des Flüssigbodenverfahrens in die Planung und bei der Gütesicherung auch in die Bauausführung einzubringen. Da Flüssigboden für hohe technische Anforderungen zur Gewährleistung seiner schadensfreien Funktionssicherheit und einer gesicherten Haftung mindestens den Anforderungen des RAL-Gütezeichen 507 und den Vorgaben der Fachplanung für die konkrete Anwendung entsprechen sollte, wird empfohlen, sich der Unterstützung erfahrener und gut ausgebildeter Fachplaner für Flüssigboden zu bedienen.

Fazit: Die „Schwimmende Verlegung“ in Flüssigboden ist eine kostensenkende und qualitativ hochwertige Lösung, wenn man die Planung, die Herstellung des erforderlichen Flüssigbodens und die Qualitätssicherung in erfahrene Hände gibt. Das Ingenieurbüro LOGIC Logistic Engineering GmbH aus Leipzig hat die hier geschilderten Anwendungsmöglichkeiten, zusammen mit dem FiFB, dem Forschungsinstitut für Flüssigboden GmbH, entwickelt. Diese Lösungen werden inzwischen selbst bei kompliziertesten Baustellen erfolgreich eingesetzt. Das Ingenieurbüro LOGIC kann auf viele derartige Referenzen verweisen, zu denen auch Projekte



RSS Flüssigboden® entspricht den Anforderungen des RAL-Gütezeichen 507

dieser Art im In- und Ausland gehören. Aber auch von FiFB und LOGIC ausgebildete Fachplanerkollegen stehen inzwischen für derartige Aufgaben am Markt zur Verfügung und können auf das Know How und die Erfahrungen des Verfahrensentwicklers zurückgreifen und sie aktiv und eigenständig nutzen. Eine kompetente Fachplanung für die jeweilige Flüssigbodenanwendung ist die Voraussetzung einer erfolgreichen und wirtschaftlich vorteilhaften Anwendung des Flüssigbodenverfahrens in seiner gesamten Anwendungsbreite.

Andreas Bechert

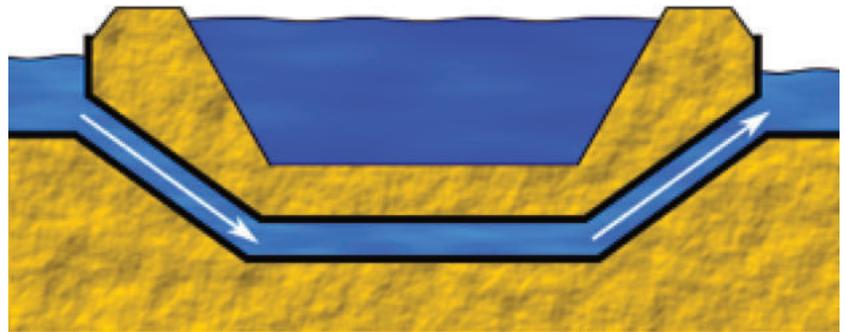
Kontakt:

Olaf Stolzenburg
Ingenieurbüro LOGIC Logistic
Engineering GmbH
Wurzner Straße 139
04318 Leipzig
Tel: +49(0)341-244 69-0
Fax: +49(0)341-244 69-32
info@logic-engineering.de

Grundwasser bis hydraulischer Grundbruch - ein Tiefbauproblem auch für den Kanalbau

Leipzig. Dieser Artikel stellt die Möglichkeiten des Bauens im und unter Wasser beim Bau von Kanälen und Leitungen mit Hilfe der technologischen Möglichkeiten des RSS Flüssigbodenverfahrens und die dafür erforderlichen planerischen Vorleistungen in Fragen des Baugrundes und der Fachplanung von Flüssigbodenanwendungen und beschreibt in Kürze die dafür erforderlichen technischen Hilfsmittel. Ebenfalls beleuchtet werden die wirtschaftlichen und qualitativen Aspekte dieser neuen Bauweise und deren umweltrechtliche Bedeutung bei der Umsetzung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes und bei der Reduzierung der CO₂ Bilanz derartiger Baustellen, bei denen umfangreiche und CO₂ verursachende Arbeiten und Transportprozesse entfallen.

