

Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung	2
2.	Problemformulierung	2
3.	Boden-Mörtel, ein neuartiger Baustoff	3
3.1	Zur Bezeichnung	3
3.2	Arbeitsdefinition.....	3
3.3	Die Zustandsformen des Boden-Mörtels.....	4
3.3.1	Die Destabilisierung	4
3.3.2	Die Restabilisierung	4
4.	Zur Integration des Boden-Mörtels in das Regelwerk.....	5
5.	Zur Nachweisführung relevanter technischer Anforderungen.....	6
5.1	Klassifikationsvorschlag für Aushubböden	6
5.2	Relevante Kennwerte für Eignungsprüfungen	7
5.2.1	Frostwiderstand	7
5.2.2	Verformungsmodul E_V	7
5.2.3	Verformungsmodul E_B	7
5.3	Relevante Kennwerte für die Überwachung der Herstell- und Einbauprozesse	7
5.4	Weitere Kennwerte	7
6.	Herstellen der Leitungs- und Verfüllzone mit Boden-Mörtel	8
6.1	Ausheben und Verfüllen des Leitungsgraben	8
6.1.1	Ausheben mittels Bagger	8
6.1.2	Ausheben mittels Fräsen	8
6.2	Die Boden-Mörtel-Herstellung	9
6.3	Herstellung auf zentralen Mischplätzen	9
6.4	Herstellung auf der Baustelle	10
7.	Die technischen, ökologisch und ökonomischen Effekte	10
7.1	Wiederverwendung von Aushubböden.....	10
7.2	Verwertung von Recycling-Baustoffen.....	11
7.3	Boden-Mörtel statt Bodenaustausch	11
7.4	Schmalere Gräben auch bei formschlüssigen Rohrverbindungen.....	12
7.5	Grabenprofil-Minimierung bei Strangverlegung	13
7.6	Abschätzung der wirtschaftlichen Effekte	13
7.7	Weitere Anwendungsfelder für Boden-Mörtel.....	14
8.	Zur Markteinführung	14
9.	Versuchsstrecken	14
9.1	Versuchsstrecke im Fernwärmenetz der Stadtwerke Weimar, Lützendorfer Straße (Feldversuch IV - Nebeneinanderverlegung)	14
9.2	Versuchsstrecke im Transportnetz der Gasversorgung Thüringen Erfurt, Tonndorf.....	15
9.3	Versuchsstrecke im Fernwärmenetz der Stadtwerke Weimar, Lützendorfer Straße (Feldversuch V-Übereinanderverlegung)	17
9.4	Verfüllung von Leitungsgräben im Bereich von erschütterungs-sensiblen, denkmalgeschützten Gebäuden, Baumaßnahme Komplexsanierung Gera Markt	18
9.5	Versuchsstrecke Weißensee – Verfüllung des Leitungsgrabens einer Starkstromtrasse mit Boden-Mörtel.....	19
9.6	Versuchsstrecke Chemnitz - Verfüllung des Leitungsgrabens einer Gastrasse mit Boden-Mörtel.....	20
10.	Literatur	23

1. Zusammenfassung

Als Boden-Mörtel wird ein neuer Baustoff bezeichnet, der zu etwa 93 - 97 % aus örtlich anstehendem Boden, wie Kies, Sand, Schluff oder Ton bzw. aus Gemischen davon oder anstelle des Bodens aus recycelten Baustoffen - Granulate aus Altbeton, Mauerwerk, Ziegeln oder Gemischen davon - besteht, der durch Zugabe und Durchmischen mit einem sog. Plastifikator sowie einem sog. Stabilisator zum Zweck des hohlraumarmen Einbaues zeitweilig in eine fließfähige Konsistenz überführt wird und der sich anschließend ohne gesonderte Verdichtungsarbeit hinreichend selbständig verfestigt. [1]

Durchgerechnete Fallbeispiele haben gezeigt, daß sich bei der Boden-Mörtel-Anwendung die anteiligen Straßen- und Tiefbaukosten im Leitungsbau um etwa 30-35 % senken lassen. Hinzukommt, daß keine Gewährleistungskosten für setzungsbedingte Schädigungen der Straßenbefestigungen mehr anfallen.

