REGIO BASILIENSIS 62/2 2021 S. 91-102

Flüssigboden – ein bedeutender Beitrag zur Reduktion unseres ökologischen Fussabdruckes

Andreas Bechert

Zusammenfassung
Die Flüssigbodentechnologie ist in der Schweiz wenig bekannt. Mit dieser Technologie ist es möglich, sämtliche gewonnenen Erdaushubmaterialien einer umweltgerechten Wiederverwertung zuzuführen. Als Bauherr erfüllt man somit alle gesetzlichen Verpflichtungen und trägt aktiv dazu bei, die Umwelt zu schützen, keine Altlasten für spätere Generationen zu schaffen und vorhandene Ressourcen zu schonen. Schon Bundespräsidentin Simonetta Sommaruga sagte in ihrer Abschlussrede auf dem Infrastrukturtag 2019, dass weniger CO_2 die günstigste und wirksamste Massnahme zum Schutz unserer Infrastruktur ist. Zwei Beispiele aus Rheinfelden und Muttenz belegen, dass die Vorteile des Einsatzes des Baustoffes "Flüssigboden" nicht nur darin liegen, Kosten zu sparen, sondern u. a. auch die CO_2-Emissionen zu senken.

1 Einleitung

"Flüssigboden nach RAL Gütezeichen 507" (im Folgenden kurz "Flüssigboden" genannt) ist ein Verfüllmaterial, das auf der Grundlage eines Verfahrens hergestellt wurde, welches vor über 22 Jahren durch das Forschungsinstitut für Flüssigboden (FiFB) in 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.

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 (*Bechert* 2019a). Neben dieser vollständigen Nachnutzbarkeit des Bodenaushubes werden die Kosten für Verfüllmaterial eingespart und die Umwelt entlastet. Der Aushub wird direkt wiederverwendet.

Adresse des Autors: Ing. Andreas Bechert, Ansprechpartner Presse der RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e.V., Walter-Köhn-Strasse 1d, D-04356 Leipzig; E-Mail: a.bechert@ral-gg-fluessigboden.de

2 Herstellungsprozess

2.1 Verfahrensspezifik

In der Praxis bedeutet dies, dass der Bodenaushub nicht zur Deponie geschafft werden muss, sondern in Form von Flüssigboden z. B. wieder in den Kanal gefüllt werden kann, dem er entnommen wurde. Flüssigboden ist zeitweise fliessfähig und kurze Zeit später in einer Form rückverfestigt, die mit konsolidiertem Boden verglichen werden kann (das erspart die Rüttelplatte) – er kann zu jeder Zeit wieder mechanisch gelöst werden, vergleichbar mit dem jeweiligen Umgebungsboden. Die Aufbereitung des Bodenaushubs zu Flüssigboden erfolgt in zentralen Flüssigboden-Anlagen oder mit kompakten Flüssigboden-Anlagen – unterschiedlicher Grösse und kompletter Überwachung und Aufzeichnung des gesamten Herstellprozesses – meist direkt auf der Baustelle.

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 abhängt (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 (vgl. Abb. 1), können noch ganz andere Wirkungen mit Hilfe des Flüssigbodenverfahrens erzielt werden.

Diese Tatsache ermöglicht einen Einsatz dieses Verfahrens in über 180 verschiedenen Anwendungen von Umgehen einer Pfählung, Nagelwänden, Hangsicherungen mittels Rühlwänden bis hin zur Immobilisation von Schadstoffen wie Schwermetall, PAK (Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe) u. v. a.. Dabei kann jede Bodenart verarbeitet und bearbeitet werden.

2.2 Rezeptur

Neben dem Aushubboden erfolgt die Herstellung des Flüssigbodens unter Zugabe von Wasser in Abhängigkeit von der jeweiligen Flüssigbodenrezeptur. Etwa 94–96 % der Bestandteile des RSS-Flüssigbodens sind der natürliche Boden samt seiner Bodenfeuchte. 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 (*Bechert* 2020).