Für Baustellen im Grundwasserbereich, z. B. zur Erstellung von Fundamenten oder beim Verlegen von Rohren im Graben benötigt man in der herkömmlichen Bauweise eine trockene Baugrube und eine Grundwasserabsenkung von mind. 0,5 m unter der geplanten Sohle, um auf ihr später verdichtungsfähiges Material verdichten zu können. Hierfür muss das Grundwasser im Bereich der Baugrube bzw. des Grabens mit geeigneten Maßnahmen und Methoden entsprechend abgesenkt werden. Oft wird dazu eine gewollt dichte Verbauwand, z. B. eine Spundwand, um die Baugrube herum errichtet und das Grundwasser innerhalb der Baugrube durch ständigen Pumpenbetrieb abgesenkt. Doch sind derartige Baugruben- oder Grabenabsicherung nie wirklich wasserdicht. Hinzu kommt, dass oft auch keine sichere Einbindung der jeweiligen Wand oder Spundwand in eine dichte Bodenschicht möglich ist. In derartigen Situationen entsteht ein oft großes hydraulisches Gefälle zwischen dem Grundwasserspiegel außerhalb und dem innerhalb der Baugrube. Dem Prinzip der kommunizierenden Röhren folgend, umströmt das Grundwasser von außen her den Fuß der Verbauwand. Die Strömungskraft des Wasser wirkt der Gewichtskraft des Bodens entgegen. Ein hydraulischer Grundbruch tritt ein, wenn die Strömungskraft die Gewichtskraft übersteigt. Der Boden wird in diesem Fall durch das Grundwasser angehoben und „bricht auf“.



Kommunizierende Röhren,
Quelle: Wikipedia

Selbst bei offener Wasserhaltung im Rohrgraben kann dieses hydraulische Gefälle zu einem Problem werden. Entsprechend der Wasserdurchlässigkeit im Baugrund tritt Wasser an der Sohle aus und weicht den Boden auf. Ist die Wasserdurchlässigkeit gering, kommt es zu Hebungen und Verformungen bis Auflockerungen des Bodens – in Fachkreisen „hydraulische Grundbruch“ genannt.

Die Folge ist nicht nur eine nun ungeeignete Grabensohle. Selbst Gebäuden kann ein hydraulischer Grundbruch zum Verhängnis werden. Das wohl bekannteste Beispiel in negativem Sinne ist der Einsturz des Kölner



Stadtarchiv von 2009, für den gegenwärtig immer noch ein massiver hydraulischer Grundbruch als Ursache angesehen wird.



Archivbild: Im März 2009 stürzte das historische Stadtarchiv in Köln ein. Bild: AP



Sanierung der Einsturzstelle mit überschneidenden Bohrpfählen aus RSS Flüssigboden, Foto Ing. Büro LOGIC

Technologisch unterschieden werden Grundbrüche in bindigen und nicht bindigen Untergründen.



Hydraulischer Grundbruch in einem bindigen Boden;
Foto: Ing. Büro LOGIC



Hydraulischer Grundbruch in einem nicht bindigen Boden nach einem Starkregenereignis; Foto: Ing. Büro LOGIC

Beim hydraulischen Grundbruch, speziell im nichtbindigen Boden, spielt die Lösungserosion (Suffosion) eine entscheidende Rolle: Sie sorgt für die Umlagerung und den Abtransport feiner Bodenteilchen im Boden

durch das Grundwasser. Dabei werden feine Körner selbst eines ungleichförmigen, nicht bindigen Bodens von der Strömungskraft des Wassers aus dem Boden gelöst und durch den vorhandenen Porenraum abtransportiert.

Beim klassischen Tiefbauverfahren gibt es zur Vermeidung dieses Problems verschiedene Lösungsansätze. So zum Beispiel die Dockbauweise mit Spundwänden. Dabei wird eine nach der Höhe des Wasserdruckes dimensionierte Unterwasserbetonsohle im Kontraktorverfahren eingebaut und nach dem Abbinden des Betons das Wasser abgepumpt. Um eine weitere Wasserhaltung kommt man meist nicht herum. Diese klassischen Verfahren sind für den Bauherrn recht kostenintensiv und erfordern einen hohen Einsatz an Material und Technik, wie auch oft eine entsprechend erhöhte Bauzeit.

Eine innovative und trotz hoher technischer und qualitativer Vorteile, preiswerte Technologie ist die „Schwimmende Verlegung“ im RSS Flüssigbodenverfahren. Dies ist eine, inzwischen auch international patentrechtlich geschützte Entwicklung des Forschungsinstituts für Flüssigboden FiFB aus Leipzig. Diese Lösung wird inzwischen von einer zunehmenden Zahl von Planern und Baufirmen genutzt, um einerseits Kosten zu sparen, andererseits aber auch die genannten Probleme einer Wasserhaltung mit Suffosionsfolgen und Grundbruch wirksam und sicher zu vermeiden.