2. Problemformulierung

Analysen des Leitungsbau führen zu dem übereinstimmenden Resultat, daß die Kosten für den Straßen- und Tiefbau dominieren und demzufolge hier nach Kostensenkungspotentialen zu suchen ist. So entfallen in der Ortsversorgung nach Fleckner [2] 80 % aller Kosten auf das Aufnehmen und Wiederherstellen der Oberflächen sowie das Ausheben und Wiederverfüllen der Leitungsgräben. In der Abwasserableitung können diese Kostenanteile wegen der Tiefe der Leitungsgräben bis 90 % erreichen. Aber nicht nur die Kosten lenken das Interesse auf die anteiligen Straßen- und Tiefbauarbeiten, sondern auch eine Reihe falsch verstandener und nicht erfüllbarer technischer Anforderungen aus dem Vorschriftenwerk. So kritisiert Zeller [3] die Praxis des kostenaufwendigen Bodenaustausches vieler Straßenbauämter, welche den Austausch bindigen Bodens gegen leicht verdichtbare nichtbindige Böden oder gebrochenes Gestein mit bekannter Sieblinie verlangen, wobei außer acht gelassen wird, daß jede Änderung der Gleichförmigkeit des Straßenunterbaues zu ungleichen Bodenbewegungen der Straßenoberfläche mit unausbleiblichen Rißbildungen führt. Auch die üblichen Verdichtungsprüfungen, wie Proctordichte, radiometrische Verfahren, statischer Lastplattendruckversuch und leichte Rammsonde sowie die Einhaltung des Prüfumfanges während der Bauprozesse sind nicht praxisgerecht [3, 4]. Auch die neuen Schnellprüfverfahren dynamischer Lastplattendruckversuch und Leitungsgrabensonde [4] sind noch nicht optimal. Fleckner [2] beanstandet zu recht die durch die einzelnen Rechtsträger vorgeschriebenen z. T. unterschiedlichen vertikalen und horizontalen Leitungsabstände bei der Näherung und Kreuzung von Leitungen und Kabeln, so daß in Bereichen hoher Leitungsdichte „eine normgerechte gegenseitige Blockade“ eintritt.

Weitere Beanstandungen betreffen:

- Die Verdichtung des für die Rohrauflagerung wichtigen Zwickelbereiches erfordert Handarbeit, die nicht bereitstellbar ist.
- Die maschinelle Verdichtung zwischen Grabenwand und Rohr ist zwar mittels leichter Vibrationsstampfer möglich, setzt aber einen richtungsgenau, exakt ausgehobenen Leitungsgraben voraus, um den Verdichtungsgeräten die erforderliche Arbeitsbreite zu gewährleisten. Dies ist häufig nicht der Fall.

- Geraten die Verdichtungsgeräte an den Rohrkörper oder vorstehende Muffen, können diese beschädigt werden, wobei dies nicht ohne weiteres makroskopisch erkennbar ist. Dadurch werden besonders spröde Rohrwerkstoffe benachteiligt.
- Auch das stofflich bedingte, ungenügende statische Zusammenwirken von Rohr und Leitungszone / Verfüllung führt u. a. zu
 - erhöhten Bodenspannungen, weil in der Grabenwandebene nur geringe Schubspannungen übertragen werden können,
 - hohen Spannungskonzentrationen in den Sohl- und Scheitelbereichen von biegesteifen Rohren und
 - hohen Spannungskonzentrationen in den Sohlrandbereichen von biegeweichen Rohren.

Die dadurch verursachten ungleichmäßigen Rohrbeanspruchungen lassen sich auf den stoffbedingt begrenzten Verformungswiderstand der gängigen Verfüllstoffe sowie auf die oben erwähnten, hinlänglich bekannten Fertigungs- und Qualitätsschwierigkeiten auf den Baustellen zurückführen, die bisher hingenommen werden mußten.

Insgesamt kann die gegenwärtige technisch-wirtschaftliche Ausführung von Straßen- und Tiefbauarbeiten im Leitungsbau nicht befriedigen.

