

# Einsatzmöglichkeiten von Flüssigboden bei Erd- und Tiefbaumaßnahmen

Michael Webeling und Olaf Stolzenburg

Die zunehmende Globalisierung der Weltwirtschaft führt zu neuen Anforderungen an Produktionsstandorte und zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit sind neue Wege bei Ver- und Entsorgung und in städtebaulichen Fragen notwendig. Hierbei ist der RSS-Flüssigboden, eine Methode der zeitweisen Verflüssigung beliebiger Aushubböden mit anschließendem Wiedereinbau ohne mechanische Verdichtung eine wichtige System-Komponente. Dabei werden vorher die gewünschten Eigenschaften durch jeweils individuelle Rezepturerstellung erreicht. Neben der Wiederverfüllung von Gräben im Kanal- und Versorgungsleitungsbau gibt es noch viele weitere Anwendungsmöglichkeiten, bei denen man die Materialeigenschaften dem jeweiligen Einsatzzweck anpasst. So kann z. B. gezielt die Dämpfungswirkung des gewachsenen Bodens erhalten oder aber auch die Immobilisierung von verschiedenen Bodeninhaltsstoffen bewirkt werden. Auch im Damm- und Deichbau, der Bauwerkshinterfüllung sowie bei der anspruchsvollen Bettung von Fernwärmeleitungen beweist der RSS-Flüssigboden seine Variabilität.

Increasing globalisation of the world economy leads to new demands on locations. To secure these locations' competitiveness, new solutions for supply and disposal management and for urban development issues are required. This demand leads to complex systems for urban development, like the RSS system. It facilitates the installation of all supply and waste disposal lines above each other in one narrow trench. However, each single line remains easily accessible without requiring roadworks or obstructing traffic. One important component of the numerous ones provided is the RSS liquid soil. This is a method of temporarily liquefying any excavated soil, before it is used for refilling without mechanical compaction on the excavation site. Previously chosen properties are achieved which serve to maximise the lifetime of the pipelines. Apart from refilling pipeline trenches, there is a large number of other applications e.g. backfilling and foundation works for which the material properties are modified according to the specific intended use. RSS liquid soil opens up new ways in liquefying soil. It is e.g. possible to maintain the dampening effect of the grown soil.

Verfasseranschriften:  
M. Webeling, Rheinkalk GmbH, Am Kalkstein 1, 42489 Wülfrath, michael.webeling@rheinkalk.de  
O. Stolzenburg, Logistic Consult Ingenieur Gesellschaft mbH, Wurzner Str. 139, 04318 Leipzig, o.stolzenburg@rss-leipzig.de

## 1 Status Kanalisation Deutschland

Nach einer DWA-Umfrage (DWA 2004) aus 2004 besteht die Kanalisation in Deutschland aus ca. 486.000 km öffentlichem Netz und die Umfrage hat weiterhin ergeben, dass fast 20 % der öffentlichen Kanalisation kurz- bzw. mittelfristig sanierungsbedürftig sind. Dies allein entspricht einem Investitionsvolumen von ca. 50 bis 55 Mrd. €. Die Ausgaben lagen aber in 2003 lediglich bei 1,60 Mrd. €, obwohl dem Bürger durch die Abwassergebühren mehr als ca. 2 Mrd. € als Abschreibung für die Kanalisation berechnet werden. Würde diese Summe zweckbestimmt investiert, so wäre das Deutsche Kanalnetz in 20 bis 25 Jahren komplett saniert (Pecher 2004). Dies ist aber nicht der Fall und so ist langfristig mit einer fortschreitenden Verschlechterung der Situation zu rechnen, wie dies auch der Vergleich der DWA-Studien 2001 zu 2004 eindeutig belegt.

Worin besteht nun der Bezug zu dem Thema Flüssigboden? Zum einen in der Qualität der Rohrleitungsbettung, die hauptsächlich – wie vor hundert(en) Jahren – klassisch mit Sand/Kies und anschließender mechanischer Verdichtung ausgeführt wird. Hierzu gibt es Statistiken, die besagen, dass bereits 60 % aller später auftretenden Schäden der Kanalbauwerke durch den unsachgemäßen Einbau und nur bedingt geeignete Bettungsmaterialien entstehen. Im Kontext zum Anteil des Erdbaus von 25 % der Investitionskosten einer Baumaßnahme, erscheint dies unverständlich (Maertens 2002). Zum anderen sind in Zeiten extrem angespannter finanzieller Lage der Öffentlichen Hand/Kommunen neue, ingenieurmäßig anspruchsvolle Verfahren gefragt, die optimale Qualität, rationelle Arbeitstechniken und Reduzierung des Investitionsvolumens mit der ständigen Verschärfung von Umweltauflagen vereinbaren.

