

Schmale Leitungsgräben – Minimal Trenching

Das gemeinsame Forschungsvorhaben „Minimal Trenching“ des DVGW und der GDF SUEZ hatte zum Ziel, Möglichkeiten aufzuzeigen und Arbeitsmethoden aufzustellen, die den Eingriff in den Straßenraum durch den Leitungstiefbau minimieren, bei Sicherung einer optimalen Qualität für den Straßenaufbau und die Medienleitungen. Besonders wichtig war dabei der gegenseitige Erfahrungsaustausch zwischen Frankreich und Deutschland, in den auch die Straßenbaulastträger eingebunden waren. In einem weiteren Teilprojekt wurde die Verlegung von PE-Gasrohren in nichtkonventioneller Bettung untersucht. Einige der wichtigsten Ergebnisse dieser Forschungsprojekte werden hier vorgestellt.

Die Verringerung der Grabenbreite führt zu einer Kosteneinsparung und kann die Qualität im Leitungstiefbau verbessern. Dabei ist es wichtig, sowohl für die Wirtschaftlichkeit als auch für die Qualität, die optimale Kombination von Baustoffen, Geräten und Verfahren in den verschiedenen Projektphasen einzusetzen: vom Aushub über die Aufbereitung des Bodenaushubs und Straßenaufbruchs bis hin zur Verfüllung mit qualifizierten Schüttmaterialien und leistungsstarken Verdichtern oder bis zur Verwendung von selbstverdichtenden Verfüllmaterialien. Am Ende ist damit eine hochwertige Verfüllung schmaler Gräben erreichbar, die auch bei späteren Eingriffen wieder ausgehoben werden können.

Nachfolgend werden einige Möglichkeiten aufgezeigt, wie Bauverfahren optimiert werden können und es werden die Qualitätssicherung und die Wirtschaftlichkeit bewertet.

Aushubmethoden für schmale Gräben

Sowohl in Frankreich als auch in Deutschland sind Mobilbagger oder Minibagger verbreitet. Aushubtechniken wie Grabenfräsen (Ketten- oder Radfräsen) sind im Allgemeinen auf Gräben außerhalb von Ballungsgebieten oder außerhalb von Verkehrsflächen beschränkt. Aus der Kombination von Grabenfräsen und Saugbaggern ergeben sich neue Anwendungen (Abb. 1 a + b). Dies ist insbesondere bei

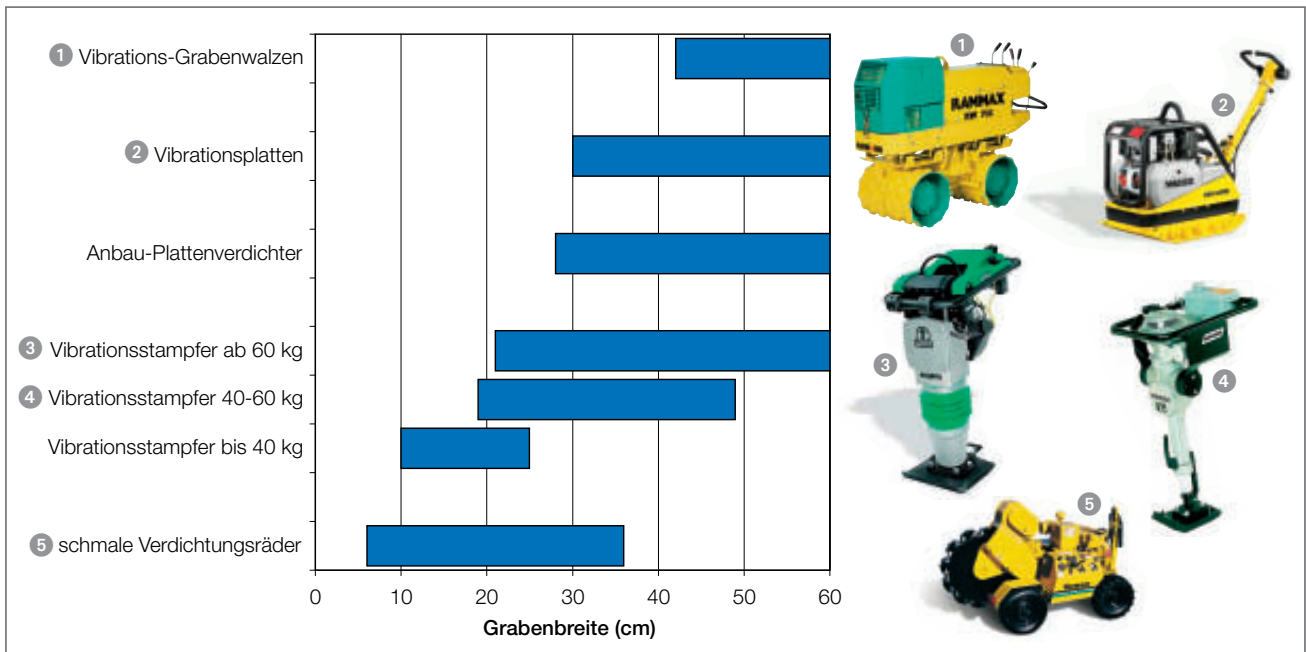
schmalen Gräben von Vorteil, eröffnet aber auch neue Möglichkeiten hinsichtlich flacher Leitungsgräben. Um die Vorteile der Kombination von Saugbagger und Grabenfräse optimal nutzen zu können, muss die gesamte Baumaßnahme nach einem innovativen Konzept umgesetzt werden. Hierzu gehören folgende Punkte, die zum einen erforderlich sind, um Grabenfräsen auch in städtischen Gebieten einsetzen zu können, und zum anderen die Bauzeit verkürzen:

- verbesserte Erkundung der Leitungsstrasse, z. B. durch eine Weiterentwicklung der Georadar-Techniken,
- Minimierung der Leitungsquerschnitte und damit der Grabenbreite,



Abb. 1 a + b: Kombination von Fräse und Saugbagger bei flacher Leitungsverlegung

Quelle: gdf suez



Quelle: S & P

Abb. 2: Einsatzbereiche von Verdichtungsgeräten für schmale Gräben

- Optimierung und Verringerung der Verlegetiefe und damit der Grabentiefe,
- Verfüllung der Gräben mit selbstverdichtendem Verfüllmaterial.

