

# I/11 Innovatives Verlegesystem für Ver- und Entsorgungsleitungen

Dr.-Ing. Wolfgang Berger

## 1. Einleitung

Das Projekt „Mobiles Rohrverlegesystem“, welches im Rahmen des Programms „Innovative Netze“ („InnoNet“) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie gefördert wird, wurde am 01.11.2000 begonnen und wird im Frühjahr 2003 abgeschlossen werden. Das Gesamtvolumen des Projektes beträgt 2,435 Mio. € Ver- und Entsorgungsleitungen, wie z. B. Gas-, Wasser- und Abwasserleitungen, aber auch Kabeltrassen lassen sich mit dem mobilen und halbautomatisch arbeitenden Rohrverlegesystem schnell, kostengünstig und sicher im Erdreich unterbringen. Mit dessen Entwicklung sind derzeit die TU Chemnitz, Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik, Institut für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme (TUC), das Institut für Mikrosensorik gGmbH Erfurt (CIS), das Institut für Fertigteiletechnik und Fertigungsbau Weimar e. V. (IFF) und das Forschungsinstitut für Tief- und Rohrleitungsbau Weimar e. V. (FITR) und sieben industrielle Partner beschäftigt.

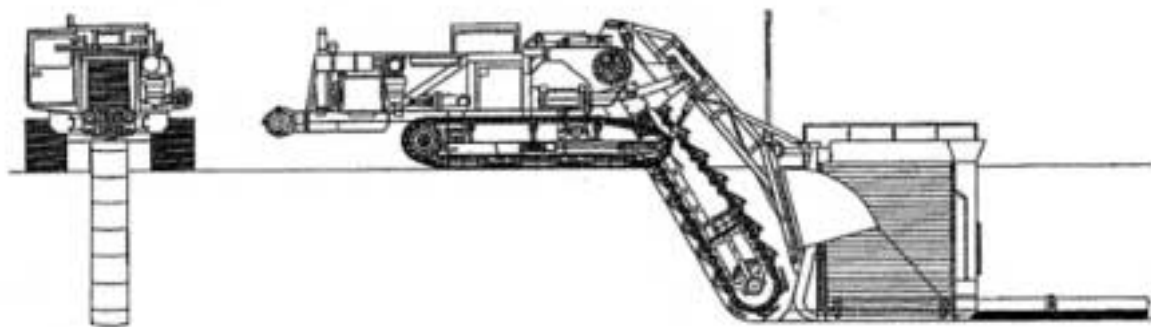
Die Baubranche kann mit Hilfe des neuartigen Systems, so nach gegenwärtiger Einschätzung der Projektpartner, ca. 30 % ihrer Kosten einsparen. In dem Projekt integrieren die Partner verschiedene innovative Einzellösungen auf dem Gebiet des Tief- und Rohrleitungsbau zu einem Gesamtsystem, das vor allem im innerstädtischen Bereich Anwendung finden wird  $\Psi$ , 2, 3 $\beta$

## 2. Ausgangssituation

### 2.1 Kanalfräse „Synchro-Trench“:

Durch die Fa. Suilmann Tiefbau GmbH & Co. KG wurde 1990 der Entschluss zur Entwicklung der Maschinen- und Rohrleitungsbautechnik einer Kanalfräse gefasst. Die Maschine besteht aus einem Trägergerät – ausgestattet mit einer Grabenfräse – und einer Verlegeeinheit, die mit der Fräse gekoppelt ist.

Die Fräse ist mit einem 550 PS starken Motor ausgerüstet, bewegt sich auf zwei jeweils etwa 5 m langen und 1 m breiten Raupenketten und wiegt ca. 60 t. Die Verlegeeinheit besteht aus der so genannten „Pipebox“ zur Aufnahme der Rohre und der „Gravelbox“, in der das Auflager erstellt wird (**Bild 1**).



**Bild 1:** Vorder- und Seitenansicht der Kanalfräse „Synchro-Trench“ [4]

Der Arbeitsablauf sieht wie folgt aus:

Am Beginn der Haltung wird ein etwa 5 m langes Kopfloch höhengenaue erstellt, indem die Pipebox auf die Sohle abgesenkt wird. Anschließend wird mit Hilfe der beiden Laser die Maschine in der vorgesehenen Verlegerichtung bzw. die Verlegeeinheit in der vorgesehenen Verlegetiefe ausgerichtet und die Rohrverlegung kann beginnen.