2.3 Eigenschaften

Herkömmlich verwendete, zeitweise fliessfähige Baustoffe wie Füller, Schaumbetone oder Bodenmörtel erhärten nach dem Einbau hydraulisch. Deshalb können sie die technischen Anforderungen an ein geeignetes Verfüllmaterial und den Schutz der eingebauten Leitungen und Rohre nicht immer ausreichend gewährleisten. Denn der angrenzende Boden und das Verfüllmaterial

Abb. 1 Unterschied zwischen Flüssigboden und den sonst üblichen starren Fremdstrukturen (🌍1).

weisen unterschiedliche, meist ganz andere Eigenschaften auf, wodurch Strassenschäden beispielsweise in Form von Setzungsdifferenzen entstehen. Die elastischen, mechanischen und technischen Eigenschaften und die Volumenstabilität bleiben beim Flüssigboden hingegen erhalten.

Durch die Wiederverwendbarkeit praktisch aller anfallenden Aushubböden im Rahmen der Anwendung des Flüssigbodenverfahrens werden bei der Verfüllung die bauphysikalisch relevanten Eigenschaften des Flüssigbodens vergleichbar mit dem Ausgangsboden 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 Rohrnetzen unter Lasteinwirkung wie auch Risse und Undichtigkeiten in den verfüllten Bereichen sicher vermieden.

Die folgenden Eigenschaften werden dabei gezielt genutzt und sollen, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, hier kurz genannt sein. Flüssigboden ist

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

2.4 Umweltverträglichkeit und Energieeinsparung

Da die Rückverfestigung – wie bereits erwähnt – hauptsächlich von gesteuerter Kohäsion und reaktionskinetischen Einwirkungen als Folge der Verfahrensspezifik abhängt, können noch ganz andere Wirkungen mit Hilfe des Einsatzes von Flüssigboden erzielt werden. Diese Art Flüssigboden ist aufgrund speziell gewählter Zuschlagstoffe aber absolut umweltverträglich.

Die mit dem Einsatz von Flüssigboden verbundenen Energieeinsparungen sind enorm. Eingesparte Energie reduziert auch CO_2 in hohem Masse. Je nach Anwendung können bei der Verwendung von Flüssigboden bis zu 80 % CO_2 gegenüber vergleichbaren Verfüllverfahren auf Zement- oder Betonbasis eingespart werden. Das ist gelebte Kreislaufwirtschaft und praktizierter Klimaschutz.

2.5 Verfahrensvorteile

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 Konzepts, wird im Rahmen eines Coachings vor Ort vermittelt (*Stolzenburg & Bechert* 2020).

Abb. 2 Das RAL Gütezeichen 507 für Flüssigboden. *Grafik: RAL*

Nach seiner Erfindung gab es schnell Nachnutzer des Begriffs “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 bisweilen wohl gar gezielt irreführende Verwendung des Begriffs “Flüssigboden” gründeten primär Auftraggeber und Planer im Jahre 2008 die “RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e. V.”.

Deren erklärtes Ziel ist es, unter dem Dach der RAL (Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V., vgl. $\oplus_2$) transparente Massstäbe der Gütesicherung als Hilfsmittel zur sicheren Herstellung und Anwendung von Flüssigboden sowie zur Vermeidung von Bauschäden zu erarbeiten und verfügbar zu machen (Abb. 2).

Die aktuelle Fassung der Gütesicherung nach RAL GZ 507 ist unter $\oplus_3$ zu finden.

3 Einsatz- und Anwendungsbeispiele

3.1 Kanal- und Rohrleitungsbau, im Grundwasser ohne Wasserhaltung und dichten Verbau (Baugruben aller Art)

Ein besonderes Problem im Tiefbau ist ein hoher Grundwasserpegel. 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. Flüssigboden ist hier eine echte Alternative. Die "Schwimmende Verlegung" und die sogenannte "Holländische Bauweise" ersparen alle o. g. Massnahmen. Der Einbau erfolgt direkt im gefluteten Graben – die Rohre werden mittels Rohrverlegehilfen fixiert und stabilisiert. Das spart Kosten, Zeit und Folgeschäden (*Bechert* 2019b).