Verdichtung der Grabenverfüllung

Die Baumaschinenhersteller bieten viele verschiedene Verdichtungsgeräte für Gräben an. Konventionelle Vibrationsstampfer der Klasse über 60 Kilogramm Betriebsgewicht können in Gräben ab 25 Zentimeter Breite eingesetzt werden. Für schmalere Gräben müssen leichtere Stampfer oder spezielle Verdichtungsräder eingesetzt werden. Die Verdichtung mit leichten Stampfern ab 15 Zentimeter Breite ist möglich, wenn streng auf die Begrenzung der Schüttlagendicke geachtet wird. Verdichtungsräder, die an Trägergeräten montiert sind, sind ab 6 Zentimeter Breite verfügbar.

Eine Übersicht über die Verdichtungsgeräte und ihre Einsatzbereiche ist in **Abbildung 2** gegeben. Die Anwendung verschiedener Verdichtungsgeräte wurde auf neun Versuchsbaustellen untersucht. Hierbei zeigte sich, dass es für die Qualität der Verfüllung und für die Wirtschaftlichkeit wichtig ist, möglichst leistungsfähige Verdichter mit hohem Betriebsgewicht bzw. hoher „Einzelschlagarbeit“ einzusetzen, da diese eine bessere Tiefenwirkung aufweisen als leichte Verdichtungsgeräte.

Verfüllung der Leitungszone mit grobkörnigen Böden

In dem Teilprojekt „Wissenschaftliche Validierung von Verdichtungsmethoden im Technikumsmaßstab – Versuchsgräben beim FFI“ des DVGW-Forschungsprojektes „Minimal Trenching – Schmale Gräben“ un-

tersuchten das Fernwärme-Forschungsinstitut in Hannover e.V. (FFI) und die Smoltczyk & Partner (S&P) die Verlegung von Gasrohren aus PE 100 in unterschiedlichen, teilweise grobkörnigen Bettungsmaterialien. Die Projektaufgaben waren:

- Untersuchung der Eignung unterschiedlicher Bettungsmaterialien für die Verlegung von PE 100 Rohrleitungen der Nennweiten 32 und 110
- Untersuchung der Einwirkungen unterschiedlicher Verdichtungsgeräte bei schmalen Gräben auf die Gas-Rohrleitungen aus PE 100
- Vergleich unterschiedlicher Verfahren zur Verdichtungsbestimmung

Das Ingenieurbüro S&P hat den Bereich der Verdichtungsbestimmung übernommen und das FFI die Untersuchungen ►



dezentral erzeugen
regional profitieren
international gewinnen

Biogas

Das zentrale Branchentreffen der Biogas-Akteure

Fachreferate zu aktuellen Biogasthemen; Schwerpunkte: Globale Energiefragen, Biogaskonzepte der Zukunft, Gaseinspeicherung und -nutzung

Mit der weltgrößten reinen Biogasmesse auf über 2.000 qm

Englische Vortragsreihe für das internationale Publikum mit den Schwerpunkten Basiswissen Biogas, organische Abfallverwertung, kommunale Biogasnutzung

Zahlreiche Workshops zu praktischen Fragen der Biogasnutzung

Eintägige Lehrfahrt zu beispielhaften Biogasanlagen in der Umgebung

Alle Vorträge werden simultan ins Englische übersetzt

18. Jahrestagung des Fachverbandes Biogas e.V.

3.– 5. Februar 2009
Messegelände Hannover

Nähere Infos:
www.biogastagung.org

an den Rohrleitungen in Abhängigkeit der Parameter Verdichtungsgrad, Verdichtungsgerät und Bettungsmaterial.

Versuchsmaterialien und Geräte

Bei den Versuchen wurden insgesamt vier jeweils 12 Meter lange Stangen PE 100 Gasrohr der Nennweite 32 (NW32) und vier jeweils 12 Meter lange Stangen PE 100 Gasrohr der Nennweite 110 (NW110) eingebaut. Als Materialien für die Verfülllagen und die Leitungszonen kamen Aushub (stark schluffiger, schwach toniger, kiesiger Sand), Gleisschotter (Andesit gGk 31,5/63), Sand (Körnung 0/2 mm) und ein Aushub-Gleisschottergemisch (70 % Aushub, 30 % Gleisschotter) zum Einsatz.