Durch den kontinuierlichen Fräsvorgang und den glatten Boden der Pipebox entsteht eine vollkommen ebene, dem Gefälle entsprechende Rohrsohle. Mit einem Bagger wird das zu verlegende Rohr auf die vorgesehenen Führungsschienen in der Pipebox abgelassen und durch einen einstellbaren hydraulischen Schieber unter Spannung gehalten. Die Maschine bewegt sich fräsend, die Sohle erstellend soweit vor, bis sich nur noch das Muffenstück in der Box befindet. Die Maschine hält dann kurz an, damit ein weiteres Rohr in die Pipebox abgelassen werden kann. Der auf der seitlichen Arbeitsbühne stehende Operator fädelt das am Bagger hängende Rohr von oben in die Muffe des bereits verlegten Rohres ein und gibt dann das Startzeichen für den Maschinisten, den beschriebenen Fräsvorgang von neuem zu beginnen. Der Maschinist hat den Arbeitsvorgang ebenfalls voll im Blick, da er über ein Kamerasystem alle Arbeiten in der Box kontrolliert. Wenn das Rohr die Pipebox verlässt, durchläuft es die Gravelbox, in der das Auflager erstellt wird. Die Gravelbox hat unten keinen Boden, d. h., das Auflagermaterial steht mit seiner etwa 4 m hohen Säule auf der Rohrgrabensohle auf. Ebenfalls fehlen seitlich in einer Höhe von ca. 30 cm die Seitenwände, so dass sich das Auflager voll gegen die gefrästen Wände und den Boden abstützt. So wird verhindert, dass noch Bewegungen im Auflager auftreten, wenn das Material die Box verlässt.

Die weitere Verfüllung und Verdichtung erfolgt oberhalb der Rohrzone mittels eines weiteren mit einer Vibrationsplatte ausgerüsteten Baggers. So ist eine intensive und dosierte Verdichtung möglich.

Als weitere Entwicklung in diesem Bereich ist die Bodenverbesserung durch die synchrone Kalkstabilisierung anzuführen. Dieses System ist patentrechtlich geschützt. Es sieht einen ca. 1 m<sup>3</sup> großen Behälter vor, der über ein Förderband eine einstellbare und vom Vorschub abhängige Menge Weißfeinkalk in den Rohrgraben einbringt, der dort von der Fräskette vermischt wird und so die Verdichtungsfähigkeit des Boden verbessert.

Folgende wesentlichen **Vorteile** können genannt werden:

- ≠ **Umweltschutz:** Verglichen mit bekannten Verfahren der offenen Rohrverlegung bietet das Verfahren insbesondere aufgrund der kürzeren Bauzeit und der geringeren erforderlichen Grundwasserabsenkung umwelttechnische Vorteile.
- ≠ **Verbesserung der Arbeitsbedingungen:** Aufgrund der vollautomatischen Arbeitsweise der Maschine entfällt ein Großteil an Handarbeiten, die heute auch bei den verbesserten konventionellen Verfahren noch erforderlich sind. Insbesondere entfallen alle Arbeiten im Graben selbst, was aus sicherheitstechnischen Aspekten von besonderer Bedeutung ist.
- ≠ **Einsparung von Rohstoffen:** Bedingt durch die geringe Grabenbreite als Folge der vollautomatischen Arbeitsweise wird für die Rückfüllung des Grabens weniger Füllmaterial (Sand und Kies) verbraucht.
- ≠ **Qualitätssteigerung:** Die Maschine arbeitet halbautomatisch höhen- und seitengesteuert durch einen Laser. Hierdurch entfallen die aus der konventionellen Bauweise bekannten Fehler, wie mangelnde Höhengenaueigkeit, schlechte Ummantelung des Rohres sowie unzureichende Rückfüllung und Verdichtung des eingefüllten Materials.

