



Flüssigboden-Einbau auf der Baustelle bei Rheinfelden AG..

Aushubrecycling

Boden bleibt Boden

Ein technisches Verfahren macht es möglich, alle gängigen Bodenarten und Gesteinskörnungen temporär fließfähig zu machen. Im Anschluss werden die Aushubmaterialien auf der Baustelle als Flüssigboden wieder eingebaut und verfestigen sich selbstverdichtend mit neu definierten speziellen Anforderungen.

Von Claudia Bertoldi

Auf der Baustelle in der Nähe von Rheinfelden AG geht es ruhig zu. Die Gräben für die neuen Rohre wurden vor Tagen ausgehoben. Das Material lagert zu einem Teil am Rande der Baustelle, einige LKW-Ladungen davon wurden abtransportiert. Die Rohre sind inzwischen verlegt. Sie werden mit speziellen Auftriebssicherungen, sogenannten Rohrverlegehilfen auf dem gewünschten Niveau gehalten. Die rund drei Meter tiefen, senkrechten Grabenwände sind durch einen Verbau gesichert.

Die Gräben sollen nun wieder verfüllt werden. Deshalb nähert sich ein Fahrermischer der Baustelle. Doch seine Ladung ist nicht wie üblich ein Betongemisch – er hat hingegen acht Kubikmeter Flüssigboden in seiner Trommel. Es ist das Aushubmaterial der Baustelle, das nun in einem zeitweise fließfähigen Zustand wieder eingebaut wird. Über die Rutsche und ein angeschlossenes elastisches Kunststoff-

rohr gelangt das Einbaumaterial zur Grabensohle unter die verlegte Rohrleitung. Langsam breitet sich die Masse aus, fließt und verfüllt gleichmässig alle Hohlräume. Stoppt der Nachfluss, wird auch die Verfüllung gebremst.

Nur zwei Männer werden für die Verfüllung der Gräben benötigt, der Fahrer des Mixers, der nun die Entleerung des Fahrzeugs überwacht, und ein Bauarbeiter, der die gleichmässige Verfüllung des Grabens kontrolliert.

Das zeitweise fließfähige selbstverdichtende Material benötigt keinen zusätzlichen Arbeitsaufwand. Rüttler sind für eine Verdichtung nicht nötig. Deshalb ist auch der körperliche Einsatz der Bauarbeiter wesentlich geringer, das Unternehmen rechnet mit bis zu 60 Prozent weniger Kraftaufwand. Bald ist die Trommel geleert und das Fahrzeug wieder auf dem Weg zur Mischanlage, um Nachschub zu holen.

Aushub belastet das Budget

Optisch unterscheidet sich diese Baustelle kaum von anderen. Dennoch ist das Verfahren besonders. Jedes Bauprojekt startet in der Regel mit Erdarbeiten. Egal, ob eine Baugrube erstellt, die Arbeitsfläche planiert oder Gräben ausgehoben werden müssen, es fällt Aushubmaterial an. Kleine Mengen des Materials können eventuell nach den Baumassnahmen wieder im Gelände eingebaut werden, doch bei umfangreicheren Bauprojekten müssen die Aushubmengen abtransportiert und fachgerecht entsorgt werden.

Das Aufladen, der Abtransport und die Entsorgung werden zumeist von spezialisierten Firmen übernommen. Zwischen 50 bis 150 Franken Entsorgungskosten fallen pro Kubikmeter Bodenmaterial an. Kann das Aushubmaterial wieder an Ort und Stelle eingebaut werden, entfällt ein nicht zu unterschätzender finanzieller Aufwand der Gesamtkosten des Projekts.

Doch es sind nicht allein die hohen Kosten, die das Gesamtbudget belasten. Das Aushubmaterial ist oft von guter Qualität. An Ort und Stelle wieder eingebracht, kann es andere Verfüllmaterialien wie Beton oder Bodenmörtel ersetzen, die üblicherweise zur Verfüllung oder beim Einbau von erdverlegten Bauteilen eingesetzt werden, für die zunächst der entsprechende Bodenbereich ausgehoben werden muss.