Für die Verdichtung der Materialien wurden ein Wacker-Vibrationsstampfer BS 60-2 mit einer Arbeitsfrequenz von 11 Hz (Abb. 3) und ein Volvo-Bagger ECR48C

(Abb. 4) mit einem MTS-Anbauverdichter UV 8-2 – Arbeitsfrequenz 40 Hz, Betriebsgewicht ca. 5 Tonnen – genutzt. Hinzu kamen Rüttler für die Simulation von Verkehrslasten und Bagger für das Ausheben der Gräben. Zunächst wurden Bagger mit 250 Millimeter Löffelbreite eingesetzt. Spätere Versuchsgräben wurden mit 400 Millimeter breiten Löffeln ausgehoben. Der Verdichtungsgrad der Verfüllung wurde mit sechs verschiedenen Prüfverfahren bestimmt:

- Rammsonde mit variabler Schlagenergie (PANDA)
- Rammsonde DPL-5 (Künzelstab)
- Clegg-Hammer CIST, 4,5 kg
- Clegg-Hammer CIST, 2,25 kg
- dynamischer Plattendruckversuch
- direkte Bestimmung des Verdichtungsgrades durch Zylinderentnahme und Er-satzverfahren

- An weiterer Messtechnik wurden Beschleunigungsaufnehmer und ein Messwagen zur Bestimmung des Innendurchmessers genutzt.

Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

Der Versuchsgraben auf dem Freigelände des FFI wurde in sechs horizontale Zonen und drei vertikale Lagen unterteilt (Abb. 5 + 6). An den Enden und in der Mitte des Versuchsereichs befanden sich Schächte für die Instrumentierung der Versuchsstrecken.

Die einzelnen Bettungs- und Verfüllmaterialien wurden gemäß Versuchsplan lagenweise eingebracht. Zusätzlich wurde bei einem Versuch mit dem Anbauverdichter-system ein Betonkeil direkt auf das Rohr aufgesetzt. Die Schütthöhe betrug bei Einsatz des Wackerstampfers 20 bis 30 Zen-

Tabelle 1: Prüfverfahren für die Verfüllung schmaler Gräben

Prüfverfahren	Parameter	möglicher Anwendungsbereich			Bewertung für schmale Gräben			
		ungebundene Materialien		selbstverdichtende Verfüllbaustoffe	Kosten	Handhabung	Zuverlässigkeit des Messwerts	Anwendbarkeit
		Tragschicht	Verfüllzone					
<i>direkte Verfahren:</i>								
direkte Dichtebestimmung und Proctorversuch	Verdichtung		✓ ¹⁾		4	4	2	3 ¹⁾
Probekörper vom Material				✓	2	2	1	2
<i>In diesem Forschungsvorhaben untersucht:</i>								
Rammsonde PANDA	Verdichtung, Schichtdicke	✓	✓	✓	2	2	2	2
Rammsonde DPL-5	Verdichtung		✓		2	2	3	3
dynamisches Plattendruckgerät	Tragfähigkeit	✓	✓ ¹⁾	✓	1	1	2	1 ¹⁾
Clegg-Hammer	Tragfähigkeit, Verdichtung	✓	✓		1	1	4	3
<i>Weitere Verfahren:</i>								
CBR	Tragfähigkeit	✓			4	5	2	4
dynamischer CBR	Tragfähigkeit, Verdichtung	✓	✓ ¹⁾		1	3	2	2 ¹⁾
Portable FWD Loadman, englo, Ungarisches Fallgewichtsgesät	Tragfähigkeit, Verdichtung	✓	✓		1	1	?	1?
Geogauge	Tragfähigkeit	✓			2	2	2	2
Electrical Density Gauge	Dichte		✓ ¹⁾		2	4	3	3 ¹⁾
MBW Soil Compaction Supervisor	Verdichtung	✓	✓		3	2	4	3
Radiometrische Verfahren	Dichte	✓	✓ ¹⁾		4	5	2	4 ¹⁾
¹⁾ nur in Gräben > 30 cm Breite Kosten: 1 = günstig; 5 = teuer Handhabung: 1 = einfach; 3 = Fachpersonal; 5 = Fachpersonal mit besonderer Ausrüstung Zuverlässigkeit: 1 = sehr gut, 3 = ausreichend, 5 = ungenügend Anwendbarkeit: 1 = sehr empfehlenswert, 3 = geeignet, 5 = nicht geeignet								

timeter und bei Einsatz des Anbauverdichtersystems 35 bis 70 Zentimeter. Zur Herstellung von Zonen mit unterschiedlichen Verdichtungsgraden wurde die Anzahl der Übergänge mit dem Wackerstamper zonenweise variiert. Die Variation des Verdichtungsgrades bei dem Anbauverdichter erfolgte über die Schütthöhe. Während der Übergänge mit den Verdichtern bei den Rohren NW 110 wurden die Einwirkungen auf das Rohr durch Beschleunigungsmessungen aufgezeichnet.

Nach der Verfüllung eines Grabens wurden die Rüttler aufgebaut, mit denen eine Verkehrsbelastung von etwa 1 Mio. Überfahrten einer 10-Tonnen-Achse simuliert wurde. Zu Beginn und am Ende eines Versuchsdurchgangs standen die Messungen des Außen- und Innendurchmessers sowie die visuelle Untersuchung auf Schädigungen der Rohre.

Versuchsauswertung

Die Ergebnisse der Verdichtungsprüfungen sind zusammen mit den Untersuchungsergebnissen der anderen Versuchsbaustellen in das Forschungsvorhaben eingeflossen.

Der optische Eindruck der meisten Rohrleitungen war nach Versuchsende sehr gut. Rohre, die in Gleisschotter-Aushubgemisch, Sand oder reinem Aushub verlegt waren, wiesen nur geringe oberflächliche Beschädigungen (Aufrauungen der Oberfläche) auf (Abb. 7). Die vor Versuchsbeginn aufgebrachten Markierungen und Beschriftungen waren zu großen Teilen abgerieben. Die Originalbeschriftung war jedoch noch vollständig erhalten.