Nicht unerwähnt bleiben sollen die Veränderungen auf dem Ver- und Entsorgermarkt in Europa, bei dem sich im Rahmen der Globalisierung verstärkt einige große Multi-Utility-Konzerne/Netzbetreiber herauskristallisieren (Stolzenburg 2004). Für sie bietet das System insbesondere durch den Investitionsstau in den osteuropäischen Ländern die einzigartige Chance der komplexen Verlegung und damit Neuordnung der unterirdischen Infrastruktur. Dies alles wird durch die Systemkomponenten in Verbindung mit dem Flüssigboden erfüllt.

## 2 Geotechnische Anforderungen im Kanal- und Rohrleitungsbau

An Rohrleitungsbauwerke, insbesondere in Straßen mit Kraftübertragung durch den Verkehr, werden eine Reihe unterschiedlicher Anforderungen gestellt. Ne-

ben der generell geforderten Standfestigkeit sind auch Aspekte wie Setzungsfreiheit, Bauwerksverträglichkeit (Baustoff – Rohrleitungsmaterial), Nutzungsdauer, Zugänglichkeit bei Reparaturen, Schwingungsdämpfung, keine Nacherhärtung des Bettungsmaterials und die Umweltverträglichkeit, insbesondere hinsichtlich der Wasserwirtschaft, von besonderer Bedeutung.

Bei der traditionellen Bettung mit Sand/Kies oder auch RC-Materialien ist ein lagenweiser Einbau mit anschließender mechanischer Verdichtung erforderlich. Die Qualität ist hierbei wesentlich von der Struktur, den Verdichtungseigenschaften des Bettungsmaterials und der Lagenstärke abhängig. Ebenso spielt die Verdichtungs-technik eine entscheidende Rolle, da die Verdichtungsqualität durch das Gewicht des Verdichtungsgerätes, die Schwingmasse, die Frequenz und Amplitude sowie der Arbeitsgeschwindigkeit stark beeinflusst wird.

Im Graben können bei Nichtbeachtung der gültigen Regeln folgende Probleme auftreten:

- Ungleichmäßige Verdichtung in der Leitungszone. Insbesondere bei der Zwickel-Verdichtung, die häufig aufgrund von Zeitproblemen nicht ausreichend beachtet wird.
- Verbleibende Hohlräume in Leitungsnähe und hinter dem Verbau; keine spannungsfreie Lagerung der Rohrleitung und Fixierung in der Ursprungslage.
- Mechanische Beschädigung der Leitungen und z.B. von Hausanschlüssen bei der Verdichtung im Graben, insbesondere bei komplizierten Einbausituationen (Bild 1).
- Späteres Ausspülen von Feinstkornanteilen und Wurzeleinwuchs durch



Bild 1: Typische Einbausituation und Anwendung von RSS-Flüssigboden

eine zu hohe Dränagewirkung des Bettungsmaterials in Folge unzureichender Verdichtung.

- Qualitätsnachweis der Verdichtung erst nach Beendigung der Grabenverfüllung an der obersten noch zugänglichen Lage.
- Folgeschäden an Bauwerken in der Umgebung durch die Vibrationen der mechanischen Verdichtung – speziell an älteren oder historischen Gebäuden.

### 3 Produktbeschreibung RSS-Flüssigboden

Flüssigboden ist ein zeitweise verflüssigter Bodenaushub, für dessen Herstellung eine breite Palette von Ausgangsstoffen geeignet ist. Hauptaugenmerk bei der Produktentwicklung wurde auf zwangsweise anfallenden Bodenaushub der verschiedenen Kategorien, wie bindige Böden mit hohem Tongehalt und gemischt körnige Böden gelegt. Ebenfalls geeignet sind aber auch nichtbindige Böden, Kies, Sand und Recyclingmaterial als Hauptkomponente. Durch die individuell auf den Hauptrohstoff abgestimmte Rezeptur werden die

Parameter Festigkeit, Dämpfung, Fließfähigkeit, Wasser- und Gasdurchlässigkeit und spätere Lösbarkeit optimal auf den Verwendungszweck und an die Einbau- und Umgebungsbedingungen angepasst. Im Gegensatz zu Produkten, die ausschließlich auf Betonchemie wie organischen Verflüssigern und Luftporenbildnern basieren und damit steif fixiert sind, verhält sich der Flüssigboden wie ein elastisch fixiertes Lockergestein. Idealerweise wird die Festigkeit des Flüssigbodens durch die Rezeptur auf die Werte des Umgebungsbodens eingestellt und bewegt sich in der Regel bei einaxialer Druckfestigkeit zwischen 0,25 und 0,80 N/mm<sup>2</sup> (DIN EN 12390) nach spätestens 28 Tagen. Gemessene  $E_{v2}$ -Werte betragen nach 28 Tagen > 45 MN/m<sup>2</sup> bis zu 120 MN/m<sup>2</sup> (DIN 18134). Die Rohdichte im verflüssigten und verfestigten Zustand ist mit 1,6 bis 2,1 kg/dm<sup>3</sup> annähernd gleich; dies ist bereits ein Indiz für die minimale Schwindung von 0,2 bis 0,3% und die Rissefreiheit. Bisher durchgeführte Messungen der Wasserdurchlässigkeit nach DIN 18130 haben Werte zwischen 10<sup>-5</sup> – 10<sup>-11</sup> m/s ergeben – auch hier zeigt sich über die Möglichkeit der variablen Rezepturzusammen-