Die **Grenzen** des Suilmann-Systems sind:

- € Das System ist nicht anwendbar bei Kreuzungen von Versorgungsleitungen und damit ist es für den innerstädtischen Bereich nicht geeignet.
- € Das Einsatzgewicht von 60 t macht einen Einsatz bei nicht tragfähigen Oberböden wie Moorböden, Sumpfwiesen unmöglich.
- € Das Verlegesystem ist nicht wirtschaftlich bei kurzen Haltungen und Baugebieten mit gekrümmten Straßen.
- € Momentan ist nur die Verlegung von Rohren bis 2,5 m Baulänge möglich.
- € Tiefen über 4 m sind nicht erreichbar ❧

## 2.2 „Pipe Lying Robot“ (PLR):

Der PLR ist ein vollmechanisierter Grabenverbau mit hydraulischem Vorschub (**Bild 2**). Er besteht aus einem im Boden horizontal gleitenden stählernen Verbau, der mittels hydraulischer Pressen vorgetrieben wird. Dabei stützt sich der PLR am verfüllten Material ab. Der Gleitverbau hat eine Gesamtbreite von 100 cm und eine Arbeitsraumbreite von 80 cm. Er ist 14,1 m lang. Seine Höhe beträgt 2,5 m und lässt sich durch einen Aufsatz auf 3,5 m erhöhen. Außerdem ist seine Einbautiefe durch Voraushub variabel. Der PLR gliedert sich in die voneinander getrennten, jedoch gelenkig miteinander verbundenen Verbauteile Lenkkasten, Bettkasten, Rohrkasten, Füllkasten und Abdruckkeil. Dabei erfüllt jedes Verbauteil mehrere Aufgaben. Beim Einbau von Rohren mit Hilfe des Gleitverbaus PLR kommen auch Zusatzgeräte wie Schlepptrichter, Rüttelplatte und Förderband zum Einsatz, die aufgrund örtlicher oder bodentechnischer Gegebenheiten eingesetzt werden müssen. Ebenso wird ein Zusatzgerät für den Einbau von Schächten (Abstützvorrichtung) bereitgestellt.



**Bild 2:** Verbausystem des PLR-Verfahrens [5]

Der Schlepptrichter wird hauptsächlich im Straßenbereich eingesetzt und wird hinter dem Grabenverbau hergezogen. Seine Funktion ist es, den sich hinter dem PLR öffnenden Graben sofort wieder mit Aushubmaterial zu verfüllen. Somit werden etwaige Wartezeiten des Baggers durch eine Materialreserve im Schlepptrichter in der Regel vermieden. Die Rüttelplatte wird vom Schlepptrichter mitgezogen und wird optional zur Verdichtung der Grabenverfüllung verwendet.

Das Förderband ermöglicht den direkten Transport des Aushubs vom Lenkkasten zur Wiederverfüllung des hergestellten Grabens. Es wird seitlich am PLR befestigt und erspart nicht nur den zweiten Bagger für die Grabenverfüllung, sondern vermeidet auch kostspieligen Materialtransport und Flurschäden durch die Deponierung des Aushubmaterials. Der Einbau von Schächten ist mit dem Gleitverbau PLR ebenfalls möglich. Dabei wird der hergestellte Gra-

ben mittels einer Abstützvorrichtung ohne Wiederverfüllung des Rohrgrabens durchfahren. Währenddessen wird eine Stahlplatte ständig vom Abdruckkeil des Füllkastens mit Hilfe eines Stempels an die Stirnseite des hergestellten Grabens gedrückt. Dieser Stempel wird beim Vorangleiten des PLR so weit verlängert, bis die gewünschte Grabenöffnung für den Einbau des Schachtes erreicht ist. Das eingebaute Rohr wird an dieser Stelle wieder freigelegt und anschließend der Schacht in herkömmlicher Bauweise eingebaut.