Basics des Verfahrens

Unter RSS Flüssigboden, der als erstmals für die Wiederverwendung quasi aller Bodenarten geeignetes Herstellverfahren die Grundlage für die Anforderungen des RAL Gütezeichen 507 darstellt, versteht man Flüssigboden als Verfüllmaterial im Ergebnis der Anwendung eines neuen Verfahrens. Mit Hilfe dieses Verfahrens kann erstmals jede Art von Bodenaushub zeitweise in einen fließfähigen Zustand versetzt werden, wobei die bodenmechanisch wichtigen Eigenschaften des Ausgangsbodens weitgehend erhalten bleiben können. Die Aufbereitung des Bodenaushubes zu RSS Flüssigboden, der den Anforderungen des RAL GZ 507 entspricht, kann dabei in zentralen Anlagen oder mit kompakten Anlagen unterschiedlicher Größe und kompletter Überwachung und Aufzeichnung des gesamten Herstellprozesses direkt auf der Baustelle erfolgen. Eine Besonderheit der Herstellung von RSS Flüssigboden ist dabei die Möglichkeit, drei Gruppen von Eigenschaften gezielt verändern zu können. Dies sind:

1. bodenmechanische Eigenschaften, die ein unterschiedliches Verhalten des RSS Flüssigbodens im Vergleich zum Umgebungsboden und so Straßenschäden durch z.B. Differenzsetzungen verhindern
2. technologisch relevante Eigenschaften, die bei gezielter Nutzung die Bauausführung unterstützen und den Aufwand reduzieren und die Leistung maximieren helfen können.
3. spezielle Gebrauchseigenschaften, die für die Anwendung des RSS Flüssigbodens als Verfüllmaterial neue Anwendungsmöglichkeiten verfügbar machen, wie z.B. die Wärmespeicherung oder die Wärmeableitung, die Schwingungsdämpfung oder gezielte Reibkräfte bei Fernwärmeleitungen usw.

Darüber hinaus erfolgt die Herstellung nicht als ein reiner Mischprozess, sondern ist durch gezielt eingesetzte reaktionskinetische Vorgänge gekennzeichnet. Das Ziel ist dabei oft, dass der Flüssigboden nach seiner

Rückverfestigung wieder Eigenschaften erreicht, die denen des Umgebungsbodens auf der Baustelle weitestgehend gleichen oder dass er auf Grund der jeweiligen Baustellenaufgabe gezielt besondere Gebrauchseigenschaften aufweist. Die mit Flüssigboden verfüllten Bereiche reagieren somit in der gleichen Art und Weise wie der umliegende gewachsene Boden u. a. auf Feuchtigkeits-, Last- sowie Temperaturänderungen. Im Bedarfsfall können Eigenschaften wie Volumenkonstanz, Belastbarkeit, das Schwind- und Quellverhalten, die Schwingungsdämpfung, die Dichte, die Wasserdurchlässigkeit, Wärmeleitfähigkeit, Wärmeübergangswiderstände, Reibkräfte, Kohäsion usw. gezielt verändert werden. Da die Rückverfestigung nicht primär von der Wirkung hydraulischer Bindemittel, sondern hauptsächlich von gesteuerter Kohäsion als Folge der Verfahrensspezifität (Rückverfestigung als friktional, kohäsiver Vorgang im Gegensatz zur Rückverfestigung auf der Grundlage der Ausbildung starrer Fremdstrukturen bei hydraulisch abbindenden Materialien, für die beispielsweise die Zementsteinbildung verantwortlich ist) abhängt, können eine Vielzahl bisher für Verfüllmaterialien unbekannter Lösungen mit Hilfe dieses Verfahrens erzielt werden.