## RSS®-System mit Flüssigboden – und Sie greifen beim Tiefbau nicht mehr so tief in die Tasche

### Vorteile des RSS®-Flüssigbodens:

- Schmalere Graben – weniger Aushub
- Optimale Zwickelverdichtung – perfekte Bettung
- Spannungs- und setzungsfreier Einbau
- Keine Ausbrüche hinter Verbau
- Wiederverwertung des Aushubmaterials gemäß KrW/Abf-Gesetz
- Keine Vibrationen beim Einbau
- RSS®-Flüssigboden jederzeit mechanisch lösbar

### Für weitere Informationen:

**PROSOILS**

PROSOILS Franchise GmbH, 45356 Essen  
Tel. (02 01) 31 68 766, Fax (02 01) 33 37 59

Rheinkalk GmbH, 42489 Wülfrath  
Tel. (0 20 58) 17- 21 26, E-Mail info@rheinkalk.de



setzung ein weites Anwendungsspektrum außerhalb des Kanal- und Rohrleitungsbaus. Der Einsatz als Randdämmstreifen zur Übertragungsverhinderung von Schwingungen des Verkehrs in anliegende Gebäude hat eine Reduzierung von bis zu ca. 90% ergeben; die nach DIN 4139 durchgeführte Erschütterungsmessung hatte einen Wert von  $< 1,5$  mm/s. Generell ist die Lösbarkeit des verfestigten Flüssigbodens entsprechend der DIN 18300 auf die Bodenklassen 3 bis 5 eingestellt. Zur Qualität verschiedener Bettungsmaterialien hat das Institut für unterirdische Infrastruktur – IKT Gelsenkirchen mit der Ruhr-Universität Bochum – umfangreiche Untersuchungen im Rahmen einer unter Praxisbedingungen angelegten Studie kürzlich veröffentlicht (IKT/Ruhr-Universität Bochum 2006).

Als weitere Rezeptur-Komponenten werden die folgenden hauptsächlich mineralischen Produkte bei der Herstellung zugesetzt. Zunächst ist es insbesondere bei stark bindigem, tonhaltigem, schluffigem und nassem Bodenaushub erforderlich, diesen durch gezielte Zugabe eines speziellen Feinkalkes aufzuschließen und für die weitere Verarbeitung vorzubereiten. Der Spezialkalk sorgt auch dafür, dass es nicht zu einer unkontrollierten Nacherhärtung des Flüssigbodens kommt. Als Plastifikator werden besondere Cellulose-Typen verwendet, die in der Anfangszeit einen großen Teil des Zugabewassers aufnehmen. Ebenfalls zugesetzte, sorgfältig auszuwählende hydraulische Bindemittel wie z. B. Zement haben die Funktion eines Stabilisators, der für eine Reduzierung bzw. das Ansteifen des Flüssigbodens im Graben verantwortlich sind. Gleichzeitig wird durch sie die chemisch-mineralogisch dauerhafte Bindung von Wasser erzielt. Zur Verhinderung einer sich dann ausbildenden geschlossenen, starren Zementstein-Matrix enthält die Rezeptur den sogenannten Konditioner, ein Gemisch aus natürlichen Schichtmineralien wie z. B. Bentonit oder Tonen, die ebenfalls Wasser in ihr Schichtgitter stabil einlagern. Diese Schichtmineralien stellen nach der Aushärtung gewissermaßen bewegliche Brücken in der Zementstein-Matrix dar und sorgen für die erforderliche Elastizität des Flüssigbodens.

Eine weitere Option ist die gezielte Zugabe von färbenden Pigmenten, mit denen sensible Leitungstrassen wie z. B. Erdgas-Leitungen eingefärbt werden können. Bei Reparatur- und Wartungsarbeiten sind diese



Bild 2: Semi-mobile Mischtechnik Sollmix

dann sofort erkennbar. Die Zusammensetzung des Flüssigbodens ist patentiert.