3. Boden-Mörtel, ein neuartiger Baustoff

3.1 Zur Bezeichnung

Obwohl das Vorschriftenwerk des Leitungs- und Straßenbaues bereits auf die Anwendung von Boden-Bindemittel-Gemischen Bezug nimmt, ist der vorzustellende Boden-Mörtel eine schlüssige Weiterentwicklung solcher Ansätze, die zu einem neuen Baustoff geführt hat. Mit dem Begriff „Mörtel“ werden in der Bautechnik Mischungen aus Sand, Wasser und einem Bindemittel bezeichnet, die nach der Mischungsbereitung einige Zeit lang einen breiig-weichen Zustand besitzen, in welchem sie verarbeitbar sind, und anschließend durch Verfestigen (Abbinden) in den festen Zustand übergehen. Verfestigte Mauermörtel verschließen Bauwerksfugen gegen den Durchtritt flüssiger und gasförmiger Medien und sind in der Lage, Druck- und Scherspannungen zu übertragen.

Die im vorliegenden Fall als Verfüllstoff verwendeten Mischungen liegen nach ihrer Herstellung zunächst ebenfalls in einem breiig-weichen Zustand vor, in welchem sie verarbeitbar sind, und gehen nach dem Verfüllungsprozeß im Rohrgraben nach wenigen Stunden in den festen Zustand über.

Aus diesem Grunde wurde die Bezeichnung „Mörtel“ übernommen. Im Unterschied zum Mauermörtel sind „Boden-Mörtel“ wegen ihrer relativ geringen Festigkeit jedoch als Verbindungsmittel zwischen klein- und großformatigen Bauteilen wie Mauersteinen, Betonfertigteilen u. a. ungeeignet.

Dieser neuartige Baustoff wird gegenwärtig an die Baupraxis herangetragen und im Dialogverfahren angewendet und erforscht.

3.2 Arbeitsdefinition

Boden-Mörtel besteht aus:

- den Grundmaterialien Bodenaushub oder geeigneten Recycling-Baustoffen (RC-Baustoffen),

- dem Plastifikator, einer Mischung aus Wasser, quellfähigem Ton und anorganischen Zusätzen sowie
- dem Stabilisator, wie z. B. Zement oder Kalk,

der nach Vermischen dieser Bestandteile vorübergehend eine plastische Konsistenz annimmt und sich anschließend dauerhaft nur so weit verfestigt, daß er im Bedarfsfall z. B. mittels Spaten wieder gelöst werden kann. Durch weitere Zusätze kann die Abbindedauer beeinflusst werden.

Bodenaushub ist natürlich anstehendes und umgelagertes Locker- und Festgestein (DIN 18 196), das bei Baumaßnahmen ausgehoben oder abgetragen wird. Nicht zum Bodenaushub gehört „Mutterboden“ (humushaltiger Oberboden). Für diesen gelten im Hinblick auf den Verwendungszweck besondere Schutzbestimmungen [5].

Recycling-Baustoffe sind Mineralstoffe, die bereits als natürliche oder künstlich mineralische Baustoffe in gebundener oder ungebundener Form eingesetzt waren, beim Umbau, Rückbau oder Abbruch von Bauwerken gewonnen und dem neuen Verwendungszweck entsprechend aufbereitet wurden [6].

Der so bestimmte Boden-Mörtel gemäß Patent DD 259 393 [7] kann auch für andere Verwendungszwecke im Tief- und Straßenbau angewandt werden.

3.3 Die Zustandsformen des Boden-Mörtels

Um den verdichtungslosen Einbau zu ermöglichen, ist es notwendig, die Scherfestigkeit des Grundmaterials ausreichend zu reduzieren. Nach erfolgtem Einbau soll die Scherfestigkeit wieder ansteigen, damit das eingebrachte Material beim Zusammenwirken Boden/Rohr seine Tragfunktion dauerhaft erfüllen kann.

Bezüglich des Grundmaterials stellt die Reduzierung der Scherfestigkeit eine „Destabilisierung“, die anschließende Verfestigung durch Vergrößerung der Scherfestigkeit eine „Restabilisierung“ dar.

3.3.1 Die Destabilisierung

Die Destabilisierung wird durch die Zugabe eines Plastifikators erreicht. Als solcher eignen sich quellfähige Tone vom Montmorillonit-Typ in wäßriger Suspension. Hierbei lagern sich gequollene Tonplättchen zwischen die Körner des Grundmaterials und bilden Gleitschichten, so daß die Scherfestigkeit minimiert wird .

Im Falle bindiger Böden kann, falls diese bereits geeignete Tone enthalten, der Plastifikator-Zusatz entsprechend verringert werden.