3.2 Wiederverfüllungen und Bodenstabilisierungen

Grundsätzlich hat die Verfüllung eines Grabens mit artfremdem Material immer andere physikalische Eigenschaften (z. B. die Wasserdurchlässigkeit) als der natürlich vorhandene Untergrund zur Folge. Sand und Kies im Rohrgraben bilden für das vorhandene Hangwasser eine Art Autobahn. Wenn dieser Graben nun noch in Richtung des Hanggefälles verläuft, dann ist auch der notwendige Höhenunterschied vorhanden, der dem Wasser die nötige kinetische Energie gibt und so eine entsprechende Dynamik verleiht. Insbesondere die Feinsande bzw. die gesamte Kanalgrabenverfüllung kann dadurch wirksam und mitunter sehr schnell hangabwärts transportiert werden. Dieser Prozess kann auch über Jahre unsichtbar verlaufen, bis dann irgendwo die Strasse einbricht oder die Leitung beschädigt wird. Strasse und Leitungen fehlt in dieser Situation der weggeschwemmte oder weggerutschte Boden als Auflager. Dieses Problem kann nur durch den Einsatz von Flüssigboden gelöst werden – mit den an die Erfordernisse angepassten Eigenschaften samt der dazugehörigen fachplanerischen Vorleistungen der Geologen und der Fachplaner für Flüssigbodenanwendungen sowie der dazugehörigen Gütesicherung. Der Vorteil liegt darin, dass die Wasserdurchlässigkeit und andere bodenmechanische, wie auch wichtige technologische Eigenschaften für den Einbau z. B. in Hanglage bei diesem Verfahren den natürlichen Bodenverhältnissen und der Einbausituation gezielt angepasst werden können (*Bechert* 2018).

3.3 Spezielle Anwendungen im Bereich von Elektro- und Energietrassen

Hierbei ist eines der bisherigen Probleme die Wärmeableitung. Die Lösung ist thermisch stabilisierender Flüssigboden. Je nach Ausgangsmaterial variieren die Eigenschaften, wobei sich diese über die Flüssigbodenrezeptur in bestimmten Grenzen gezielt beeinflussen lassen. Die Besonderheit des thermisch stabilisierenden Flüssigbodens besteht darin, dass er die beachtliche Wärme, die im Betrieb erdverlegter Höchstspannungsleiter in Form von Verlustleistung frei wird, dauerhaft und konstant ableitet, ohne dabei auszutrocknen und so auch bei hoher elektrischer Last für eine vergleichsweise niedrige Betriebstemperatur der Leiter sorgt. Diese Eigenschaft wurde für den eingebauten Zustand bereits für Leitertemperaturen bis über 90 °C nachgewiesen. Durch diese

thermische Stabilisierung der Leiter wird auf Grund der abgesenkten Leitertemperatur auch der elektrische Widerstand verringert, was wiederum die anfallende Verlustleistung reduziert (*Bechert* 2020).

Weitere Einsatzmöglichkeiten ergeben sich in diesen Bereichen:
- bei Immobilisierung von Kontaminationen,
- zum Gebäudeschutz vor Vibrationen und Wasser,
- beim Bauen auf nicht tragfähigen Böden,
- für spezielle Anwendungen im Bereich Tunnelbau,
- für spezielle Anwendungen im Fernwärmeleitungsbau,
- beim Hochwasserschutz sowie Deich-, Hafen- und Wasserbau.

4 Flüssigboden in Deutschland

Die Firma Bau GmbH aus Wehr arbeitet seit 13 Jahren erfolgreich mit der Flüssigbodentechnologie. Alleine in den letzten fünf Jahren wurden durch das deutsche Unternehmen im Raum Lörrach, Waldshut sowie Freiburg erfolgreich über 50 Projekte mit einer Gesamtmenge von über 150'000 m^3 Flüssigboden umgesetzt. In dieser Zeit wurden deutschlandweit über 500'000 m^3 unterschiedlichster Böden aufbereitet – in über 100 der 170 möglichen Anwendungsbereichen mit unterschiedlichsten Anforderungen bzw. Endeigenschaften. Kommunen wie die Städte Rheinfelden, Lörrach, Bad Säckingen, Efringen-Kirchen, Freiburg sowie eine Vielzahl von süddeutschen Ingenieurbüros schreiben schon seit vielen Jahren Flüssigboden verbindlich in ihren öffentlichen Ausschreibungen aus, der innerhalb Deutschlands mittlerweile als Stand der Technik angenommen und mit stetig wachsender Tendenz eingesetzt wird.