## 4 Herstellungsverfahren

Bei einer ungefähren Zusammensetzung von ca. 95 M.-% Bodenaushub, der mit lediglich ca. 5 M.-% feinteiliger Komponenten intensiv homogen zu vermischen ist, kommt der eingesetzten Mischtechnik und der eingetragenen Mischenergie eine besondere Rolle zu.

### 4.1 Mobile und Semi-mobile Anlagen

Für die Herstellung vor Ort (Bild 2) – typischerweise in ländlichen Gebieten – kann eine Produktion mit sogenannten Schaufelseparatoren durchgeführt werden. Als Technik sind 3 Silos für die Komponenten Proviacal RSS-FB, Stabilisator und Konditioner inklusive Dosiereinheit per Schnecke, ein Radlader mit angebautem Schaufelseparator und eingebauter Wiegeeinrichtung sowie ein Förderband zur Befüllung des Fahrmischers erforderlich. Die pro Tag maximal herzustellende Menge Flüssigboden aus bindigem Bodenaushub beträgt ca.  $140$  m<sup>3</sup>, Störstoffe wie größere Steine oder auch Holzstücke werden dabei mittels Schaufelseparator entfernt. Der Aufbreitungsprozess ist in zwei Arbeitsschritte gegliedert. Zunächst wird der bindige, klebrige Boden mit dem Spezialkalk versetzt und 1- bis 2-mal intensiv homogenisiert. Durch Einsatz von staubreduziertem Proviacal RD wird die Umweltbelastung für Anwohner, Personal, Gebäude und Fahrzeuge minimiert.

Es hat sich bewährt, den so aufbereiteten Boden ca. 24 Stunden reifen zu lassen – am Besten geschützt vor Witterungseinflüssen wie z. B. starkem Regen. Dieses Material kann bereits direkt als hochwertiger Erdbaustoff verwendet werden und schon somit die natürlichen Ressourcen von Sand und Kies.

Anschließend erfolgt die Zugabe des Stabilisators und Konditioner in einem Arbeitsgang mit gründlicher Homogenisierung. Es ist darauf zu achten, dass nach Zugabe dieser beiden Komponenten die direkte Verflüssigung und Auslieferung erfolgen sollte, da sich bei zu langer Lagerung der trocken vorgemischten Rezeptur die Eigenschaften deutlich verändern. Im Fahrmischer ist bereits die Hauptmenge des erforderlichen Wassers vorgelegt und die Trockenmischung wird nach einer letzten intensiven Durchmischung über das Förderband in den Fahrmischer gefördert. Durch die Protokollierung der Massen Bodenaushub und der 3 anderen Komponenten mittels Wiegeeinrichtung des Radlagers ist auch dem erforderlichen Qualitätsmanagement entsprochen. Die Eigen- und Fremdüberwachung baut auf diesen Mischprotokollen auf, zusätzlich erfolgt eine Probenahme des Flüssigbodens direkt beim Einbau (oder besser Einfüllen) in den Graben – ähnlich der Überwachung von Fertigbeton.

Die Feindosierung der Restwassermenge erfolgt direkt auf der Baustelle und hängt z. B. von der gewünschten Konsistenz ab; weniger bei KP (Konsistenz plastisch) zur Herstellung von Rohraulagern oder Aufschwimmsperren und mehr bei KF (Konsistenz flüssig) für ideale Verfülleigenschaften. Die Messung ist mittels Ausbreitmaß vor Ort schnell und sicher zu beurteilen.

Nach identischem Aufbau arbeiten stationäre Anlagen mit mobiler Technik, die z. B. in oder an Lagerhallen installiert sind.

### 4.2 Stationäre Anlagen

Die Herstellung von Flüssigboden in stationären Anlagen erfolgt im Wesentlichen für die Anwendung in dicht besiedelten Ballungsgebieten und kann mit der Logistik von Fertigbeton verglichen werden. Auch hier hat sich der Materialabruf von zentralen Mischanlagen bewährt und fast niemand mehr stellt Fertigbeton aus den einzelnen Rohstoffen in kleinen Mengen vor Ort her. Der Grund liegt zum einen in der Verfügbarkeit von geeigneten Mischplätzen in der Stadt und den hierfür prinzipiell erforderlichen Genehmigungen zum Umweltschutz (Abfallbehandlungsanlagen unter BImSchV). Bei den stationären Anlagen ist zudem auf Grund der höheren Leistungen das eingesetzte Kapital schneller amortisiert und auch im Hinblick auf das Qualitätsmanagement kann ein konstanteres Produkt hergestellt werden.