Der Gleiteffekt der als Schmierschicht wirkenden Tonplättchen wird durch das Aufbringen einer gleichnamigen und damit abstoßend wirkenden Ladung an der Oberfläche der Tonteilchen entscheidend erhöht, was durch die Anlagerung einwertiger Kationen erreicht wird.

3.3.2 Die Restabilisierung

Während der Herstellung und Einbringung des Boden-Mörtels soll er eine geringe Scherfestigkeit, d. h. hohe Plastizität besitzen. Wie lange er in der breiig-weichen Konsistenz verbleibt, läßt sich über die Restabilisierung beeinflussen. Diese wird

durch den Zusatz eines Stabilisators bewirkt, welcher einen Teil des freien Wassers chemisch bindet und zwei- bzw. dreiwertige Ionen abspaltet. Diese wiederum werden an der Oberfläche der Tonteilchen gegen die dort befindlichen einwertigen Ionen ausgetauscht. Die Folge ist eine stärkere gegenseitige Bindung der Tonteilchen, die dadurch ihr Gleitvermögen verlieren – die breiig-weiche Mischung verfestigt sich.

4. Zur Integration des Boden-Mörtels in das Regelwerk

Unterstellt man, daß für die Leitungs- und Verfüllzone, d. h. zwischen Grabensohle und Planum, Boden-Mörtel vorgesehen werden soll, stellt sich die Frage, ob der anstehende Aushubboden, über den lediglich stichprobenartige Informationen aus Schurfen und Baugrunduntersuchungen vorliegen, technisch-wirtschaftlich zu Boden-Mörtel verarbeitet werden kann. Hier interessiert in erster Linie, welche Anforderungen unter befestigten Verkehrsflächen gestellt werden.

Maßgebend ist hier der Nachweis des Verformungsmoduls, der je nach der zutreffenden Straßenoberbau-Bauklasse auf frostsicheren Unterbau nach ZTVA-StB 89, Abschn. 3.7.3. [8] festgelegt ist und in Intervallen zwischen

$$E_{V2} = 120, 100 \text{ und } 80 \text{ MN/m}^2;$$

liegt, während auf frostempfindlichen Unterbau

$$E_{V2} = 45 \text{ MN/m}^2,$$

gefordert wird.

Bei dem E_{V2} -Wert handelt sich um einen Verformungsmodul aus dem statischen Plattendruckversuch nach DIN 18 134 [9], der das Last-Setzungs-Verhalten eines Bodens bei Zweitbelastung beschreibt.

Bei der oben angenommenen Fallkonstellation, nach welcher der Leitungsgraben bis zum Planum mit Boden-Mörtel verfüllt werden soll, wäre der geforderte Verformungsmodul E_{V2} auf der Planumsebene nachzuweisen und Aussagen über die Frostempfindlichkeit des verwendeten Boden-Mörtels zu belegen.

Bezüglich der Interaktion Bodenmörtel in der Leitungszone \leftrightarrow Rohrleitung schließt sich die Frage an, ob der verlangte E_{V2} -Wert rohrstatisch akzeptiert werden kann.

Bekanntlich läßt die maßgebende Richtlinie [10], welche u. a. auch vom DVGW übernommen worden ist, für die Leitungszone Bodenarten der sog. Gruppen G1 und G2 zu (vgl. Abschn. 4.1), unter denen nach [11] (vgl. Abschn. 3.) für G1 nichtbindige Böden (GE, GW, GI, SW und SI) und für G2 schwachbindige Böden (GU, GT, SU und ST) zu verstehen sind. Die in den Klammern angeführten Buchstabenkombinationen bezeichnen Gruppen nach DIN 18 196 [11].

Für die Gruppen G1 und G2 gibt die Richtlinie [10] (vgl. Abschn. 3.1 Tab. 1) Verformungsmoduln der Bodenarten E_B [N/mm²] an, die für Verdichtungsgrade D_{pr} im Intervall zwischen 85...100 % für G1 E_B -Werte zwischen 2...40 N/mm² und für G2 zwischen 1,2...20 N/mm² liegen. Zwischen den straßenbautechnischen und rohrstatischen Anforderungen an die Verformungsmoduln bestehen verständlicherweise Unterschiede, und so erhebt sich zunächst die Frage, welche Folgen eine steifere Rohrbettung für die Nachweise zur Bemessung von Rohrleitungen und Kanäle hätte.