Wertvolle Ressourcen an Kies und Sand können somit eingespart werden, dadurch deren Abbau verhindert und das Landschaftsbild geschützt werden. Selbst leicht verunreinigtes Material, dass teilweise zwingend vom Gesetz her fachgerecht entsorgt werden muss, könnte somit an Ort und Stelle wieder eingebaut werden. Die Schadstoffe sind durch das spezielle Verfahren stetig gebunden und stellen keine zusätzliche Gefahr dar. Die mit dem RSS-Flüssigbodenverfahren verbundenen Energieeinsparungen sind enorm. Eingesparte Energie reduziert auch CO₂ in hohem Masse. Das ist praktischer Klimaschutz.

Schäden vorbeugen

Herkömmlich verwendete, zeitweise fließfähige Baustoffe wie Füller, Schaumbeton 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 weisen unterschiedliche, meist ganz andere Eigenschaften auf, wodurch Strassenschäden beispielsweise in Form von Setzungsdifferenzen entstehen.

Die unterschiedliche Dichte und Zusammensetzung beeinflussen unter anderem das elastische Verhalten des Materials bei Kälte und Hitze. Starke Schwankungen führen zu Volumenänderungen, durch die eingebaute Leitungen und Rohre durch die entstehenden Zug- oder Scherkräfte Schaden nehmen können. Aber auch die Strassen bleiben schadensfrei und sehen auch optisch länger gut aus.

Wird hingegen das ursprüngliche Bodenmaterial wieder eingebaut, erübrigt sich dieses Problem. Für die Rückverfestigung bedarf es keiner hydraulischen Bindungen und somit werden starre Strukturen vermieden. «Boden bleibt Boden, und das im wahrsten Sinne des Wortes. Beim Verfahren werden nur gezielt temporäre Eigenschaften geändert, der Boden wird also in einen flüssigen Zustand versetzt.

Die elastischen, mechanischen und technischen Eigenschaften und die Volumestabilität bleiben hingegen erhalten», erklärt Markus Roeschli, Geschäftsführer der RSS Flüssigboden (Schweiz) AG.

Seit 20 Jahren praxisbewährt

In Deutschland wird das RSS-Flüssigbodenverfahren bereits landesweit eingesetzt und findet breite Anwendung. Seit 1998 gibt es die RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e. V., der auch Schweizer Mit-

glieder angehören. Seit diesem Zeitpunkt ist das Verfahren Basis der Anforderungen an schadensfreie Flüssigbodenanwendungen und Grundlage des RAL Gütezeichens 507. Mehrere tausend Projekte unterschiedlichen Umfangs wurden bereits in verschiedenen Ländern realisiert. Die technischen Voraussetzungen wurden im Forschungsinstitut für Flüssigboden GmbH, Leipzig, unter der Leitung von Olaf Stolzenburg geschaffen, wo das Verfahren im Rahmen zahlreicher deutscher und inter-



Bild: Claudia Bernoldi

Gleichmässig breitet sich der verflüssigte Boden in der Baugrube aus und umschliesst die eingebauten Rohre vollständig. Eine zusätzliche Verdichtung ist nicht nötig.

Bild: zqg



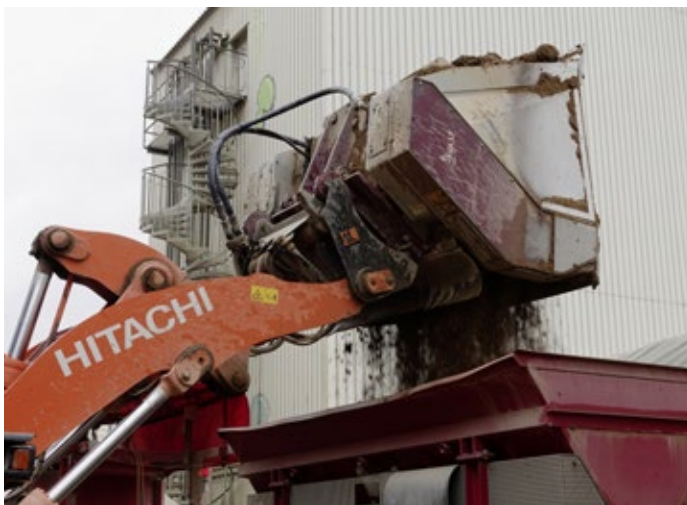
Mischanlage der RSS Flüssigboden Schweiz AG in Stein AG. Die Dosiereinheit wird mit Aushubmaterial befüllt. Compound, Zement und Kalk werden aus den Silos beigegeben.