Optimal ist die Herstellung in Verbindung mit Standorten, die bereits im Bodenmanagement tätig sind. Hier sorgen die stetig strengeren Auflagen an den Um-schlag, die Lagerung und Deponierung gemäß Kreislaufwirtschafts- und Abfallge-setz (KrW-/AbfG) für einen hohen Entsor-gungsdruck bei Städten und Kommunen. Häufig schließen Kommunen mit zentra- len Aufbereitungsfirmen sogenannte An- dienungskontrakte und verpflichten sich z. B., das gesamte Aushubmaterial eines Stadtgebietes einer Aufbereitungsanlage anzuliefern und im Gegenzug das herge- stellte Recyclingmaterial entsprechend wieder abzunehmen.

Für Anlagen dieser Art hat sich als Auf- bereitungstechnik die Soilmix bewährt (Bild 3), bei der es sich um einen ver- schleißarmen Durchlaufmischer mit hohem Mischenergie-Eintrag handelt. Nach einer ersten Vorabsiebung zur Entfernung von Steinmaterial und Störstoffen > 100 mm wird der Aushub mit dem speziellen Fein- kalk versetzt und intensiv aufgeschlossen. Dieses Material kann direkt als Qualitäts- Erdbaustoff für den Kanal- und Rohrlei-



Bild 3: Stationäre Mischanlage Soilmix

tungsbau – bei mechanischer Verdichtung – verwendet werden.

In dem zweiten Arbeitsschritt – analog zu den mobilen Anlagen – werden dann die beiden anderen Komponenten zudosiert und nach einmaligem Mischer-Durchlauf direkt in den Fahrmascher gegeben, in den ebenfalls bereits das Anmachwasser vorgelegt ist. Auch bei dieser Anlage werden die einzelnen Massenströme exakt ermittelt und protokolliert; da die aus dem gesam-

ten Stadtgebiet angelieferten Aushubmateri- alien vor der Behandlung in geeigneter Weise homogenisiert werden können, un- terliegen sie in der Zusammensetzung nicht den größeren Schwankungen wie bei mobilen Anlagen auf grüner Wiese.

## 5 Qualitätsmanagement

Erstmalig ist es im Kanal- und Rohrlei- tungsbau möglich, noch vor der Bauaus-




# Das Maß aller Dinge

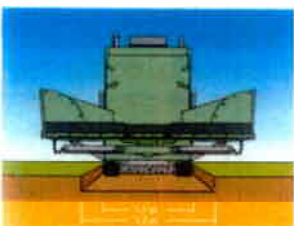
**KLEINFERTIGER SUPER800**

- ▶ Max. Einbaubreite 3,2 m
- ▶ Max. Einbaukapazität 250 t/h
- ▶ Maximale Einbaudicke 20 cm
- ▶ Durchfahrtsbreite 1,2 m



Durchfahrtsbreite nur 1,2 m  
Einbaubreite max. 3,2 m

www.super800.de



Die äußere Spurbreite des SUPER 800 beträgt gerade mal 1,10 m.

## Der neue Kleinfertiger SUPER 800 mit Tamper und Vibration

Kompakte Geräteabmessungen, große Einbaubreite und hohe Verdichtungsleistung sind das Maß aller Dinge bei Kleinfertigern. Hier erzielt der neue VÖGELE SUPER 800 Spitzenwerte. Mit seiner Durchfahrtsbreite von nur 1,2 m ist er der ideale Kleinfertiger für den Einsatz unter engsten Bedingungen.

Mehr noch: Die äußere Spurbreite von 1,1 m ermöglicht ein zuverlässiges und exaktes Manövrieren des Fertigers auch innerhalb tief ausgefräster Belagsschichten. Instandhaltungsarbeiten lassen sich somit besonders wirtschaftlich erledigen. Ausgestattet mit einer maximal 3,2 m verbreiterbaren Ausziehböhlle mit Tamper und Vibration erreicht er zudem Vorverdichtungswerte und Einbaubreiten, die für einen Fertiger dieser Klasse außergewöhnlich sind.

Der SUPER 800 ist somit in jeder Hinsicht das Maß aller Dinge.

**JOSEPH VÖGELE AG** · Neckarauer Straße 168-228 · 68146 Mannheim, Germany  
 Telefon: +49 (0)621 8105 0 · Telefax: +49 (0)621 8105 461 · info@voegele-ag.de