Nach dem Arbeitsblatt A 127 [10] wird das Tragverhalten von Rohrleitungen nach dem Verhältnis der Steifigkeit des Rohres zur Steifigkeit des Bettungsmaterials beurteilt und so zwischen biegesteifen und biegeweichen Rohren unterschieden. Biegesteife Rohre bestehen z. B. aus Steinzeug, Beton oder Stahlbeton, biegeweiche Rohre z. B. aus Stahl oder PVC, GFK bzw. den Polyolefinen PE und PP.

Vorrangig interessieren hier die Reaktionen biegeweicher Rohre auf die steifere Bettung, weil bei solchen Fällen der Boden Bestandteil des Tragsystems ist und deren Verformung die Belastung und Druckverteilung maßgebend beeinflusst. Da sich aber bei steiferer Rohrbettung der entlastend wirkende seitliche Erddruck erhöht, sind in den bei biegeweichen Rohren kritischen Sohlrandbereichen geringere Verformungen zu erwarten und die Anwendung von Boden-Mörtel hätte hier einen lebensdauererweiternden Effekt.

Ähnliches träfe für biegesteife Rohre zu, denn durch die vergleichbar geringeren Steifigkeitsunterschiede zwischen Boden-Mörtel und Rohr, dürften sich die für biegesteife Rohre typischen Spannungsspitzen im Bereich des Sohlpunktes abschwächen.

Bei der Integration des Boden-Mörtels in das Tragsystem Rohr-Boden-Verkehrsanlage sind demzufolge keine Akzeptanzprobleme zu erwarten, wenn in Anbetracht der beim Grabenaushub anfallenden unterschiedlichen mineralischen Bodengemische die vorgegebenen Verformungsmoduln E_{V2} und E_B sowohl durch Eignungsprüfungen als auch in situ nachgewiesen werden können.

Ähnlich wäre bei den als umwelt- und bauwerksverträglich zertifizierten Mischabbruchgranulaten als Grundmaterial für Boden-Mörtel vorzugehen.

Die vorliegenden praktischen Erfahrungen, vgl. 9., sprechen für die Eignung von Boden-Mörtel zur Herstellung der Leitungs- und Verfüllzone unter Straßenbefestigungen.

5. Zur Nachweisführung relevanter technischer Anforderungen

Wegen der Vielartigkeit der für Boden-Mörtel in Betracht kommenden natürlichen Böden und RC-Baustoffe muß eine Vorgehensweise für Eignungsprüfungen entwickelt werden, welche sich auf die wesentlichen Nachweise und Nachweisverfahren abstützt.

5.1 Klassifikationsvorschlag für Aushubböden

Es wird empfohlen, die in der Bodenmechanik und im Grundbau übliche Korngrößenverteilung mit den Korngrößengruppen als Klassifizierungsmerkmale zur Beschreibung der Eigenschaften und Beschaffenheit von Aushubböden zu übernehmen.

Dieses Ordnungssystem könnte auch für die Eignungsprüfungen von RC-Baustoffen als Grundmaterial für Boden-Mörtel übernommen werden.

5.2 Relevante Kennwerte für Eignungsprüfungen

5.2.1 Frostwiderstand

Boden-Mörtel sollte bezüglich Frost nach der im Straßenbau geltenden Technischen Prüfvorschrift für Boden-Bindmittel-Gemische, [12] Teil B 11.1, beurteilt werden. Hiernach wird der Frostwiderstand an Probekörpern nach der Masseveränderung und der Druckfestigkeit nach 12 Frost-Tau-Wechseln bewertet.

Die erste Frostprüfung eines Boden-Mörtels auf der Basis von Mischabbruchgranulat verlief erfolgreich.

5.2.2 Verformungsmodul E_v

Hierfür gilt der Plattendruckversuch nach DIN 18 134 [9] und die Anforderungen gemäß ZTVA-StB 89, [8] (vgl. Abschn. 1.5.2...3) sowie ZTVE-StB 94, [13] (vgl. Abschnitt 1.4.7 ff).