Bild: Claudia Bernoldi



Das Aushubmaterial der Baustelle wird neben der Mischanlage zwischengelagert und dann für die Herstellung des Flüssigboden geladen. Der Schaufelseparator des Radladers hält grobe Bestandteile zurück.

Bild: Claudia Bernoldi



Beladung der Mischanlage mit Bodenmaterial. Diesem werden Compound, Wasser und geringe Mengen Zement zugesetzt, die Mischung dann sofort dem Fahrmischer zur weiteren Durchmischung zugeführt.

Bild: Claudia Bernoldi



Jede Mischung wird von einzeln berechnet und bei Auslieferung mit den präzisen Daten dokumentiert. Zudem werden regelmässig Proben genommen und im Büro analysiert.

nationaler Forschungs- und Entwicklungsprojekte entwickelt und mitfinanziert wurde.

Weniger oft eingesetzt wird es allerdings in der Schweiz. «Es ist nicht einfach, sich in der Schweiz mit neuen Verfahren zu etablieren, auch wenn die Vorteile klar auf der Hand liegen», meint Roeschli. «Wir bringen den Boden wieder dort ein, wo er herkommt, nur mit verbesserter Qualität. Das ist gelebte Kreislaufwirtschaft und praktizierter Klimaschutz.»

Für alle existierenden Böden können mittels dieses Verfahrens die am Bau benötigten Eigenschaften in garantierter Qualität erreicht werden. Abgesehen von seltenen Ausnahmen, wo seitens der Projektangaben sehr hohe Druckfestigkeiten gefordert werden, ist das Flüssigbodenverfahren sehr vielseitig und flexibel einsetzbar.

Wird das natürliche Ausgangsmaterial statt einem zementhaltigen Gemisch eingebaut, können grosse Mengen schädliches

CO₂, die bei der Herstellung von Zement entstehen, vermieden werden. Je nach Anwendung können bei der Verwendung von Flüssigboden bis zu 80 Prozent CO₂ gegenüber vergleichbaren Verfüllverfahren auf Zement- oder Betonbasis eingespart werden. Schätzungen zufolge verursacht die Zementherstellung weltweit acht Prozent der CO₂-Emissionen. Ein weiterer Vorteil: Die geringeren Transportwege und Einbaumengen auf den Deponien beeinflussen auch die Ökobilanz der Bauvorhaben positiv.

Zahlreiche Anwendungsgebiete

Gestartet wurde vor 20 Jahren in Deutschland mit der Entwicklung eines Kombischachtsystems für Regen- und Schmutzwasser und für Sonstige Versorgungsleitungen. Die Verwendung von Flüssigboden ermöglicht erstmals ein bodenähnliches bis bodengleiches Verhalten des Verfüllmaterials und somit gleiche Tragfähigkei-

ten im Untergrund. Bei Setzung von Schächten und Strassen stellt der Unterbau mit Einbauten wie Rohren und Leitungen somit keinen schädigenden Fremdkörper mehr dar, denn das Material ist volumestabil und gleichzeitig elastisch, den Eigenschaften des Umgebungsbodens ähnlich bis gleich.

Die Entwicklungsarbeiten ermöglichen seit 1998 technische und technologische Lösungen, die die spätere Zugänglichkeit aller übereinander liegenden Leitungen sicherstellen können. Dies ist selbst ohne das Öffnen von Gräben und ohne die Umverlegung höher liegender Leitungen und Rohre möglich.

Auch wenn zu einem späteren Zeitpunkt im mit Flüssigboden verfüllten Bereich erneut ausgehoben werden muss, weil beispielsweise ein weitere Leitung eingebracht oder ein altes Rohr ausgetauscht werden soll, stellt dies keinerlei Problem dar. Flüssigboden lässt sich wie das um-

gebende Erdreich einfach bearbeiten und kann beispielsweise mit einem Saugbagger entfernt werden. Dies ist möglich, da er während des Erhärtens nicht wie Bodenmörtel oder andere hydraulisch abbindende Materialien aussteift und schwindet, sondern seine bodentypischen Eigenschaften weiterhin bestehen bleiben. Danach kann mit dem gleichen Material wieder verfüllt werden, und das in unbegrenzter Menge.