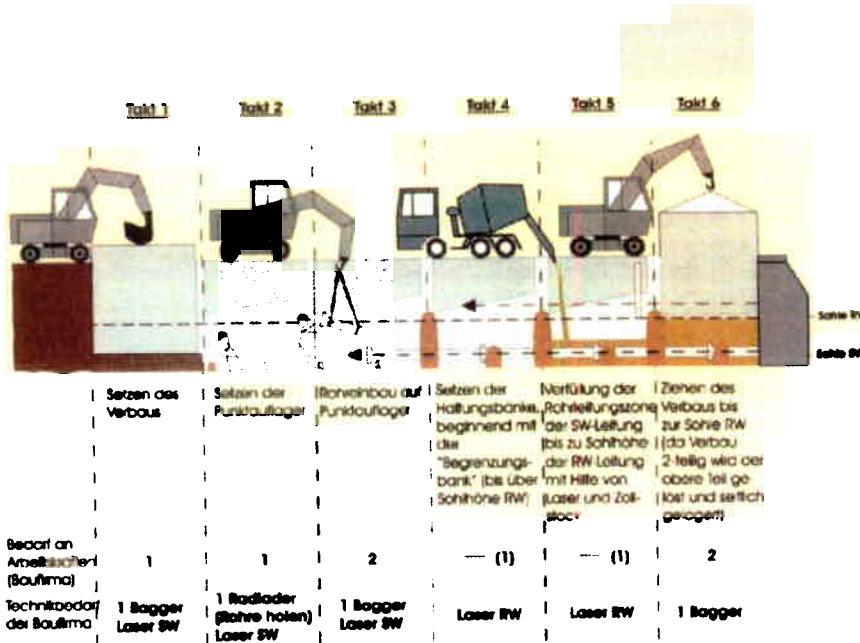


Bild 4: Getaktete Bauweise mit dem RSS-System

führung eine verbindliche Aussage zur anschließenden Qualität der Bettung zu erhalten. Für die Rezepturerstellung sind entsprechend repräsentative Bodenproben erforderlich, aus denen nach der chemisch/physikalischen Charakterisierung im Labor Prüfkörper hergestellt werden. Der hergestellte Flüssigboden unterliegt bei Produktion einer spezifizierten Werknorm und ist eigen- und fremdüberwacht. Die Fremdüberwachung erfolgt durch DIBt-autorisierte Materialprüfinstitute. Die weitere Überwachung erfolgt direkt beim Einbau und ist durch Eignungsnachweise definiert. National und international haben die Arbeiten zur Standardisierung von flüssigen Verfüllbaustoffen begonnen.

### 6 Verarbeitung des Flüssigbodens auf der Baustelle

Es ist nachzuvollziehen, dass die Anwendung von Flüssigboden nach den Jahrzehnten der klassischen Bauweise mit mechanischer Verdichtung von Sand und Kies auch Veränderungen im Arbeitsablauf auf der Baustelle erfordert. Um die sich aus dem innovativen Baustoff ergebenden Synergien auch vollständig ausschöpfen zu können, wurde eine getaktete Arbeitsweise für den Bau von Kanal- und Rohrleitungen entwickelt. Ein Vorteil der Flüssigverfüllung ist die Tatsache, dass der Mann vor Ort nicht mehr zur Verdichtung mit Gerät in den Graben muss und somit

der Graben lediglich die arbeitssicherheitsrelevante Breite aufweist. Dies führt bereits zu einer deutlichen Reduzierung des Aushubvolumens und damit Kostenreduktion – speziell bei der Großrohrverlegung > DN 500. Das nachstehend abgebildete Schema zeigt den Arbeitsablauf bei der Verlegung einer Regen- und Schmutzwasserleitung in einer Trasse (Bild 4). Nach dem Ausschachten werden der Verbau gesetzt und die sogenannten Aufpunktlager für die Rohrleitung aus Flüssigboden der Konsistenz KP vorbereitet. Es erfolgt anschließend das lasergestützte Setzen der Rohrleitung und als Aufschwimmsperre (Archimedes: HEUREKA!) wird ebenfalls für die Haltungsbanke Flüssigboden KP verwendet. Ist eine abschnittsweise Verfüllung vorgesehen, kann ein unerwünschtes Nivellieren in andere, noch offene Bauabschnitte durch KP-Barrieren oder auch Stahltafeln verhindert werden. Nach dem Verfüllen ist noch vor dem Abbinden des Flüssigbodens der Verbau zu ziehen, um mögliche Ausbrüche hinter dem Verbau direkt zu füllen und Hohlräume bzw. Setzungen zu vermeiden. Durch diese Taktung wird in der Regel eine drastisch höhere Tagesleistung erzielt, bei geringerem Personaleinsatz und gleichzeitig effizienterem Einsatz von Maschinenteknik.