Im Bereich des reinen Gleisschotters wies das eingesetzte Rohr NW 110 jedoch Einkerbungen der Oberfläche auf. Deutlich sichtbar waren auch durch den Betonkeil und die Rammsondierungen verursachte Eindellungen (Abb. 8 + 9). Der Betonkeil führte zusätzlich zu einer Rissbildung an der Oberseite des Rohres.

Die Auswertung der Beschleunigungsmessungen ergab abhängig vom eingesetzten Verdichtungsgerät ein sehr uneinheitliches Bild hinsichtlich der dynamischen Verformungen und Bewegungen: Die Schwingungen des Wacker-Stampfers sind lokal stark begrenzt, sodass die Amplitude der Verformung von maximal 0,2 Millimeter (Verdichtung der obersten Verfülllage) bis 1 Millimeter (Verdichtung der Leitungszone) sowie der Bewegungen des gesamten Rohres ebenso



Abb. 3: Wacker-Vibrationsstamper BS 60-2

Quelle: Wacker



Abb. 4: Volvo-Bagger ECR48C mit MTS-Anbauverdichter

Quelle: FI

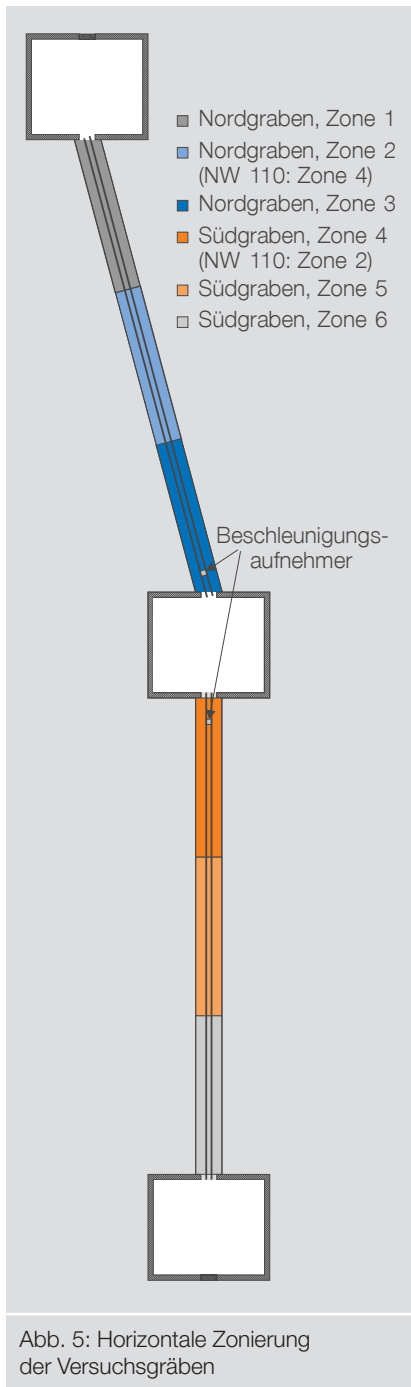


Abb. 5: Horizontale Zonierung der Versuchsgräben

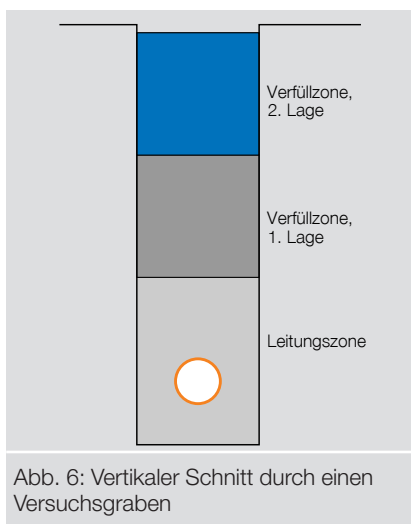


Abb. 6: Vertikaler Schnitt durch einen Versuchsgraben

schnell abnimmt (Abb. 10). Bei etwa 3 Meter Entfernung des Stampfers von den Messaufnehmern gehen die vertikalen Schwingungen im Untergrund rauschen unter. Gut zu erkennen war, dass die Bewegungen und Verformungen des Rohres im Gleisschotter-Aushubgemisch (Verformung maximal 1 mm, Bewegung maximal 0,96 mm) deutlich stärker ausfallen als im Sand (Verformung maximal 0,37 mm, Bewegung maximal 0,87 mm).

Der Einsatz des Anbauverdichters führte zu Schwingungen, die über den gesamten Grabenbereich messbar waren. Die maximalen Verformungen des Rohres lagen jedoch nur bei 0,41 mm bis 0,48 mm (Abb. 11).

Die Ergebnisse der Außen- und Innendurchmessermessungen lassen keine eindeutige Aussage zu, ob eine statische Verformung durch die Verlegung aufgetreten ist (Abb. 12 + 13). Vor Beginn der Versuche wurde von großflächigen Verformungen im Bereich von mehr als einem Millimeter ausgegangen. Die Rohre wiesen jedoch nach Versuchsende keine derartigen Verformungen auf, die eindeutig auf die Verlegung zurückzuführen wären. Die deutlichen Verformungen der Rohre sind an zwei Stellen beim Wiederaufgraben durch den Baggerlöffel entstanden. Die Ergebnisse der Innendurchmessermessungen lassen ebenfalls keine quantitative Aussage zur Verformung zu.