Zu wenig Mut zu Neuem

Seit rund zehn Jahren wird das Flüssigbodenverfahren in der Schweiz praktiziert. Alle Projekte verliefen erfolgreich und ohne spätere Reklamationen. Doch trotz dieser positiven Erfahrungen ist die Masse 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», berichtet Roeschli.

Oft sei es auch die Unkenntnis der Materie, die Bauherren davon abhalten, Flüssigboden für ihre Projekte in Betracht zu ziehen. «Sie verwechseln Bodenmörtel mit Flüssigboden, oft auch, weil der Begriff «Flüssigboden» meist falsch für alle zeitweise fließfähigen Materialien verwendet wird. Es wird angenommen, dass es sich um ein und das gleiche Material handelt. Doch zementgebundene Verfüllstoffe haben eine starre Struktur und sind meist auch wasserundurchlässig», erklärt der Fachmann.

Flüssigboden kann hingegen selbst bei Gewässerschutzmassnahmen eingesetzt werden. Das Material ist elastisch-plastisch und weiterhin vergleichbar mit dem Boden im Ausgangsstadium. Es behält die Eigenschaften und identische Inhaltsstoffe wie das umgebende Erdreich.

Computergesteuertes Mischen

Inzwischen ist der Fahrsmischer in der Mischanlage angekommen. Der Fahrer lenkt das Fahrzeug direkt unter das Ende des Förderbands der Anlage. Die Mischung des Materials kann jedes Mal entsprechend der gewünschten Bodeneigenschaften neu erstellt werden. Denn für Boden existieren keine festen, immer gleichen Eigenschaften. Diese können ausserdem auf Wunsch



Verschiedene Anwendungen für Flüssigboden auf Schweizer Bautellen.



Bilder.zvg

beziehungsweise nach Bedarf gezielt verändert werden, damit diese sowohl in technologischer wie auch bautechnischer Sicht den Anforderungen entsprechen.

Über 170 verschiedene Anwendungen gibt es inzwischen für RSS-Flüssigboden für viele Bereiche des Tiefbaus. Die Rezepturen des so hergestellten Flüssigbodens müssen für diese Anwendungen geeignet sein. Die erforderlichen Mischverhältnisse der Komponenten und deren zusätzliche, reaktionskinetische Beeinflussung werden mittels computergesteuertem Programm errechnet. «Allein ein einziger Parameter ist bei allen Mischvarianten nicht direkt zu verändern: Wir können den Boden in der Regel nicht durchlässiger als zuvor machen. Die Bearbeitung verursacht auch immer eine Vermischung der Bodenschichten und damit eine geringfügige Veränderung dieser Eigenschaften gegenüber dem Ausgangsmaterial», erklärt Geschäftsführer Roeschli. Doch das sei kein wirkliches Problem, wenn die Baustellen gut vorbereitet und geplant werden. «Die Fachplanung ist daher das A und O bei der Anwendung des Verfahrens, sonst sind Schäden vorprogrammiert.»

Die Kompakt-Mischanlage verfügt über einen computergesteuerte Prozessführung und kann daher auch mit wechselnden Böden umgehen. Sie ist in ein webbasiertes System der Qualitätssicherung eingebunden. Bei der Herstellung wird zunächst Aushubmaterial mithilfe eines Schaufelseparators eingefüllt. So kann zu grobes Material zurückgehalten und aussortiert

werden. Der Dosiereinheit werden Compound, Zement und bei Bedarf Kalk aus den grossen Silos zugegeben. In der Anlage entsteht eine computerüberwachte und -gesteuerte Trockenmischung. Dies ist sehr wichtig, da eine falsche Vermischung der gleichen Ausgangsstoffe zu ungewollten Ergebnissen führen kann. Danach gelangt die Trockenmischung über das Förderband in den Fahrnischer, wo sie mit Wasser zu einer ungesättigten Suspension vermischt wird.