### 7 Weitere System-Komponenten der Flüssigboden-Technologie

#### 7.1 Kombi-Schacht

Parallel zur Entwicklung des Flüssigbodens wurde auch ein innovatives Mono-Schachtsystem bis zur Produktionsreife entwickelt. Hierbei besteht die Möglichkeit, neben Regen- und Schmutzwasserkanälen auch alle anderen Infrastruktur-Leitungen wie Trinkwasser, Gas, Elektrizität, Fernwärme oder auch Tele-Kommunikation in einer Trasse zu verlegen. Der dann entstehende Querschnitt ist der Prinzip-Skizze (Bild 5) zu entnehmen. Auch hierbei zeigen sich für den späteren Betrieb bei Reparaturen und Wartung die Vorteile der Flüssigboden-Verwendung. Anders als bei Sand und Kies ist jederzeit der Zugang zu den Leitungen von der Seite aus möglich, ohne dass das Bettungsmaterial im Graben zusammenrieselt und zur Instabilität der übrigen Leitungen führt. Der abgebundene Flüssigboden verhält sich wie ein natürlich gewachsener Boden und kann problemlos auch zwischen mehreren Leitung mechanisch gelöst werden. Eine Zerstö-

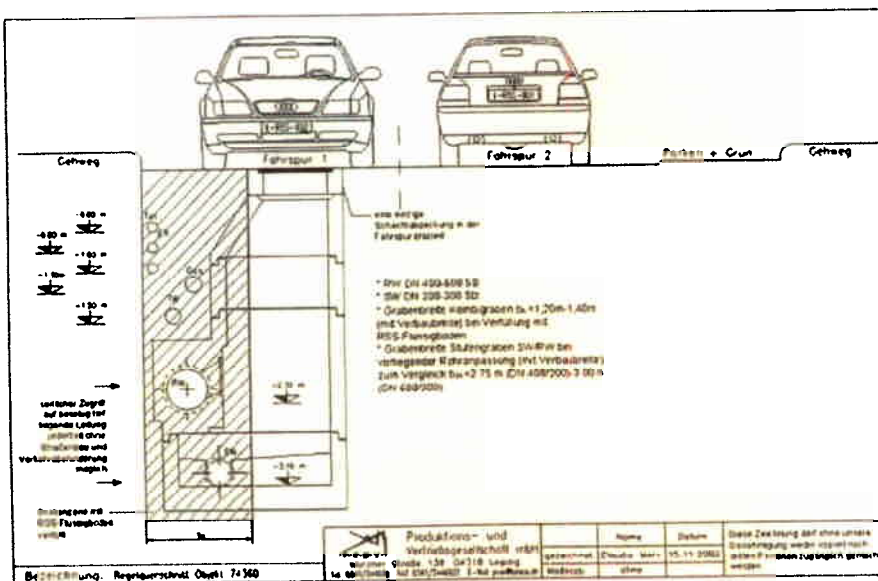


Bild 5: Der RSS Kombi-Schacht



zung der Fahrbahndecke ist dann bei seitlichem Zugang nicht mehr erforderlich. Zukunftsorientierte Städte nutzen die Option, bereits Leerrohre mit einzuziehen und können damit kostengünstig auf zukünftige Nutzungsanforderungen an den unterirdischen Raum reagieren. Außerdem lassen sich durch die Verwendung von Mono-Schächten in einer Trasse die Anzahl Schachtbauwerke deutlich verringern und damit selbstverständlich die Reparatur- und Wartungskosten. So können z. B. weniger Kanaldeckel durch den Straßenverkehr beschädigt werden. Abgesehen hiervon verbessert sich durch möglichst gerade Verlegung die Strömungsgeometrie und damit die Anfälligkeit für Ablagerungen in den Rohrleitungen.

## 7.2 Kalkulations-Software

Um dem Bauunternehmen ein Höchstmaß an Sicherheit bei der Abgabe von Angeboten zu bieten, wurde eine speziell auf die Verwendung von Flüssigboden abgestimmte Kalkulations-Software erarbeitet. Durch die verbesserte Bettungsqualität steigt auch die Lebensdauer der Rohrleitungsbauwerke überproportional an. Einige große Städte in Deutschland gehen bei Verwendung von Flüssigboden nicht mehr von 50 Jahren Nutzungsdauer aus, sondern von 70 Jahren. Zur Nutzung dieser gesamten Lebensdauer kann es erforderlich sein, ggf. höherwertige Rohrleitungsmaterialien zu verwenden. Dies hat zwar einen direkten Einfluss auf das Investitionsvolumen eines Kanalbauwerkes, andererseits ist die Auswirkung in Bezug auf Abschreibung und Zinsen enorm. Eine Studie (Maertens 2002) belegt, dass der Anteil der kalkulatorischen Kosten eines Leistungsnetzbetreibers mit 67% der Hauptkostenblock ist und der Anteil der Rohrkosten lediglich mit 13,8% eingeht. Neben den bereits beschriebenen Vorteilen für den Bauausführenden bietet Flüssigboden auch den Netzeigentümern bzw. Betreibern ein hohes Einsparungspotential bei den kalkulatorischen Kosten zwischen 10 und 35%.