Versuchsergebnisse

Unter Einhaltung bestimmter Mindest- und Maximalschüttdicken für den Einsatz des Wacker Vibrationsstampfers BS 60-2 und des Anbauverdichters MTS UV 8-2 an einem 5-Tonnen-Bagger sind beide Systeme für die Verdichtung von Material in schmalen Gräben geeignet. Bei Einsatz des Anbauverdichters ist jedoch die größere horizontale Ausbreitung der Schwingungen festzustellen.

Die Versuche haben gezeigt, dass Gasleitungen aus PE 100 mit den Nennweiten 32 und 110 für die Verlegung in Sand, in gemischtkörnigem Aushubboden (kiesig, aber steinfrei) und Gleisschotter-Aushubgemisch (Aushub mit 30 % scharfkantigem Gleisschotter 31,5/63) ohne strukturelle Schäden verlegt werden können. Kleine Rohrdurchmesser zeigen bei der Verlegung in Gleisschotter geringere Schäden als große Rohrdurchmesser. Deutliche Schädigungen der Rohre waren nur bei der Verfüllung mit reinem Gleis-

schotter, bei einem scharfkantigen Betonkeil direkt auf dem Rohr und beim Aufsitzen der Rammsondierungen auf dem Rohr zu beobachten. Demnach wäre die Verwendung von Verfüllmaterial mit einem Größtkorn > 20 mm durchaus möglich, wenn der Gesamtanteil der großen Körner nicht überwiegt.

Vor der Aufnahme von gebrochenem Material für die Leitungszone in die Regelwer-



Abb. 7: Rohr NW 32 aus Aushubgleisschottergemisch



Abb. 8: Rohr NW110 mit Beschädigungen von Gleisschotter

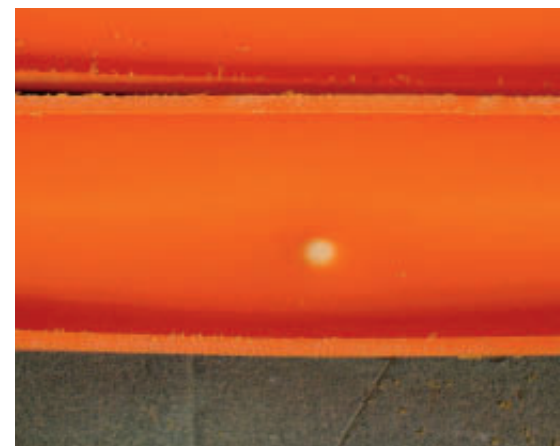


Abb. 9: Rohr NW110 mit Schäden durch Rammsondierung (Rohrinnenseite)

ke sollte der Zusammenhang zwischen Korngröße und Anteil großer Körner sowie Rohrdurchmesser noch genauer untersucht werden. Weiterhin sollten noch Versuche mit Verbindungen und Formstücken sowie chemisch gealterten Rohren durchgeführt werden.

Prüfung der Verdichtung und Tragfähigkeit

Für die Qualitätssicherung der Verfüllarbeiten stehen verschiedene Prüfverfahren zur Verfügung. Die im Versuchsgraben beim FFI eingesetzten Prüfverfahren wurden auf weiteren Versuchsbaustellen eingesetzt und für die Anwendung im schmalen Graben bewertet. Weitere Prüfverfahren wurden auf Grund der Ergebnisse früherer Forschungsvorhaben und Literaturlauswertungen ebenfalls hinsichtlich ihrer Eignung bewertet (Tab. 1).

Für Verfüllungen mit ungebundenen Baustoffgemischen oder trocken aufbereiteten Materialien, die lagenweise verdichtet werden müssen, haben die Untersuchungen gezeigt, dass neben der Prüfung der Verdichtung oder der Tragfähigkeit der Verfüllung auch die Überprüfung der eingebauten Schichtdicke, die in den Arbeitsanweisungen jeweils vorgegeben werden, von großer Bedeutung ist. Hierfür hat sich der Einsatz der PANDA-Rammsonde als zielführend erwiesen. Der Clegg-Hammer bietet den Vorteil, dass die Verdichtung beim Einbau lagenweise geprüft werden kann, allerdings ist die Zuverlässigkeit der Messergebnisse bei bindigen Böden nicht ausreichend.

Für die Prüfung selbstverdichtender Verfüllbaustoffe sind insbesondere die Tragfähigkeit und die Entwicklung der Festigkeit zu prüfen. Neben der bisher meist praktizierten Entnahme von Probewür-