« Wir bringen den Boden wieder dort ein, wo er herkommt, nur mit verbesserter Qualität. »

Markus Roeschli, Geschäftsführer
RSS Flüssigboden (Schweiz) AG



Die nächste Ladung ist bereit zur Abfahrt auf die Baustelle. Da das Material nach der Verfüllung sehr schnell wieder in seinen ursprünglichen plastischen Zustand übergeht, können die Auftriebssicherungen sowie der Verbau bereits kurze Zeit später gezogen werden, während das Kiesbett unmittelbar nach Befüllen der Grube eingebracht werden kann. Die Arbeiten gehen somit zügig voran.

Die Flüssigboden-Zusatzstoffe

Dem Aushubmaterial wird Compound beigemischt, das als Plastifikator agiert. Es sind Materialien, die im Boden auch in natürlicher Form vorkommen, unter anderem Tonminerale. Der Plastifikator ermöglicht die temporäre Fliessfähigkeit des Verfüllmaterials. Er hat die Aufgabe, das Zugabewasser im fliessfähigen Zustand des Flüssigbodens in der Bodenmatrix zu halten. Er ermöglicht somit auch die Bildung eines Wasserfilms oder von Gleit-

schichten zwischen den Bodenpartikeln und dadurch die temporäre Fliessfähigkeit der Bodenmatrix. Als Plastifikatoren können beispielsweise Cellulosederivate oder Betonitsuspensionen dienen.

Als hydraulische Beschleuniger werden Zemente verwendet, die einen geeigneten und speziell erforderlichen Hydrationsverlauf aufweisen. Sie entziehen dem zugesetzten Plastifikator beschleunigt und zu einem definierten Zeitpunkt einen Teil des Zugabewassers. Dadurch werden die Gleitschichten abgebaut, das vormals fliessfähige Material wird wieder plastisch.

Das verbleibende Zugabewasser wird vom «Stabilisator», ebenfalls Schichtmineralien auf Bentonitbasis, dauerhaft aufgenommen und gebunden. Der Zementbeschleuniger darf nur in einer Weise eingesetzt werden, dass der sogenannte «Zementpunkt» unterschritten bleibt, also eine in sich geschlossene Zementsteinstruktur nicht erreicht wird, die eine starre, bodenfremde Gitterstruktur entstehen lassen würde.

Ausserdem wird Wasser, bei Bedarf Spezialkalk zugegeben. Wasser ist nötig, um die Trockenmischung zeitweise fliessfähig zu machen. Die Menge richtet sich nach der erforderlichen Konsistenz. Spezialkalk wird zur Konditionierung extrem toniger oder feuchter und rieselunfähiger Böden eingesetzt. ■

170 verschiedene Anwendungen

Vor mehr als 20 Jahren wurde der Flüssigboden speziell für Lösungen im Kanal- und Rohrleitungsbau entwickelt. Das Einsatzgebiet hat sich inzwischen enorm erweitert. Über 190 Möglichkeiten stehen zur Lösung baulicher Aufgaben zur Verfügung. Die Haftung für diese Anwendungen wird über Fachplaner geregelt.

Neben Anwendungen im Strassen-, Autobahn-, Tunnel- und Bahnbau, Fernwärme- und Stromnetzen werden heute auch Technologien für das Bauen im und unter Wasser angeboten und Projekte im Wasser- und Hafengebäudebau, dem Küstenschutz sowie an Offshore-Anlagen realisiert.

Zudem eignet sich Flüssigboden auch für Projekte des Spezialtiefbaus, unter

anderem beim Bauen auf instabilen Untergrund, zur Hangstabilisierung oder Verhinderung des Grundbruchs. Auch Spezialarbeiten im Deponiebau oder die Sanierung von Industriebrachen und kontaminierten Böden können ausgeführt werden.

Egal, wie kompliziert die örtlichen Bedingungen sind, das Verfahren eignet sich auch besonders für Baustellen mit beengten Platzverhältnissen. Denn das Material wird in der Mischanlage von der RSS Flüssigbeton AG vorbereitet oder kann in einer mobilen Anlage auch direkt vor Ort gemischt und unmittelbar auf der Baustelle eingebracht werden. (cb)