Mit der Software ist auch ein direkter Vergleich zwischen klassischer Bauweise und der Verwendung von Flüssigboden möglich. Es hat sich während der Markteinführung vor ca. 8 Jahren gezeigt, dass sehr häufig die von Bauunternehmen gemachten Annahmen in der Standardkalkulation betriebswirtschaftlich nicht korrekt sind. Die Einstellung einiger Bauunternehmer, dass die Overhead-Kosten konstant sind

und die Kosten für Maschinenteknik – ob genutzt oder nicht – immer anfallen, ist falsch. Mit Flüssigboden wird die Produktivität drastisch gesteigert und somit der Fix-Kosten-Anteil, bezogen auf die einzelne Baumaßnahme, reduziert.

Dies ergibt sich auch aus der deutlichen Reduzierung der Bauzeit mit Flüssigboden, die bis zu 25% gegenüber dem klassischen Verfahren ausmachen kann. Gleichzeitig sinken alle bauzeitabhängigen Kosten, wie z. B. die Wasserhaltung, Aufwendungen für Straßenabspernungen, Umleitungen oder auch Vorhaltung von Technik.

## 8 Weitere Anwendungen des RSS-Flüssigbodens

Mittlerweile gibt es eine Fülle von Referenzen in Sonderanwendungen, wie z. B. der besonders anspruchsvollen Bettung von Fernwärmeleitungen. Diese Anwendung wurde durch das Fernwärme Forschungsinstitut Hannover (FFI) grundlegend untersucht und positiv für die Verwendung von Flüssigboden bewertet. Weitere großtechnische Anwendungen wurden hierzu in Schweden durchgeführt. Auch als schwingungsdämpfendes Material hat sich der Flüssigboden bewährt und konnte nachweislich bis zu 90% der eingetragenen Schwingungen reduzieren. Zu einer Standardanwendung haben sich alle Bauwerkshinterfüllungen entwickelt, insbesondere für schwer zugängliche Bereiche. Erste Testversuche für die Sanierung von geschädigten Deich- und Dammbauwerken wurden ebenfalls durchgeführt. Der Hauptvorteil liegt hier in der Wiederverwendung des vor Ort vorhandenen Materials des Altdamms, welches durch die Rezeptierung sehr geringe  $k_r$ -Werte erreicht. Auch bei der Immobilisierung von Bodenschadstoffen wurden durch drei großtechnische Maßnahmen in Goslar, Tuttingen und Bergheim vielversprechende Ergebnisse erzielt. Weitere Forschungen hierzu sind in Arbeit.

## 9 Ausblick

Mit den Haupt-System-Komponenten Flüssigboden und Mono-Schächten steht erstmals ein komplettes Konzept für die insbesondere in innerstädtischen Bereichen erforderliche Neuordnung der unterirdischen Infrastruktur zur Verfügung. Neben den rein qualitativen Aspekten der perfekten Rohrbettung wird hierbei auch die

Forderung der Bauunternehmer zur Steigerung der Arbeitsproduktivität erfüllt. Für die Netzwerk-Eigentümer und -Betreiber bieten sich die Vorteile der längeren Nutzungsdauer bei gleichzeitig reduzierten Wartungs- und Instandhaltungskosten. Zukunftsorientierte Planer werden in die Lage versetzt, anspruchsvolle Vorschläge zu entwickeln – auch abseits der gültigen Deutschen Gebührenordnung. Abgesehen von diesen wirtschaftlichen Aspekten respektiert die Flüssigboden-Herstellung den Schutz der Umwelt und die aktuellen Gesetze zum Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz und die Gesetzgebung zur Deponierung von Abfällen. Die Anwendungsmöglichkeiten des Flüssigbodens beschränken sich nicht nur auf den Kanal- und Rohrleitungsbau; weitere Projekte wie Deich- und Dammbau oder auch Verfüllaufgaben im Hochbau können durch die variable Rezepturanpassung erschlossen werden.

## Literaturverzeichnis

- Berger, C.; Lohaus, J. (2004): DWA-Bundeschäftsstelle – Zustand der Kanalisation in Deutschland – Ergebnisse der DWA-Umfrage
- DIN EN 12390 (02/2001): Prüfung von Festbeton
- DIN 18134 (09/2001): Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte – Plattendruckversuch
- DIN 18300 (12/2002): VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Erdarbeiten
- IKT Gelsenkirchen und Ruhr-Universität Bochum (2006): Einsatz von Bettungs- und Verfüllmaterialien im Rohrleitungsbau, Forschungsbericht
- Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz vom 27.9.1994
- Maertens, S. (2002): Saving potential in the wastewater disposal, commercial study egeplast and Westfälische Wilhelms-University Münster/Germany
- Pecher, R. (2004): Güteschutz Kanalbau Newsletter April 2004
- Stolzenburg, O. (2004): RSS-Flüssigboden im Kanalbau – Praktische Erfahrungen, Oldenburger Rohrleitungsforum 2004, Band 28, Seite 335 ff