5.2.3 Verformungsmodul E_B

Der Verformungsmodul des Bodens in der Leitungszone wird gemäß Arbeitsblatt A 127 [10] über die vorgeschriebenen Proctordichten errechnet. Für den funktionalen Zusammenhang zwischen dem Verformungsmodul E_B und der vorgeschriebenen Proctordichte D_{pr} für die vorliegende Bodengruppe gilt die dort angegebene Formel 3.01.

5.3 Relevante Kennwerte für die Überwachung der Herstell- und Einbauprozesse

Da die Fragestellungen zur Qualitätssicherung bei der Herstellung und dem Einbau noch nicht tief genug bearbeitet worden sind, beschränkt sich die Darstellung vorerst auf die Konsistenzüberwachung.

Da die Verarbeitungskonsistenz des Boden-Mörtels u. a. erheblichen Einfluß auf den geforderten Verformungsmodul und die Lagefixierung auftriebsgefährdeter Rohrleitungen besitzt, muß die Konsistenz des Boden-Mörtels während seiner Herstellung entsprechend eingestellt und überwacht werden. Wie sich herausgestellt hat, kann das Ausbreitmaß nach Abrams gemäß DIN 1048 [13] für den Boden-Mörtel übernommen werden.

5.4 Weitere Kennwerte

Zu den weiteren relevanten Kennwerten gehören u. a.: Erosionsbeständigkeit, Gasdurchlässigkeit (bei Gasleitungen), Wasserundurchlässigkeit (bei Wasser- und Abwasserleitungen), Verhalten unter Temperaturfeldern (bei Fernwärmeleitungen), die noch bezüglich der Nachweisverfahren für den Boden-Mörtel anzupassen sind. Immerhin konnten für Boden-Mörtel aus Mischabbruchgranulat und natürlichem Sand die Gasdurchlässigkeit bereits nachgewiesen werden.

6. Herstellen der Leitungs- und Verfüllzone mit Boden-Mörtel

6.1 Ausheben und Verfüllen des Leitungsgraben

Es gibt eine Reihe von Faktoren, wie Rohrgrabengeometrie, vorliegende Bodenklassen und Standsicherheit der Grabenböschungen, Hindernisse im Trassenbereich usw., welche die Techniken des Grabenaushubes und der –verfüllung beeinflussen.

Im wesentlichen reduziert sich die Verfahrensauswahl für den Grabenaushub auf den Einsatz von Baggern und Fräsen. Da die Art und Weise der Herstellung des Leitungsgrabens mittels Fräsen und der dabei anfallende Aushub in einer vorteilhaften Wechselbeziehung zur Boden-Mörtel-Herstellung steht, soll die noch nicht so verbreitete Frästechnik für den Grabenbau herausgestellt werden.

Sofern Trassen unter befestigten Verkehrsflächen liegen, regelt sich das Entfernen und Wiederherstellen des Oberbaues im wesentlichen nach ZTVA [8].

6.1.1 Ausheben mittels Bagger

Für den Aushub von verbauten oder unverbauten Leitungsgräben ist der Einsatz von raupengetriebenen Hydraulikbaggern mit Arbeitswerkzeugen, wie Tieflöffel, Profillöffel und Greifer bzw. von mobilen Ladern üblich. Außerhalb von Ortslagen werden Leitungen auch eingepflügt.

Bei den Grab-, Transport-, Lager- und Einbauoperationen werden die angeschnittenen Bodenschichten durchmischt. Diese Mischungen sind für die Eignungsprüfungen maßgebend. Liegen im Aushub Gesteinseinschlüsse größerer Durchmesser vor, muß vor der Boden-Mörtel-Herstellung abgeseibt werden. Hochbindige Erdstoffe mit hohen Wassergehalten scheiden infolge ihrer hohen Kohäsion in der Regel für die Boden-Mörtel-Herstellung aus.

6.1.2 Ausheben mittels Fräsen

Es ist noch zu wenig bekannt, daß sich mit der Graben- und Felsfrästechnik infolge der leistungsstarken hydraulischen Antriebe und der elektronischen Steuertechnik in den Bodenklassen 3-7 bis zu einer Breite von 1,50 m und einer Tiefe bis 3,60 m in einem Schnitt Leitungsgräben rasch und kostengünstig herstellen lassen. Hervorzuheben ist hier die exakte Grabenführung ggf. mit Lasernivellierunterstützung, so daß sich mittels Fräsen auch Trassen eng an Gebäudewänden, Straßenrändern und Zäunen realisieren lassen. Zudem begünstigt die Richtungsgenauigkeit die Absicht, die Grabenbreiten zu verringern. Darüberhinaus lassen sich Fräsen auch mit Schneidrädern ausrüsten, so daß mit diesen Maschinen auch saubere Schnitte in Asphalt- und Betondecken hergestellt werden können.