Der Gleitverbau PLR kommt vorrangig in ländlichen Gebieten sowie an Straßen und Autobahnen zum Einsatz. Mit diesem Verfahren wurden bisher Freispiegelleitungen und Drainagen eingebaut, es können aber auch Druckleitungen eingebaut werden. Das Kreuzen von kleineren Gewässern und das Verlegen von Rohren in Böschungen stellen für den Gleitverbau, ebenso wie die Verlegetiefe, die sich von 2,5 m durch einen Aufsatz auf 3,1 m erhöhen und durch Voraushub weiter variieren lässt, keine technischen Probleme dar. Der Einsatz des Gleitverbau hat sich ebenfalls beim Verbau in Grundwasser als sehr wirtschaftlich und umweltschonend erwiesen, da anstehendes Grundwasser durch das gegen das Gefälle verlegte Rohr zum nächsten Schacht geleitet und von dort abgepumpt werden kann. Somit ist keine kostenintensive Grundwasserhaltung notwendig. Der Gleitverbau ist zwar sehr schnell ab- und wieder aufgebaut (Ansatz ca. 2 Std. für den Auf- und 2 Std. für den Abbau), jedoch sollte das Gelände unbefestigt und **frei von größeren Hindernissen und kreuzenden Leitungen** sein, aufgrund derer der Gleitverbau ausgebaut und hinter dem Hindernis wieder eingebaut werden müsste. Der PLR eignet sich für die Bodenarten 1 bis 6, da sich die Vorschubkraft der Zylinder den vorkommenden Bodenverhältnissen und Widerständen anpassen lässt. Des Weiteren ist der Gleitverbau in der Lage, durch seine gelenkig miteinander verbundenen Verbauerteile Radien bis maximal 35 m zu fahren  $\text{V}\beta$

### 3. Mobiles Rohrverlegesystem

#### 3.1 Zielstellung

Das Ziel des beantragten Projektes besteht in der Entwicklung eines halbautomatischen Rohrverlegesystem, welches im innerstädtischen Bereich eingesetzt werden kann. Dieses Ziel wird durch Zusammenführung und Neuentwicklung von innovativen Einzelkomponenten durch ein interdisziplinär zusammengesetztes Projektteam erreicht. Dabei sollen die derzeitigen Einsatzgrenzen von den o. a. Verlegesystemen erweitert werden. Dementsprechend werden völlig neue Anwendungsgebiete erschlossen:

- € Einsatz der Verlegemaschine im innerstädtischen Bereich.
- € Übereinanderverlegung von Leitungen.
- € Überführung von querenden Leitungen.
- € Rohrlängen bis 3 m.
- € Einbau von biegeweichen Rohren und Kabeln.

Die dargestellten Vorteile der Kanalfräse „Synchro-Trench“ bleiben erhalten. Darüber hinaus ergeben sich weitere Vorteile:

- € Vorhandene Baustellentechnik kann in das Verlegekonzept integriert und somit genutzt werden.
- € Während des Einbau ist keinerlei Verdichtung im Bereich der Rohre notwendig.
- € Die Beanspruchung der Rohre wird um 40 % reduziert.
- € Die Lebensdauer der Leitungen wird erhöht.
- € Die Leitung wird homogen gebettet.

### 3.2 Innovation der Lösungsidee

Es besteht der objektive Zwang einer bedeutenden Produktivitätssteigerung generell im deutschen Baugewerbe auch mit Hilfe der Robotik, ohne die es den Firmen sehr schwer fallen wird, mit den osteuropäischen Anbietern auf Dauer erfolgreich zu konkurrieren. Mit der Umsetzung der Idee eines Mobilen Rohrverlegesystems wird es möglich, Reserven des Bauens aufzuzeigen, zu erschließen und letztlich auszunutzen.

Die Innovation des System besteht darin, dass in vorteilhafter Weise patentrechtlich geschützte Einzellösungen zusammengeführt werden und zu einer völlig neuen Verlegetechnologie führen. Die Rohrleitung wird verdichtungslos und damit beanspruchungsarm eingebaut.

Die **Vorteile** der zu entwickelnden Mobilen Verlegemaschine sind:

- € Das System stellt einen Maschinenkomplex dar, der bei Kreuzungen von Versorgungsleitungen und damit auch für den innerstädtischen Bereich geeignet und anwendbar ist.
- € Das Verlegesystem ist auch bei kurzen Haltungen und Baugebieten mit gekrümmten Straßen wirtschaftlich.
- € Es ist die Verlegung von Rohren bis 3 m Baulänge möglich.
- € Es ist eine direkte Übereinanderverlegung von Leitungen möglich. Das führt allein bei einer Mischentwässerung zu Kostenreduzierungen von ca. 30 %.
- € Die Leitungen werden verdichtungslos und damit beanspruchungsarm eingebaut, was zu einer Nutzungsdauerverlängerung führt.
- € Die innovative Verlegemaschine führt nach erster Abschätzung zu einer Erhöhung der Arbeitsproduktivität um ca. 30 %.
- € Die Erhöhung der Arbeitsproduktivität bewirkt einen immensen Vorteil innerhalb des derzeit in der Tiefbaubranche gegebenen ruinösen Wettbewerbs und sichert den beteiligten Unternehmen entsprechende Vorteile.