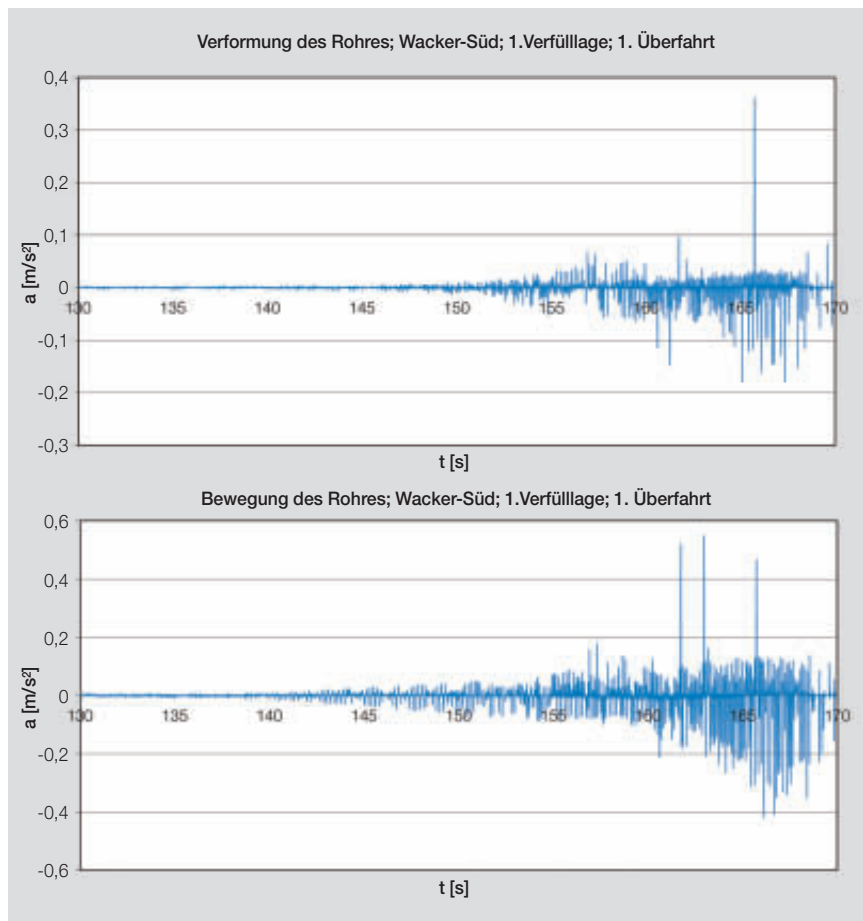


Abb. 10: Verformung und Bewegung des Rohres bei Verdichtung mit Wacker-Stampfer

Quelle: FFI

feldn aus dem angelieferten Material und Plattendruckversuchen kann auch hier die Panda-Rammsonde eingesetzt werden.

Bewertung der technischen und wirtschaftlichen Grenzen schmaler Gräben

Bei der Verlegung von Rohrleitungen entsteht ein großer Teil der Kosten bei den Tiefbauarbeiten einschließlich der Wiederherstellung der Straßenoberfläche. Schmale

Gräben stellen deshalb ein bedeutendes Kosteneinsparpotenzial dar.

Zur Untersuchung, welcher wirtschaftliche Effekt mit der Verringerung der Grabenbreiten erzielt werden kann, wurden die Tiefbaukosten verschiedener Grabenkonfigurationen unter Berücksichtigung der Netzstruktur unterschiedlicher Versorgungsgebiete dargestellt und über allgemein gültige Kalkulationsansätze für die einzelnen Arbeitsschritte bewertet ►



Die **SHT, Sanitär- und Heizungstechnik, Ausgabe 11** enthält Beiträge zu den Themen Heizungs- und Regeltechnik, Solarthermie sowie Klimaschutz. Lesen Sie darüber hinaus u.a. mehr zu den Themen:

- **Brennstoffzelle**
Im Praxistest fürs Eigenheim
- **Forschung**
Einfamilienhäuser sparten erheblich
- **Industrie**
Elektronikproduktion in Wahlstedt

Kostenloses Probeheft unter abo-service@krammerag.de

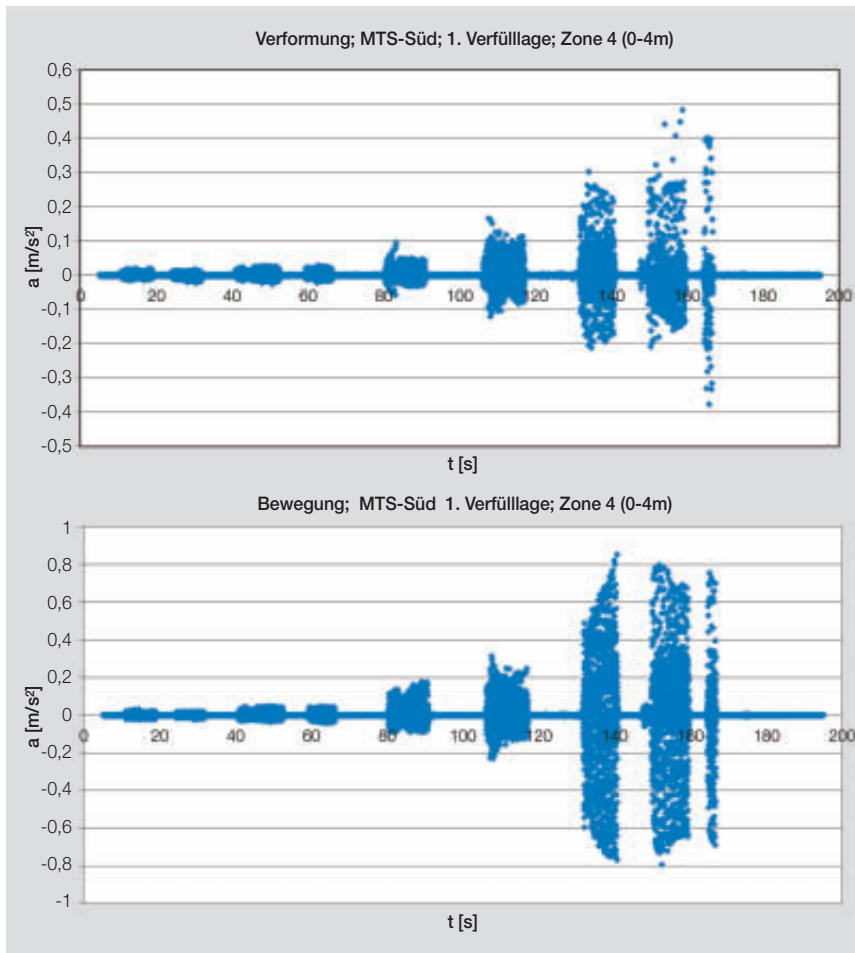


Abb. 11: Verformung und Bewegung des Rohres bei Verdichtung mit Anbauverdichter

Quelle: FFI

(Abb. 14). Als Ergebnis zeigte sich, dass die Einsparpotenziale, die insbesondere durch eine Variation der Tiefbautechnik erzielt werden können, in der Größenordnung von 30 €/m liegen können. Die möglichen Anwendungsbereiche verschiedener Aushubmethoden wurden bereits beschrieben. Dabei ist zu beachten, dass die