Praktische Erfahrungen belegen, daß auch kreuzende Leitungen unter beengten räumlichen Verhältnissen den Fräseneinsatz nicht ausschließen. Kritische Stellen solcher Art können wie beim konventionellen Baggereinsatz ausgespart und nachgearbeitet werden [14].

Bestehend ist der Kosten- und Baufortschrittsvergleich mit herkömmlichen Verfahren [15].

Die Frästechnik fördert die Boden-Mörtel-Anwendung vor allem auch insofern, als z. B. bindiger Aushub, der allgemein als nicht verdichtungswillig gilt und daher ersetzt werden muß, sich als vorzerkleinertes Fräsgut vorzüglich zu Boden-Mörtel verarbeiten läßt.

Die speziell bestückten Ausleger der Felsfräsen zerkleinern selbst Fels zu feingebrochenen, wiederverwendbaren Aushub.

6.2 Die Boden-Mörtel-Herstellung

Bekanntlich wird Beton bzw. die Bodenverfestigung im Straßenbau mittels Zement oder Kalk aus wirtschaftlichen Erwägungen in Zentralmischanlagen (Mixed-in-plant) oder dezentral in Ortsmischanlagen (Mixed-in-place) hergestellt. Ähnliches trifft auch für Boden-Mörtel zu.

Im Interesse der wirtschaftlichen Anwendung von Boden-Mörtel stellt sich die Frage, welche Anlagen und Maschinen aus der Beton- und Straßenbautechnik für die Herstellung von Boden-Mörtel verwendet bzw. angepaßt werden können.

Unbestritten ist, daß die Herstellung von Boden-Mörtel hohe Sachkenntnis und Verantwortung verlangt, denn es müssen die in ihren Eigenschaften schwankenden Naturbaustoffe, Aushubböden bzw. RC-Baustoffe über die Prozeßstufen Herstellen – Transportieren – Einbauen zuverlässig in einen Baustoff mit definierten Trageigenschaften überführt werden.

6.3 Herstellung auf zentralen Mischplätzen

Immer häufiger erzwingen die eingeschränkten Platzverhältnisse in innerstädtischen Gebieten, den Aushub abzutransportieren und nicht unmittelbar an der Baustelle zwischenzulagern. Können für solche Zwischenlager bereits bestehende zentrale Lager-, Recycling- bzw. Mischplätze genutzt werden, kann es technisch-wirtschaftlich sinnvoll sein, dort eine Werksfertigung für Boden-Mörtel einzurichten oder eine solche an eine bereits bestehende Betonmischanlage anzuschließen.

Für das Lagern, Dosieren und Mischen der Boden-Mörtel-Komponenten genügen in der Regel die aus der Aufbereitung von Frischbeton bekannten Möglichkeiten, d. h. Antransport der Grundmaterialien mittels selbstentladender Straßenfahrzeuge, Transport der Plastifikatoren und Stabilisatoren vorzugsweise mit selbstentladenden Behälterfahrzeugen, Lagern in Boxen, Halden, Bunkern und Hochsilos, Fördern mit Schrapper, Becherwerk, Gurtbandförder und Kompressoranlagen, Dosieren mittels kontinuierlich oder diskontinuierlich arbeitender Waagen bzw. Durchflußmengenmesser, Mischen vorzugsweise mit Zwangsmischern, Boden-Mörtel-Transport mit Spezialfahrzeugen mit Trommelaufbau und Rührwerk und Einbringen durch Schütten unter Verwendung von Rohren, Rinnen und Schütttrichtern. Folglich erfordert die Boden-Mörtel-Anwendung keine spezielle maschinentechnische Entwicklungen bzw. teure Spezialanlagen, was sich kostengünstig auswirkt.