Die „Schwimmende Verlegung“ und die Vermeidung hydraulischen Grundbruchs

Auch die sogenannte „Schwimmende Verlegung in RSS Flüssigboden“ ist eine solche Lösung für Bauprobleme im und unter Wasser. Bei der „Schwimmenden Verlegung in RSS Flüssigboden“ wird der Graben soweit ausgehoben, wie es die technologischen Vorgaben der Planung erfordern – das Grundwasser aber nicht, oder nur teilweise abgepumpt. Das zu verlegende Rohr wird dann in Seilschlaufen aufgehängt und montiert. Um den Auftrieb nach dem Verlegen zu beherrschen, werden die Rohre mittels hydraulischer Stempel gesichert, die gleichzeitig eine Messfunktion innehaben und die Messung des Rückverfestigungsprozesses im konkreten Rohrgraben für den jeweiligen Einbauzustand gestatten. Der RSS Flüssigboden wird unter Einsatz verschiedener technologischer Möglichkeiten und technischer Hilfsmittel so eingebaut, dass er das anstehende Wasser verdrängt, das Rohr vollständig umhüllt und nach dem Ziehen des Verbaus, nach einer technologisch vorgegebenen Zeit, sich mit der Grabenwand fest und schwindungsfrei verbindet. Zur Steigerung der Effektivität können verschiedene Hilfsmittel verwendet werden, die meist durch die Fachplanung vorgegeben werden.

Die finanziellen Vorteile sind enorm. Einerseits ist es der Wegfall der sonst notwendigen Wasserhaltung im Graben, andererseits sind es nicht erforderliche Spundwände, deren Kosten nicht mehr anfallen. Statt der Spundwände kann man mit geeignetem und durch die vorherige Fachplanung in Abhängigkeit von den Ergebnissen der Statik für den Lastfall Auftrieb im Flüssigboden ausgewähltem Parallelverbau arbeiten. So wird auch die Gefahr bei angrenzenden Gebäuden gegen Null verringert, da es zu keinen hydraulischen Grundbrüchen mehr kommen kann. Doch das Gros der wirtschaftlichen Vorteile resultiert aus der viel höheren Bauleistung mit weniger Personal und weniger bis preiswerterer Technik, wenn dichte Baugruben bzw. dichte Rohrgräben entfallen können. Dabei gibt es noch einen Sonderfall der „Schwimmenden Verlegung“ im Rahmen der sogenannten holländischen Bauweise, auf den im Folgenden noch eingegangen werden wird und eine weitere Modifikation, bei der der Wasserdruck des nicht abgepumpten Grundwassers allein nicht ausreicht, um einen Grundbruch zu verhindern und der Wasserdruck in Kombination mit einer Schicht von RSS Flüssigboden benötigt wird, um die fehlende Auflast durch den erfolgten Bodenaushub in ausreichendem Maße zu ersetzen.

Umweltrechtliche Folgen und Bedeutung

Erwähnenswert ist auch die Wirkung des Verfahrens bei der Reduzierung der CO₂ Bilanz der jeweiligen Baustelle, des sogenannten carbon footprint, da:

- die erforderlichen Transportprozesse minimiert werden und auch
- energieaufwändige Arbeiten, wie z.B. das Schlagen von Spundwänden oder das Einbringen von Betonsohlen,
- energieaufwändiges Abpumpen und Ableiten von Grundwasser usw.

oft vollständig entfallen.

Aber auch die Möglichkeit der uneingeschränkten Erfüllung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes durch die Wiederverwendbarkeit aller auf der Baustelle anfallenden Böden, oft selbst kontaminierter Böden, ist in diesem Zusammenhang zu erwähnen. Bei kontaminierten Böden ist allerdings zu bemerken, dass es hier Einschränkungen nach der Art der Kontaminationen und deren Konzentration gibt, die sich auf die Wirtschaftlichkeit der Verfahrensanwendung und deren Wirksamkeit auswirken. Doch eine Überprüfung der Möglichkeit, rechtzeitig vor Baubeginn, möglichst als Teil der sinnvollen Fachplanung lohnt sich, denn für viele, wenn auch nicht alle Kontaminationen ist das Verfahren vorteilhaft anwendbar. Denn seine Wirkung basiert nicht primär, wie beispielsweise bei zementgebundenen Kapselungen auf der reinen Umhüllung der Kontamination und damit der Verhinderung der „Wanderung“ im Boden und Grundwasser, sondern vor allem auf Ionenaustausch- und Anlagerungsprozessen, die zu stabilen Bindungen in der Flüssigbodenmatrix führen und so Boden und Grundwasser erfolgreich schützen. Die Wirkung dieser Verfahrensweise muss ohnehin in jedem Anwendungsfall überprüft und erfolgreich nachgewiesen werden. Auch das ist eine fachplanerische Aufgabe.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die hier geschilderte Bauweise eine Form des „anwohnerfreundlichen Bauens“ darstellt und neben den Vorteilen für die Reduzierung der CO₂ Bilanz und die Erfüllung der Forderungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes, durch die Reduzierung bis Vermeidung von Schwingungen, Lärm und Staub bis CO₂ vor allem auch hilft, Anwohner vor den Belästigungen und Ärgernissen einer Baustelle aktiv zu schützen.