5 Flüssigboden in der Schweiz

5.1 Unterschätzte Vorteile

In der Schweiz wurde das Flüssigbodenverfahren erstmalig im Jahr 2005 angewendet. Viele Projekte in der Schweiz erfolgen als Joint Venture mit der genannten Firma Bau GmbH. Leider ist das Flüssigbodenverfahren in der Schweiz heute aber noch nicht überall bekannt bzw. werden die Vorteile des Verfahrens unterschätzt, auch wenn Projekte in der Schweiz bisher erfolgreich und ohne spätere Reklamationen realisiert werden konnten. Doch trotz dieser positiven Erfahrungen ist der Grossteil der Bauherren immer noch zurückhaltend beim Einsatz des innovativen Verfahrens.

Die Schweizer Bauherren sind überwiegend sehr skeptisch gegenüber Neuheiten. Ist ein Verfahren oder Baustoff noch zu wenig bekannt, werden sie vor allem bei der öffentlichen Hand bei Ausschreibungen überhaupt nicht in Betracht gezogen, auch wenn technische Referenzen vorliegen und ökonomische und ökologische Vorteile klar auf der Hand liegen. Die nachfolgenden zwei Beispiele zeigen die Anwendung des Flüssigbodenverfahrens in der Region Basel.

5.2 Baustelle Rheinfelden

Im Sommer 2020 mussten bei Rheinfelden neue Kanalrohre verlegt werden. Der Anfall an Aushubmaterial war dabei gross: 1'500 m^3. Kleine Mengen können vielleicht noch nach den Baumassnahmen wieder im Gelände eingebaut werden, doch bei umfangreicheren Bauprojekten müssen die Aushubmengen abtransportiert und fachgerecht entsorgt werden. Dies wäre in Rheinfelden der Fall gewesen.

Der Normalfall ist, dass das Aufladen, der Abtransport und die Entsorgung von Spezialfirmen übernommen werden. Zwischen 30 bis 150 Franken Entsorgungskosten fallen dabei pro Kubikmeter Bodenmaterial an – zu Lasten des Auftraggebers. Kann aber das Aushubmaterial wieder an Ort und Stelle eingebaut werden, wird dieser finanzielle Aufwand drastisch gesenkt.

Der Auftraggeber hatte für dieses Projekt den Flüssigbodeneinsatz vorgeschrieben. Alleine die Differenz des CO_2-Ausstosses ist enorm: Anstelle von 120 kg/m^3 für eine Betonumhüllung liegt dieser bei Flüssigboden bei gerade einmal 17 kg/m^3, also siebenmal weniger. Die potenziellen Einsparungen durch dieses Verfahren wären somit immens, wenn man davon ausgeht, dass bei 80 % der Tiefbauarbeiten Beton durch Flüssigboden ersetzt werden könnte.

Die Rohreinbettung bei diesem System ist wesentlich besser, da keine Spaltringe entstehen können, bei welchem das Rohr nur noch auf der Sohle aufliegt und dadurch deformiert wird. Gleichzeitig kann durch die elastische Lagerung eine Scherung durch Absenkung des Bodens vermieden werden.

Die Rohre wurden in diesem Falle – dank der eingesetzten Rohrverlegehilfen – auf den Millimeter genau eingehängt und so gegen den Auftrieb von oben nach unten gesichert. Eine Verdichtung mit damit notwendigen seitlichen Abständen ist wesentlich kleiner; infolgedessen ist der Querschnitt der Grube kleiner und der Ab- und Antransport geringer.