Das vorhandene enorme Marktpotenzial an Sanierung und Neubau von Rohrleitungen in geschlossenen Kanälen bildet die Grundlage für beste wirtschaftliche Erfolgsaussichten des Verbundvorhabens.

Folgenden Ausführungen sollen das belegen:

In Deutschland ist seit mehr als 100 Jahren ein herausragendes und vorbildliches Kanalnetz zum Transport und zur Ableitung von Abwässern in Betrieb. Allerdings weist dieses System im Untergrund zahlreiche Schäden auf. Auf den rund 400.000 km Länge des gesamten öffentlich betreuten Leitungsgeflechts sind derzeit 96.000 km als schadhaft registriert. Das bedeutet, dass fast 25 % des Kanalnetzes Bruchstellen und Lecks aufweisen, durch die Abwässer in den Boden versickern. Diese Wassereinbrüche verursachen Boden- und Grundwasserkontaminationen in großem Ausmaß.

Zu den öffentlich betreuten Kanalleitungen kommen noch die Abwasserableitungen im privaten Bereich, mit denen die Grundstücksentwässerung und -entsorgung betrieben wird. Experten gehen von über 1,5 Mio. km aus. Es wird mit 500.000 bis 750.000 km schadhafter Rohre gerechnet. Die defekten Kanalstränge können zu erheblichen ökologischen Folgeschäden im Boden führen, deren teilweise unkontrollierbare Ausbreitung bedrohlich ist. Der durch Leckagen und Defekte im Kanalsystem verursachte Abwasserverlust liegt – so wurde in der Fakultät für Bauwesen der Ruhruniversität Bochum errechnet – bei 330 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr. Umgerechnet auf Deutschlands Einwohner ergibt das mehr als 15 Liter pro Kopf und Tag. Noch

höher schätzt der Hauptverband der Deutschen Bauindustrie den jährlichen Wasserverlust, nämlich auf 500 Mio. m<sup>3</sup>.

Die fälligen und notwendigen Sanierungskosten zwischen den Jahren 1996 und 2015 belaufen sich nach Erhebungen des Bundesverbandes der Deutschen Entsorgungswirtschaft (BDE) auf mindestens 66 Mrd. DM und maximal auf 150 Mrd. DM. Dabei werden für den Neubau von Kanalleitungen bis 2015 bei einem Bedarf zwischen 2000 und 4000 km/Jahr mindestens 1,6 Mrd. DM und maximal 4 Mrd. DM angesetzt. Die Erkenntnis und die Einsicht, dass in Deutschland und in Europa der Kanalsanierungsbedarf wegen des hohen Gefahrenpotenzials für den Boden und für das Grundwasser große Priorität genießen muss, führen dazu, dass die notwendige Kanalsanierung unverzichtbare und unausweichliche Investitionen mit weitreichender Zukunftsorientierung erfordern. Gute Kanalsysteme und -leitungen liefern den Beweis, dass sie dort, wo keine Zerstörung durch äußere Einflüsse eingetreten sind, bis zu 100 Jahren und länger für den schadlosen Transport von Abwässern und auch von Trinkwasser sorgen können – ohne Leck- und Sickerschäden für den Boden und das Grundwasser  $\Psi\beta$