Varianten der „Schwimmenden Verlegung“

Prinzipiell gibt es drei Möglichkeiten bei Grundwasser- und Grundbruchproblemen durch das Bauen mit Flüssigboden, die bei herkömmlicher Bauweise bekannten Folgen dieser Probleme, zu vermeiden:

1. Die „Schwimmende Verlegung“ im und unter Wasser ohne Wasserhaltung und damit ohne die Gefahr des unkontrollierten und ungewollten Feinstofftransportes mit Verlust der Tragfähigkeit für die von der so wirksam werdenen Suffosion betroffenen Flächen.

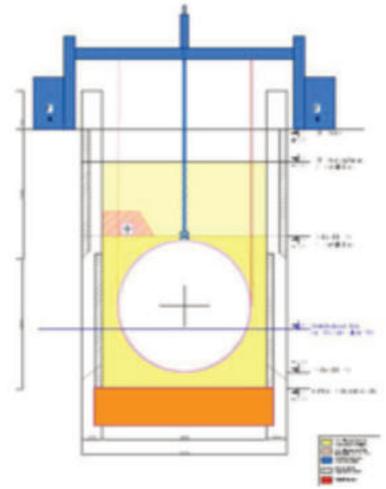
Diese Variante der „Schwimmenden Verlegung“ ist dadurch charakterisiert, dass die Auflast durch das im Graben verbleibende Grundwasser ausreicht, um einen hydraulischen Grundbruch zu verhindern.



Foto: Variante 1;
Foto: Ing. Büro LOGIC

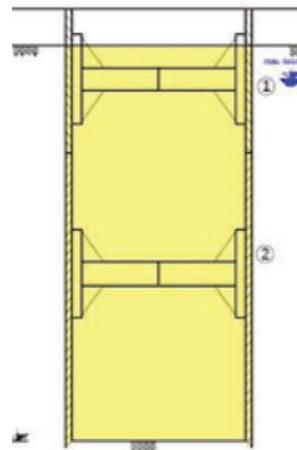
2. Die „Schwimmende Verlegung“ mit einer Bodenplatte aus RSS Flüssigboden als zusätzliche Auflast.

In diesem Fall reicht die Auflast des im Graben verbleibenden Grundwasser allein nicht aus, um einen hydrologischen Grundbruch zu verhindern. Daher wird zunächst eine Bodenplatte aus Flüssigboden beim Aushub des Grabens erstellt. Diese muss jedoch rezepturseitig in ihren Eigenschaften angepasst werden – Fachwissen vorausgesetzt!



3. Anwendung der sogenannten „holländischen Bauweise“

Wenn die ersten beiden Möglichkeiten aufgrund der Höhe des Grundwasserspiegels im Graben und der anstehenden Bodenarten nicht anwendbar sind, wird der komplette Graben mit einem Flüssigbodenkörper verfüllt. Auch dabei spielt die jeweilige Rezeptur des an die Erfordernisse der Baustelle angepassten Flüssigbodens eine entscheidende Rolle. Denn der einzusetzende Flüssigboden erfordert definierte Eigenschaften, ohne deren korrekte planerische Vorgabe und Einhaltung bei der Herstellung und Anwendung des Flüssigbodens, das Verfahren nicht anwendbar ist. Ist der Graben so verfüllt, dann wird der eigentliche Rohrgraben aus dem Körper aus RSS Flüssigboden ausgeschachtet. Ein Bauen mit der Technologie der „Schwimmenden Verlegung“ im trockenen Rohrgraben, der danach wieder mit RSS Flüssigboden verfüllt wird, ist nun möglich.



Grafiken: Variante 3;
Foto: Ing. Büro LOGIC

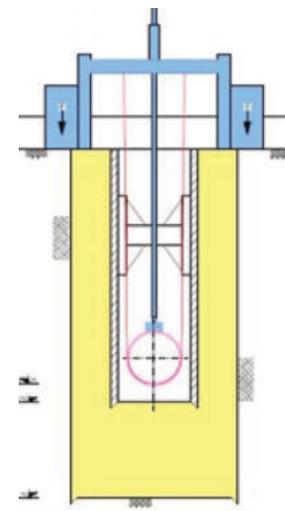


Foto + Grafik: Variante 2;
Foto: Ing. Büro LOGIC

Die Baugrundinformationen spielen bei der Nutzung des RSS Flüssigbodenverfahrens eine entscheidende Rolle für die Rezeptur des Flüssigbodens. Die Entwicklung dieser Rezeptur erfolgt in mehreren Schritten:

- Festlegung der zutreffenden geotechnischen Kategorie und Information des den Baugrund untersuchenden Geologen über die von der Anwendung abhängigen speziell gewünschten Baugrundinformationen
- fachgerechte Einschätzung des Baugrundes durch einen Fachmann
- Nutzung der Ergebnisse der Baugrunduntersuchung durch den Fachplaner für Flüssigbodenanwendungen in folgender Form:
 - o Analyse und Beschreibung des zu lösenden Problems/Aufgabe
 - o Ableitung einer Zielsetzung für den Flüssigbodeneinsatz
 - o Erarbeitung einer Rezepturspezifikation zur Festlegung der Zieleigenschaften des Flüssigbodens samt zulässiger Toleranzen in Abhängigkeit von der Bedeutung des jeweiligen Parameters
 - o Erstellung der gewünschten Rezeptur oder (bei wechselnden Böden) einer Rezepturenschaar, die mit Hilfe der speziell dafür entwickelten Technik einen problemfreien Umgang mit wechselnden Böden gestattet
 - o Herstellung von Prüfkörpern zum Nachweis der Erfüllung der Vorgaben der Rezepturspezifikation

- o Prüfung der Prüfkörper und Auswertung der Prüfergebnisse
- o Bei Bedarf iterative Annäherung an die gewünschten Zielwerte
- o Vergleich der zeit- und temperaturabhängigen Entwicklung der Prüfergebnisse des Rückverfestigungsverhaltens mit den Langzeitdaten der Datenbank des FiFB zur Prognose der Langzeiteigenschaften der anzuwendenden Rezeptur und damit zur Vermeidung von ansonsten möglichen, unerkannten Spätschäden z. B. durch ungewollte Nacherhärtung, Rissbildung, ungewollte Veränderungen der Matrix und des statischen Verhaltens usw.
- o Bei Erfüllung der vorgegebenen Zielwerte und Feststellung der erforderlichen Sicherheit zur Bewertung der Entwicklung der Langzeiteigenschaften erfolgt die Freigabe der geprüften Rezeptur
- Mit der Freigabe der Rezeptur im Erfolgsfall erfolgt die Übernahme der Haftung für die Richtigkeit der Rezeptur durch den Rezepturersteller, einen vom Verfahrensentwickler, das Forschungsinstitut für Flüssigboden (FiFB) namentlich autorisierten Fachmann oder das FiFB selbst.

Die „Schwimmenden Verlegung“ erfordert eine Reihe von Eigenschaften des eingesetzten Flüssigbodens, die zum einen generell für diese Bauweise benötigt werden. Zum anderen sind einer Reihe von Eigenschaften erforderlich, die von den jeweiligen Baustellenverhältnissen (Art des Baugrunds, Hydrogeologie, Baustellenbesonderheiten, Bauaufgabe und spätere Nutzung usw.) abhängen und so nur für das konkrete Projekt zutreffen. Hier zeigt sich die Erfordernis planerischer Aufgaben und Vorleistungen.

Um die hier geschilderten, technisch anspruchsvollen Anwendungen von Flüssigboden und eine dauerhaft funktionierende Flüssigbodenrezeptur sicher zum Einsatz bringen zu können, bedarf es also kompetenter Planungsleistungen als Voraussetzung für eine erfolgreiche Anwendung des Flüssigbodenverfahrens. So sollte beispielsweise die Entwicklung der erforderlichen Rezeptur des Flüssigbodens samt der benötigten Nachweisführung Teil der Ausschreibung sein, allein schon um Nachträge minimieren bis vermeiden zu können.

Da auch andere Kostenstrukturen auf Grund der neuen technologischen Lösungen der „Schwimmenden Verlegung“ dem Bauen mit diesem Verfahren zu Grunde liegen, sollte die Ausführung in einer gut verständlichen Form als Teil der Ausschreibung detailliert dargestellt werden. Ebenso ist die Kenntnis und Darstellung des logistischen Konzeptes zur Absicherung optimierter Bauhaupt- und Bauhilfsprozesse für eine solche Bauweise als Teil der Planung und Ausschreibung erforderlich. Dazu muss aber der Planer die technischen Abläufe und Hilfsmittel kennen, um die Flüssigbodentechnologie zum Einsatz bringen zu können, denn schadensfreie Baustellen stehen als Ziel der ebenfalls zu planenden Gütesicherung an erster Stelle!