Flüssigboden verschwendet keine neuen unbelasteten Ressourcen. Derselbe Boden wird wieder in der Baugrube eingefüllt, im Zustand und in der Eigenschaft, wie er vorher war. In einigen Fällen wird der Aushub, falls er mit z. B. Schwermetallen kontaminiert ist, mit diesem Verfahren gar dauernd immobilisiert und diese können nachträglich nicht ausgeschwemmt werden.

Das Aushubmaterial in Rheinfelden war von guter Qualität. An Ort und Stelle wieder eingebracht, konnte es andere Verfüllmaterialien wie Beton oder Bodenmörtel ersetzen (Abb. 3). Wertvolle Ressourcen an Kies und Sand können somit eingespart, dadurch deren Abbau verhindert und das Landschaftsbild geschützt werden. Die Aufbereitung des Bodenaushubes zu Flüssigboden erfolgte dabei über eine Dosier-Kompaktanlage, wobei die komplette Aufzeichnung und Dokumentation des Herstellprozesses direkt auf der Baustelle erfolgte (Abb. 4).

5.3 Verfüllung in Muttenz

5.3.1 Projektbeschrieb

Mitten in Muttenz entsteht eine neue Wohnüberbauung mit 125 Wohnungen, Autoeinstellhalle und Geschäftsflächen. Für das Areal Rennbahn wurde im Rahmen der Quartierplanung auf zwei Parzellen ein Richtprojekt erstellt. In der ersten Etappe wird das ehemalige Areal Hubacher überbaut. An der St. Jakobstrasse, direkt neben der Rennbahnklinik, lässt die Anlagestiftung der Migros Pensionskasse eine neue Wohnüberbauung errichten, die bis September 2022 fertiggestellt sein soll. Gleich daneben stehen immer noch grosse Teile des alten Möbelhauses Hubacher, das längst ausgedient hat und nun bis und mit dem ersten Untergeschoss rückgebaut werden muss.

Abb. 3 Baustelle Rheinfelden: Der Bauaushub wird in Form von Flüssigboden wieder eingesetzt. Um ein Aufschwimmen der Rohre zu vermeiden, werden u. a. sogenannte Rohrverlegehilfen eingesetzt.
Foto: C. Bertoldi

Abb. 4 Baustelle Rheinfelden: Der Bauaushub wird in einer Kompaktanlage in Flüssigboden umgewandelt und dann zur Verfüllung des Rohrgrabens verwendet. *Foto: C. Bertoldi*

Die gesamte Überbauung wird als Massivbau erstellt und mittels Flachfundation auf dem anstehenden Baugrund fundiert. Das Projekt sah deshalb vor, das erste und die Decke des zweiten Untergeschosses komplett rückzubauen und die beiden verbleibenden Untergeschosse bis zur Unterkante der neuen Fundation mit Kies aufzufüllen und zu verdichten.

Die beiden unteren Untergeschosse haben ein Volumen von rund 4'500 m^3, die mit derselben Menge Kies hätten verfüllt werden müssen. Gleichzeitig fallen auf der Baustelle über 10'000 m^3 Aushubmaterial an, das sich eigentlich nicht zur Verfüllung eignet und im Normalfall auf Deponien fachgerecht entsorgt werden müsste. Diese konventionelle Vorgehensweise ist sehr arbeitsintensiv, zeitaufwendig und teuer.

Der Totalunternehmer Mettler2Invest AG aus St. Gallen hatte die RTR Baumanagement AG, Basel, mit der Projekt- und Bauleitung sowie das Bauunternehmen Ernst Frey AG aus Kaiseraugst mit den Rückbau-, Aushub- und Baumeisterarbeiten beauftragt. Die Bauingenieurleistungen wurden durch die WLW Bauingenieure AG aus Zürich erbracht.

5.3.2 Optimierungspotenzial

4'500 m^3 Aushubmaterial, das entspricht rund 450 LKW-Ladungen, werden nun durch eine spezielle Aufbereitung – nämlich mittels Flüssigbodentechnologie – direkt an Ort und Stelle wieder eingebaut (Abb. 5). Dies schont Deponieraum, die Umwelt dank sehr grosser Einsparungen an CO_2-Ausstoss, Ressourcen von Primärmaterialien und erspart weite Transportwege sowie damit verbundene Verkehrsbelastungen, denn auch die Anlieferung von 4'500 m^3 Kiessand entfällt.