### 3.3 Lösungsvoraussetzungen

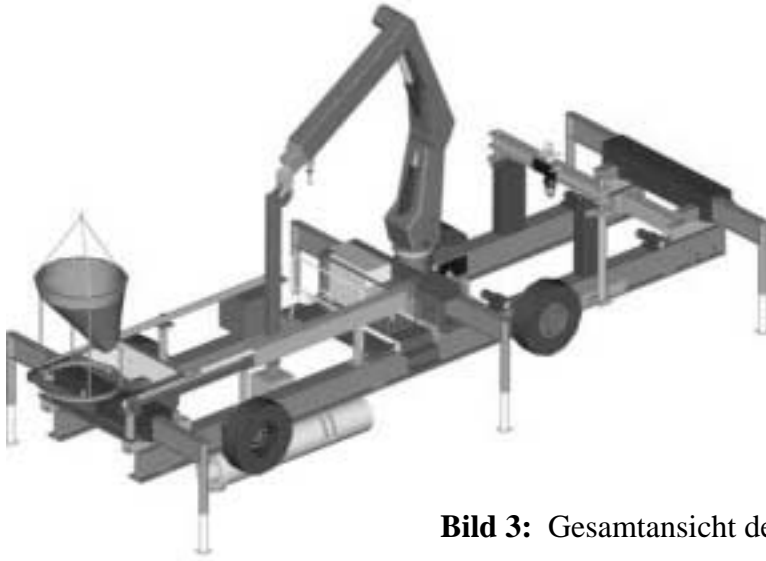
Die im Verbundprojekt beteiligten Unternehmen können auf fachspezifische Kompetenz verweisen und verfügen über ein hohes Innovationspotenzial. Bei der Entwicklung des Mobilien Rohrverlegesystems können sich die im InnoNet-Projekt beteiligten Forschungseinrichtungen und Unternehmen auf die Fähigkeiten und Erfahrungen von Fachleuten in Konstruktion, Elektrotechnik/Elektronik und Prozessgestaltung stützen. Die organisatorischen und technischen Voraussetzungen zur erfolgreichen Durchführung des Vorhabens sind vorhanden.

Die Aufgabe wird durch einen Projektkoordinator gesteuert, der über die Kompetenz verfügt, die Problemlösung inhaltlich zielgerichtet sowie zeitlich und finanziell zu steuern. Da das FITR Weimar über ein rohrleitungstechnisches Versuchsfeld verfügt, können die gefundenen Lösungsansätze sofort experimentell überprüft werden. Das FITR Weimar konnte bei der Bearbeitung des Forschungsthemas leistungsfähige Partner aus Thüringen und Sachsen hinzuziehen und seine Fähigkeiten beim FE-Projektmanagement bereitstellen.

Darüber hinaus wurden ausgewählte Mitgliedsfirmen des FITR in die Themenbearbeitung einbezogen. Weitere Kooperationen wurden mit anderen gemeinnützigen Forschungseinrichtungen vorgenommen. Die renommierten Leistungen der Projektpartner belegen ein sehr hohes Forschungsniveau mit stetem Anwendungsbezug. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit der Forschungseinrichtungen ermöglichte hervorragende Synergieeffekte in der Forschung und Entwicklung. Kooperationen mit einer Vielzahl von bedeutenden Industrieunternehmen und Forschungseinrichtungen im In- und Ausland gewährleisteten den gegenseitigen Ideenaustausch und ermöglichen so den Erhalt des hohen Forschungsniveaus  $\Psi\beta$

### 3.4 Projektergebnisse

In dem Mobilien Rohrverlegesystem integrieren die Partner verschiedene innovative Einzellösungen auf dem Gebiet des Tief- und Rohrleitungsbaus zu einem Gesamtsystem, das vor allem im innerstädtischen Bereich Anwendung finden wird. Dabei übernimmt ein speziell entwickelter Greifer die angelieferten Rohre von einer Palette oder einem Zwischenlager am Rand der Leitungsbaustelle und bringt sie im Graben in eine Grobposition vor das zuletzt verlegte Rohr bzw. den Schacht (**Bild 3**). Am Greifer befinden sich eine Laserzielmarkierung und zwei Kameras. Mittels Laser kann beim Zusammenfügen der Rohre über die Feinsensoren eine passgenaue Ausrichtung erfolgen, die über eine leicht zu bedienende Schnittstelle gesteuert werden kann.



**Bild 3:** Gesamtansicht des Mobilen Rohrverlegesystems [9]

Da sich alle zum Verlegen von Rohrleitungen erforderlichen Arbeitsschritte über das Mobile Rohrverlegesystem ausführen lassen, muss der Leitungsgraben von keinem Arbeiter betreten werden. Dies hat zur Folge, dass die Grabenbreite unter die im Regelwerk geforderte Mindestbreite für begehbaren Arbeitsraum ausgeführt werden kann. Dies ist mit einer entsprechenden Kosteneinsparungen verbunden. Diese Vorteile werden vervollständigt, indem im schmalen Graben Abwasserleitungen übereinander verlegt werden können. Voraussetzung dafür sind spezielle Schachtbauwerke. Gleichzeitig erfolgt eine Minimierung der offenen Grabenabschnitte, da unmittelbar nach der Verlegung der Graben wieder geschlossen wird.