Flüssigboden herzustellen klingt im ersten Moment vielleicht einfach, doch setzen die anwendungsspezifischen und baustellenbezogenen Anforderungen an den jeweils gewünschten Flüssigboden eine Reihe fachlicher Vorarbeiten voraus, die nur durch eine entsprechende Ausbildung der Handelnden und die nötige technische Ausrüstung risikofrei abgesichert werden können. Für die „Schwimmende Verlegung“ ist diese

auch allgemeingültige Aussage von besonderer Wichtigkeit. Das erforderliche Fachwissen betrifft sowohl die Planung einschließlich der Baugrunderkundung, wie auch die Herstellung von Flüssigboden und die bauliche Ausführung unter Einsatz von Flüssigboden.

Interessierte Planer können heutzutage über den Verfahrensentwickler das erforderliche Fachwissen auf dem Wege einer entsprechenden Ausbildung erwerben oder einen speziellen Fachplaner für Flüssigbodenanwendungen, analog einem Statiker oder einem Tragwerksplaner für ein konkretes Projekt an ihre Seite holen. Das erforderliche Know How steht somit jedem Interessenten zur Verfügung. Erste Hochschulen in Deutschland und sogar schon ausländische Universitäten haben begonnen, die Basics zum Flüssigbodenverfahren den Studierenden zu vermitteln.

Bei einer Baufirma sollten sich die entsprechenden Mitarbeiter, bevor sie dieses Verfahren risikofrei und kompetent zur Anwendung bringen können, einer Schulung zur Technologie durch den Systementwickler unterziehen. Ergänzt wird eine solche Ausbildung durch die Basics der erforderlichen Gütesicherung. Diese werden durch den Systementwickler, das Forschungsinstitut für Flüssigboden und ein 2-tägiges Seminar der RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e. V. vermittelt. Natürlich werden auch die erforderlichen technischen Hilfsmittel von der Herstellung bis zum Einbau des Flüssigbodens benötigt, da es sich bei der Flüssigbodenherstellung nicht mehr nur um einen reinen Mischprozess, wie bei der Herstellung hydraulisch abbindender Materialien handelt, sondern um einen Prozesse des Mischens und gezielter reaktionskinetischer Vorgänge, deren Beherrschung erst die richtige Umsetzung der Rezeptur und damit die korrekte Herstellung des Flüssigbodens ermöglicht. Die Verfügbarkeit solcher Technik ist inzwischen nicht mehr nur über den Kauf allein möglich, sondern auch über das Angebot von entsprechender Miettechnik gegeben.

Die Flüssigbodenbauweise und die damit verbundenen vielen neuen technologischen Möglichkeiten sind zudem ein alternatives Verfahren zum schonenden Umgang mit Ressourcen und damit auch zum Schutz der Umwelt. Bei der „Schwimmenden Verlegung“ kommt hinzu, dass diese neue Bauweise auch relevante Vorteile für die hydrologische Situation im Untergrund ermöglicht. Dauerhafte Hindernisse, wie beispielsweise Spundwände, die in dichte Bodenschichten einbinden und nicht oder nur teilweise rückgebaut werden können, sind sicher vermeidbar. Da es infolge des Wegfalls der Wasserhaltung zu keiner Herausbildung eines hydraulischen Gefälles und in dessen ausbleibender Folge auch zu keinen Suffusionsproblemen kommt, sind Gefährdungen der Standfestigkeit von Straßen und Gebäuden sicher vermeidbar.

Mit der Entwicklung dieses Verfahrens durch das Forschungsinstitut für Flüssigboden (FiFB) aus Leipzig war und ist auch neben der „Schwimmenden Verlegung“ auch generell die Entwicklung neuer Anwendungsmöglichkeiten und neuer technischer und technologischer Lösungen verbunden. Derzeit werden auf dem Markt von verschiedensten Anbietern zeitweise fließfähige Verfüllmaterialien angeboten, die aber wenig mit den Zielsetzungen des vom FiFB entwickelten Verfahrens zu tun haben, obwohl die meisten dieser Anbieter ebenfalls den von den Protagonisten des FiFB geprägten Begriff „Flüssigboden“ nutzen, ohne seine Inhalte in der vom FiFB vorgegebenen Art zu erfüllen. Der eigentliche Begriff „Flüssigboden“ wird demzufolge auch sehr unterschiedlich durch die Anbieter solcher Materialien besetzt und hat meist wenig bis nichts mit der Fähigkeit zu tun, Fremdkörper unter der Straße und damit spätere Bauschäden sicher vermeiden zu können.