Abb. 5 Baustelle Muttenz: Der Flüssigboden füllt die beiden Etagen komplett aus. Das sichert nicht nur die Statik für den künftigen Neubau, sondern spart auch Kosten. *Foto: C. Bertoldi*

Flüssigboden eröffnete auch hier neue Möglichkeiten. Denn die Bodenplatte, Decken und Mauern des zweiten und dritten Untergeschosses des westlichen Gebäudeteils können somit im Boden belassen und mit eigentlich bodenmechanisch ungeeignetem Bodenaushub verfüllt werden. Der geplante Neubau wird teilweise über den alten Untergeschossen errichtet.

5.3.3 Spätere Lösbarkeit

Mit Flüssigboden verfüllte Bereiche können auch zu einem späteren Zeitpunkt problemlos wieder ausgehoben werden, denn das Material lässt sich wie das umgebende Erdreich einfach mit dem Spaten bearbeiten oder kann mit einem Saugbagger entfernt werden. Dies ist möglich, da der Flüssigboden während der Rückverfestigung nicht aussteift, sondern bodentypische Eigenschaften erhalten bleiben. Die kleine Mischanlage wird nur von einem Mitarbeiter im daneben liegenden Baucontainer-Büro gesteuert. Er überwacht das exakte Mischverhältnis, das mittels computergesteuertem Programm errechnet und laufend protokolliert wird (Abb. 6). Zusätzlich werden im Rahmen der Eigenüberwachung täglich das Ausbreitmass entsprechend der Rezeptur, die Volumenstabilität und die Flüssigboden-Proben in Messzylindern gewonnen. Die Prüfung der Flüssigboden-Proben auf einaxiale Druckfestigkeit in Anlehnung an DIN EN ISO 17892-7 erfolgt nach sieben Tagen, nach 28 Tagen, nach 56 Tagen und 112 Tagen nach Herstellung des Flüssigbodens – das ist wichtig zum Nachweis der Mindestdruckfestigkeit, der Lösbarkeit und zum Nachweis der ausbleibenden Nacherhärtung (Abb. 7).

Abb. 6 Die Mischanlage für den Flüssigboden wird im Baucontainer-Büro neben der Baustelle sorgfältig überwacht, denn nur das exakte Mischverhältnis garantiert den Erfolg. *Foto: C. Bertoldi*

Abb. 7 Eine Flüssigbodenprobe im Labor – der Belastungstest.
Foto: RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e.V.

Der aufwendige statische Teilabbruch, der für eine konventionelle Kiesverfüllung wegen der erforderlichen Zugänglichkeit für Einbau- und insbesondere Verdichtungsgeräte notwendig gewesen wäre, entfällt fast komplett. Der alte Keller hat im Gründungssystem des Neubaus keinerlei statische Funktion, sondern die volumenstabile Auffüllung besitzt selber eine ausreichende Tragfähigkeit. Die Herstellung des Flüssigbodens wird kontinuierlich überwacht und die vollständige und kraftschlüssige Verfüllung mittels Kontrollbohrungen dokumentiert.

Doch zunächst war auch in Muttenz Überzeugungs- und Aufklärungsarbeit nötig, um Bauherrschaft und Statiker von diesem nachhaltigen innovativen Verfahren zu überzeugen. Weitere entscheidende Vorteile wie die Optimierung der Bauzeit, die Einsparung wertvoller Ressourcen und die mit rund 50 % deutliche Reduktion der CO_2-Emission durch kurze Transportwege führten dazu, dass letztlich alle am Projekt Beteiligten konstruktiv an der Umsetzung des Verfahrens mitgearbeitet haben.

6 Fazit

Mit der Flüssigbodentechnologie ist es möglich, sämtliche gewonnenen Erdaushubmaterialien – auch bei eventuell vorhandenen Schadstoffbelastungen – einer umweltgerechten Wiederverwertung zuzuführen. Als Bauherr erfüllt man somit alle gesetzlichen Verpflichtungen und trägt aktiv dazu bei, die Umwelt zu schützen, keine Altlasten für spätere Generationen zu schaffen und vorhandene Ressourcen zu schonen.