Anwendung von Grabenfräsen in städtischen Gebieten, also in Gebieten mit sehr dichter Infrastruktur, auf Grund der steigenden Wahrscheinlichkeit nicht erkannte Hindernisse anzutreffen, in der Praxis sehr eingeschränkt ist. Die Anwendung von gefrästen Gräben wird also eher in ländlichen Gebieten oder Vororten möglich sein.

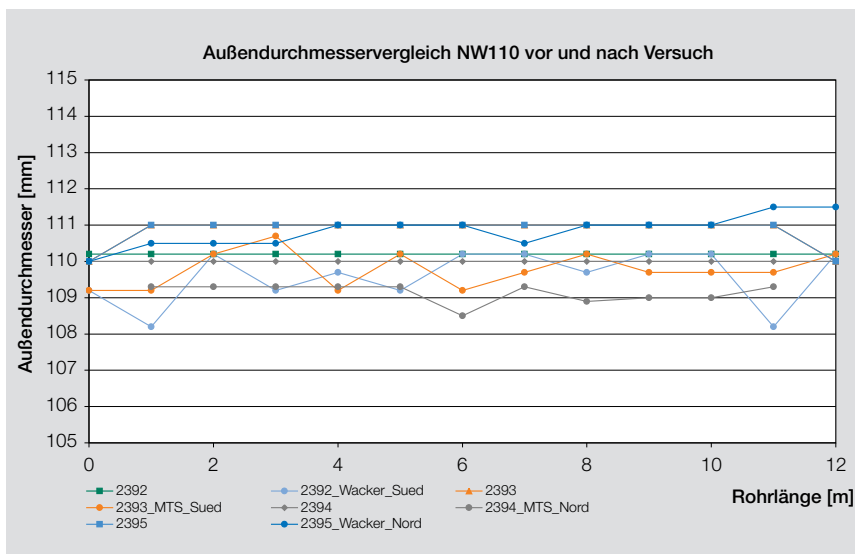


Abb. 12: Außendurchmesser der Rohre NW 110 vor und nach der Verdichtung

Quelle: FFI

Die Anwendung von Kaltfräsen oder Felsrädern in Asphaltstraßen ist dann besonders wirtschaftlich, wenn durch das Fräsen ein Verzicht auf das Vorschneiden und evtl. auch auf den Rückschnitt vor der Wiederherstellung des Oberbaus möglich wird. Die wirtschaftlichen Vorteile des schmalen Grabens sind umso größer, je mehr die Verringerung der Grabenbreite mit folgenden Faktoren verbunden wird:

- Umstellung und Optimierung der Aushubmethoden,
- Bündelung von Leitungstrassen in Mehrspartengräben,
- Verzicht auf den Rückschnitt bei Einsatz von Fräsen.

Die Anwendungsgrenzen des schmalen Grabens mit einer einzelnen Leitung sind also im Wesentlichen durch die Einsatzgrenzen von Grabenfräsen gegeben. Dort, wo ein Einsatz von Fräsen nicht in Frage kommt, ist die Kosteneinsparung aus einer Verringerung der Grabenbreite bei einer Einzelverlegung relativ gering. Hier muss das System des schmalen Grabens darin bestehen, mehrere Sparten in einem schmalen Graben zu bündeln.

Zusammenfassung des Gesamtergebnisses

Die technische Machbarkeit des Verfahrens schmaler Leitungsgräben konnte mit diesem Forschungsvorhaben aufgezeigt werden:

- Eine anforderungsgerechte Verdichtung der Verfüllung in schmalen Gräben ist möglich.
- Die Verfüllung mit teilweise grobkörnigem Aushubboden ist unter bestimmten Randbedingungen möglich.
- Praxisgerechte Richtwerte für die erforderliche Anzahl von Übergängen und die maximal möglichen Schichtdicken bei der Verfüllung wurden im Schlussbericht des Forschungsvorhabens vorgelegt und können verwendet werden.
- Eine Prüfung der eingebauten Schichtdicken und des erreichten Verdichtungsgrades ist mit der französischen PANDA-Rammsonde möglich.