Exakt das aber ist das Ziel der Entwicklungen des FiFB gewesen und genau das kann das vom FiFB entwickelte Flüssigbodenverfahren uneingeschränkt und als einziges der aktuell am Markt befindlichen Verfahren, die den Begriff „Flüssigboden“ verwenden.

Für die korrekte Anwendung der „Schwimmenden Verlegung“ sind daher eine Reihe von Eigenschaften des eingesetzten Flüssigbodens zwingend notwendig, die

- Einerseits generell für diese Bauweise benötigt werden,
- Andererseits aber von den jeweiligen Baustellenverhältnissen (Baugrund, Hydrologie, Baustellenbesonderheiten usw.) abhängen.

Daher sollten in jedem Falle dieser Anwendung nach einer Analyse der konkreten Aufgabenstellung projektbezogene Zieleigenschaften des Flüssigbodens in der o. g. Form erarbeitet und nachgewiesen werden.

Zur klaren Abgrenzung von Flüssigboden als Material im Sinne der Erhaltung bodentypischer Eigenschaften von hydraulisch abbindenden Produkten und den daraus resultierenden Qualitätsanforderungen wird daher in diesem Artikel ausschließlich von Flüssigboden gesprochen, der den Anforderungen des RAL-Gütezeichen 507 und den Vorgaben des vom FiFB entwickelten Flüssigbodenverfahrens entspricht.

Basierend auf diesen Anforderungen und Vorgaben kann bei einer korrekten Umsetzung von der Planung bis zur Anwendung des Flüssigbodens eine sichere Bauschadensfreiheit bei Einsatz von Flüssigboden und einer damit verbundenen Technologie durch die jeweiligen, für das Gesamtprojekt verantwortlichen Planer und die an ihrer Seite arbeitenden Fachplaner für Flüssigbodenanwendungen garantiert werden. Dabei arbeiten derartige Fachplaner für Flüssigbodenanwendungen in der gleichen, haftungsrelevanten Art anderer Fachplaner wie beispielsweise Statiker, Baugrundgutachter oder Tragwerksplaner an der Seite der Projektplaner, um ihr spezialisiertes Wissen für eine sichere und schadensfreie Anwendung des Flüssigbodenverfahrens in die Planung und bei der Gütesicherung auch in die Bauausführung einzubringen. Da Flüssigboden für hohe technische Anforderungen zur Gewährleistung seiner schadensfreien Funktionssicherheit und einer gesicherten Haftung mindestens den Anforderungen des RAL-Gütezeichen 507 und den Vorgaben der Fachplanung für die konkrete Anwendung entsprechen sollte, wird empfohlen, sich der Unterstützung erfahrener und gut ausgebildeter Fachplaner für Flüssigboden zu bedienen.

Fazit: Die „Schwimmende Verlegung“ in Flüssigboden ist eine kostensenkende und qualitativ hochwertige Lösung, wenn man die Planung, die Herstellung des erforderlichen Flüssigbodens und die Qualitätssicherung in erfahrene Hände gibt. Das Ingenieurbüro LOGIC Logistic Engineering GmbH aus Leipzig hat die hier geschilderten Anwendungsmöglichkeiten, zusammen mit dem FiFB, dem Forschungsinstitut für Flüssigboden, entwickelt. Diese Lösungen werden inzwischen selbst bei kompliziertesten Baustellen erfolgreich eingesetzt. Das Ingenieurbüro LOGIC kann auf viele derartige Referenzen verweisen, zu denen auch Projekte dieser Art im In- und Ausland gehören. Aber auch von FiFB und LOGIC ausgebildete Fachplanerkollegen stehen inzwischen für derartige Aufgaben am Markt zur Verfügung und können auf das Know How und die Erfahrungen des Verfahrensentwicklers zurückgreifen und sie aktiv und eigenständig nutzen. Eine kompetente Fachplanung für die jeweilige Flüssigbodenanwendung ist die Voraussetzung einer erfolgreichen und wirtschaftlich vorteilhaften Anwendung des Flüssigbodenverfahrens in seiner gesamten Anwendungsbreite.



RSS Flüssigboden® entspricht den Anforderungen des RAL-Gütezeichen 507

Autoren:

Andreas Bechert
Pressesprecher
RAL Gütegemeinschaft
Flüssigboden e. V.

Olaf Stolzenburg
Direktor FiFB Leipzig