Weiterhin werden neben dem Bauraum auch Bauzeit und Massen eingespart und dabei eine nachweisbar hohe Einbauqualität der zu verlegenden Rohre, Leitungen und Schachtbauwerke erreicht. Das System sichert eine hohe Flexibilität bei möglichen späteren Änderungen der Bedürfnisse der Nutzer und führt somit zu einem Vorteil im Standortwettbewerb.

Das Flüssigbodenverfahren stellt mit seinen schon über 180 verschiedenen Anwendungen den schrittweisen technologischen Umbruch einer ganzen Branche dar. Flüssigboden enthält keine umweltschädlichen Zusatzstoffe und hat daher keinen unzulässigen Einfluss auf den Boden und den Wirkungspfad Boden – Grundwasser. Das Flüssigbodenverfahren erfüllt mit der Wiederverwendbarkeit aller Bodenarten die Anforderungen des Klimaschutzes, da eine grosse Menge CO_2 auf Grund der alternativen neuen Lösungen gar nicht erst entsteht. Das Flüssigbodenverfahren bietet zusammen mit modernsten Verlegetechnologien die zukunftsweisende Alternative für schnelleres, ökologisches, günstigeres und sicheres Bauen.

Ein mit dem Gütezeichen für das Flüssigbodenverfahren zertifizierter Ansprechpartner in der Schweiz ist in der Firma RSS Flüssigboden AG in Stein (AG) zu finden (🌐4). Das Unternehmen überzeugt seine Kundschaft mit der Feststellung, dass der Boden dort wieder eingebracht wird, wo er herkommt – allerdings mit verbesserter Qualität. Doch nicht nur die Wiederverwendung des Bodenaushubs spricht für das Verfahren, sondern allgemein die kostengünstigeren Alternativen und Gestaltungsmöglichkeiten mit Flüssigboden im Tief- und Kanalbau.

Literatur

Bechert A. 2018. *Kanalbau in Hanglagen: Problemsituation und Lösung.* Leipzig, 1–7. Online verfügbar: https://www.fi-fb.de/app/download/13628726127/pm-100418.pdf?t=1581522610 [Eingesehen am 23.04.2020]

Bechert A. 2019a. *FAQ Flüssigboden. Was ist RSS-Flüssigboden?* Leipzig,1–4. Online verfügbar: https://www.fi-fb.de/app/download/13846766327/faq-fluessigboden-2019.pdf?t=1576155571 [Eingesehen am 22.04.2020]

Bechert A. 2019b. *Umweltschonendes Bauen in "Pfaffeneger West". Bauunternehmen Burgert überzeugt mit dem Flüssigbodenverfahren.* Leipzig, 1–3. Online verfügbar: https://www.fi-fb.de/app/download/13940610227/pm-burgert-201219.pdf?t=1591171727 [Eingesehen am 23.04.2020]

Bechert A. 2020. *Hochspannungsleitungen im Erdreich. Problemlösung durch thermisch stabilisierenden RSS-Flüssigboden TS.* Leipzig, 1–7. Online verfügbar: https://www.fi-fb.de/app/download/13840478127/PM+2020-fluessigboden-ts-.pdf?t=1602249167 [Eingesehen am 22.04.2020]

Stolzenburg O. & Bechert A. 2020. *Tübingen: 734 Tonnen weniger CO_2 durch den Einsatz der RSS-Flüssigbodentechnologie.* Leipzig, 1–9. Online verfügbar: https://www.fi-fb.de/app/download/13955460127/PM+2020+CO2-Bilanz-Tuebingen-web.pdf?t=1593500220 [Eingesehen am 22.04.2020]

Internetquellen

🌐1 https://de.wikipedia.org/wiki/Fl%C3%BCssigboden

🌐2 www.ral.de

🌐3 https://www.ral-gg-fluessigboden.de/index.php/bietereignung/guete-pruef-bestimmungen

🌐4 www.rss-fluessigboden.ch