Eine wirtschaftliche Verbesserung kann z. B. durch den Einsatz von Grabenfräsen und selbstverdichtenden Verfüllbaustoffen erreicht werden durch:

- die Verringerung der wiederherzustellenden Oberfläche,
- die Zeitersparnis beim Verfüllen durch selbstverdichtende Verfüllbaustoffe,

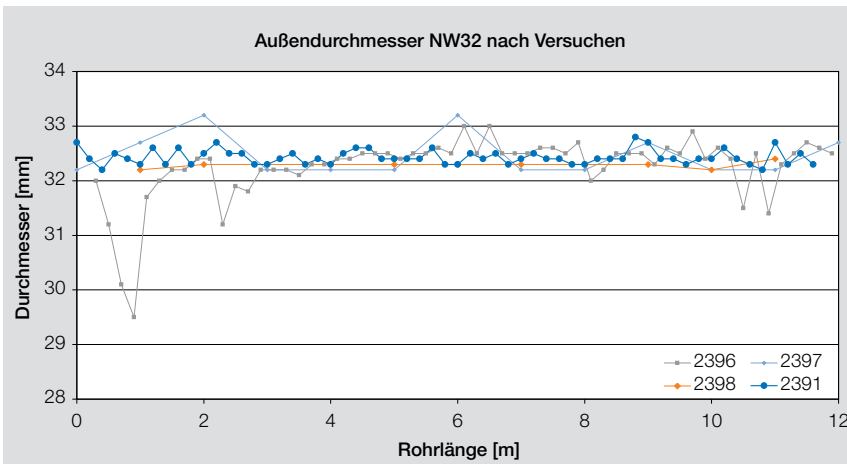


Abb. 13: Außendurchmesser der Rohre NW 32 vor und nach der Verdichtung

Quelle: FF

- geringere Behinderung des Verkehrs und damit
- eine geringere baustellenbedingte Unfallgefahr und
- eine geringere Belästigung der Anwohner.

Weitere Ergebnisse zu Aufbereitungsverfahren von Aushubböden, zur Festigkeitsentwicklung bindemittelbehandelter Verfüllböden und zu Richtwerten für den Einbau und das Verdichten von Grabenverfüllungen, die als Arbeitsanweisung in Tabellenform vorliegen, werden in weiteren Artikeln veröffentlicht.

Die Zusammenarbeit zwischen dem DVGW und der GDF SUEZ wird in einem weiteren Forschungsvorhaben fortgesetzt. Ziel dieser Arbeiten ist es, gemeinsame Qualitätskriterien (Anforderungen, Prüfverfahren) von selbstverdichtenden Verfüllmaterialien, insbesondere bei der Wiederverwendung von Aushubmaterial, zu definieren.

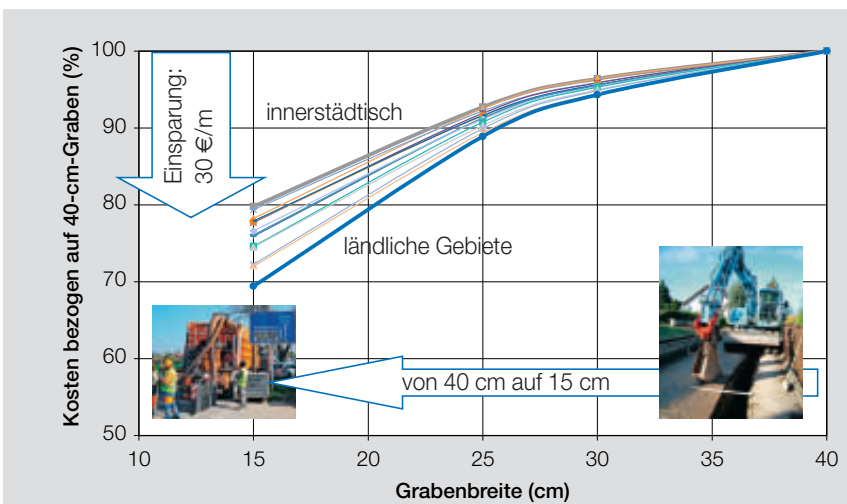


Abb. 14: Kosteneinsparung durch die Verringerung der Grabenbreite

Quelle: S&P

- ein evtl. Verzicht auf den Rückschnitt bei Einsatz von Fräsen.

- Verringerung des Baustoffbedarfs,
- Verringerung des baubedingten Verkehrsaufkommens.

Durch die Optimierung der Grabengeometrie ergeben sich auch Vorteile in der Umweltbilanz:

- Verringerung des Aushubvolumens,

Die Verringerung der Grabenbreite kann damit die Qualität und Sicherheit der Maßnahmen verbessern. Durch die verkürzte Bauzeit ergibt sich eine

Autoren:

Dipl.-Ing. Matthias Kahle
Fernwärme-Forschungsinstitut
in Hannover e. V.
Max-von-Laue-Str. 23
30966 Hemmingen
Tel.: 0511 94370-0
Fax: 0511 94370-70
E-Mail: kahle@fernwaerme.de
Internet: www.fernwaerme.de

Dipl.-Ing. Hartmut Reichenbach
Smoltczyk & Partner GmbH
Untere Waldplätze 14
70569 Stuttgart
Tel.: 0711 131 64-0
Fax: 0711 131 64-64
E-Mail: reichenbach@smoltczykpartner.de
Internet: www.smoltczykpartner.de



Das umfangreiche Jahresmagazin der bbr – Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau – erscheint am 5. Dezember 2008 mit Beiträgen u. a. zu folgenden Themen:

- **Leitungsbau**
GIS als strategisches IT-Werkzeug
- **Bohrtechnik**
Kernbohrung im Vulkangebiet des Hohen Vogelsberg
- **Geothermie**
Geothermische Nutzungsmöglichkeiten gefluteter Bergwerke

- **Brunnenbau**
Numerisch gestützte Brunnenbemessung zur Fassung unterschiedlicher Wasserqualitäten
- **Trinkwasserversorgung**
Aufbereitung schlammhaltiger Wässer mittels UF/MF

Kostenloses Probeheft unter info@wvgw.de