Durch die Verwendung eines neuartigen fließfähigen, selbstverdichtenden Verfüllmaterials, des Weimarer Bau-Mörtels<sup>2</sup>, wird die Qualität der Rohrverlegung wesentlich erhöht, da heute häufig auftretende Mängel, wie unzureichende Verdichtung, ausgeschlossen werden können.

Das System ist vielseitig und flexibel einsetzbar. Sowohl feste als auch biegeeweiche Rohre und Kabel können zukünftig auf diese Weise verlegt werden. Die Entwicklungsarbeiten befinden sich gegenwärtig in der Phase der Erprobung. Die Projektergebnisse werden dann in die Serienfertigung des Mobilen Rohrverlegesystems einfließen.

Im Bearbeitungszeitraum wurden vom Projektkoordinator unter Beteiligung von weiteren Projektpartnern zwei Patente angemeldet  $\Psi$ , 2, 3, 8 $\beta$

- € Vorrichtung und Verfahren zum Verlegen und Führen von Rohren in wiederzufüllenden Gräben oder dergleichen (Amtliches Aktenzeichen: 101 47 395.8).
- € Verfahren und Anordnung zur lagegenauen, spannungsfreien Fixierung von im Wesentlichen starren medienführenden Einrichtungen, insbesondere erdverlegter rohrförmiger Ver- und Entsorgungsleitungen (Amtliches Aktenzeichen: 102 02 186.4).

## Literatur

- $\Psi\beta$  10 Jahre Forschung, FITR Weimar feiert Jubiläum. 3R international (41), Heft 7/2002, S. 416-417
- $\Psi\beta$  10 Jahre Forschung im FITR Weimar. bbr 7/2002, 53. Jahrgang, S. 12-13
- $\Psi\beta$  10 Jahre Forschungsinstitut für Tief- und Rohrleitungsbau Weimar e.V.; Euroheat & Power, 31. Jahrgang

- ☞ Suilmann, H.: Vollmechanische Rohrverlegung „SYNCHRO-TRENCH“ – dargestellt anhand der Verlegung von Steinzeugrohren. ROHRBAU 1999, Weimar, Tagungsband
- ☞ <http://members.a1.net/gleitverbau/>. Homepage der GV Gleitverbau & Verfahrenstechnik GmbH
- ☞ Retsch, M.: Modellhafte Untersuchungen des Gleitverbaus PLR zum Einbau von Rohrleitungen. Diplomarbeit, Universität der Bundeswehr München, Institut für Wasserwesen, Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik
- ☞ Projektantrag „Mobiles Rohrverlegesystem“ im Rahmen der Förderung von innovativen Netzwerken (InnoNet) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi), der TU Chemnitz, Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik, Institut für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme, Forschungsinstitut für Tief- und Rohrleitungsbau Weimar e.V. (FITR), Institut für Fertigteiletechnik und Fertigbau Weimar e.V. (IFF), Institut für Mikrosensorik gGmbH Erfurt (CIS), Ingenieurgesellschaft für Umwelt- und Bautechnik mbH (EBF), Lehmann Maschinenbau KG, GEKO-Bau, Logistic Consult Ingenieurgesellschaft mbH, FFC Weimar mbH, Georadar Service GmbH, Gesellschaft für Innovation im Tief- und Rohrleitungsbau Weimar mbH, CiS Mikrosensorik GmbH Erfurt
- ☞ Verbundprojekt „Mobiles Rohrverlegesystem“, Zwischenbericht 2001. Förderkennzeichen: 16 IN 0043, Forschungsinstitut für Tief- und Rohrleitungsbau Weimar e. V., 2001
- ☞ Projektpräsentation des IFF Weimar e. V. vor dem projektbegleitenden Ausschuss am 26.06.2002 am FITR Weimar e. V.

**Verfasser:** Dr.-Ing. Wolfgang Berger  
 Direktor des  
 Forschungsinstitutes für Tief- und Rohrleitungsbau Weimar e. V. (FITR)  
 Georg-Haar-Straße 2  
 99427 Weimar  
 Telefon: (0 36 43) 82 68 20  
 Telefax: (0 36 43) 82 68 26  
 e-mail: [postmaster@fitr.de](mailto:postmaster@fitr.de)