Für eine zentrale Fertigung des Boden-Mörtels in Städten spräche auch ein innerhalb einer wirtschaftlichen Transportentfernung bestehender ständiger Bedarf definierter Größe, so daß die Zentralmischanlage hochgradig ausgelastet werden kann. Im

übrigen gelten die vom Transportbeton her bekannten Vorteile auch für den Boden-Mörtel, wie Kostensenkung durch hohe Automatisierung, zuverlässige Qualität, Minimierung der Zusätze u. ä. m.

6.4 Herstellung auf der Baustelle

Liegen die Verhältnisse anders als oben geschildert, z. B. wie in ländlichen, klein- oder mittelstädtischen Gebieten mit geringem bzw. zeitlich nicht ausgewogenem Bedarf, wird es wirtschaftlicher sein, den Boden-Mörtel direkt auf der Baustelle herzustellen. Auch hier stellt sich im Interesse der Kostendämpfung die Frage, inwieweit bereits bekannte Maschinen für einen solchen Verwendungszweck mitbenutzt werden können.

Aus dem Straßenbau sind die sog. Schlämmemaschinen bekannt, die sich als selbstfahrende, baustellengerechte Maschinen für die Aufbereitung und den Einbau von bituminösen Kaltasphalt-Belägen bestens bewährt haben. Solche Maschinen, die auch in verschiedenen Leistungsklassen vorliegen, besitzen im wesentlichen die für die Baustellenfertigung von Boden-Mörtel erforderlichen Merkmale, wie

- Behälter für die Aufnahme und Mitführung des Grundmaterials mit untenliegender Förderbandanlage, Dosierschieber und Innenrüttler,
- Flüssigbehälter mit Dosiereinrichtung für den Plastifikator, der als vorgefertigte Suspension bereitgestellt wird,
- Behälter für die Aufnahme des Stabilisators (Zement, Kalk o. ä.) mit Schneckenförderung zur Dosierung sowie
- Doppelwellenmischer zum Vermischen der Boden-Mörtel-Komponenten mit Austragsvorrichtung.

Daß sich diese Maschinen für die Baustellenfertigung von Boden-Mörtel durchaus eignen, konnte bei einer Versuchsbaustelle bereits bestätigt werden. Durch ein zielgerichtetes Erprobungs- und Anpassungsprogramm ließen sich diese bewährten Maschinen für die Herstellung und den Einbau von Boden-Mörtel optimieren.

7. Die technischen, ökologisch und ökonomischen Effekte

7.1 Wiederverwendung von Aushubböden

Das neue Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW/AbfG) [16] postuliert bekanntlich das Prinzip: "Abfallvermeidung vor Abfallverwertung vor Abfallbeseitigung". Indem das Boden-Mörtel-Verfahren als Grundmaterial die örtlich anstehenden Aushubböden wiederverwendet, wird nicht nur Abfall vermieden, sondern auch natürliche Ressourcen geschont, da für die Leitungszone kein Natursand mehr verwendet wird.

Obwohl die Eignung der Locker- und Festgesteine für Boden-Mörtel bisher noch nicht systematisch untersucht werden konnte, wird erwartet, daß die Mehrheit von Aushubböden verwendbar ist, insbesondere dann, wenn sie sich nach erfolgter Vorlockerung durch Baggern oder Fräsen mit den o. e. Zusätzen vermischen lassen. Bei Leitungstrassen unter befestigten Verkehrsflächen werden nicht nur die angeschnittenen Erdschichten durchmischt, auch Festgesteine aus Frostschutzschichten und Schottertragschichten kommen mit hinzu. Die für die Leitungszone übliche Größtkornbegrenzung auf 20 mm könnte künftig gelockert

werden, weil kantige und plattige Festpartikel von den Feinstbestandteilen des Boden-Mörtels eingehüllt und dort fixiert werden.

Bei natürlichen Aushubböden kann ohne weiteres vorausgesetzt werden, daß diese nicht kontaminiert sind und mit dem Rohrwerkstoff verträglich sind. Ist für ein Leitungsbauvorhaben Bodenaustausch vorgeschrieben, ließe sich der Umfang der Abfallvermeidung vergrößern, wenn auch in der Verfüllzone Boden-Mörtel eingesetzt wird.

Die mit dem Boden-Mörtel bewirkte Abfallvermeidung ist nicht nur umweltfreundlich, sondern auch noch kostengünstig, weil sich die Material-, Transport- und Deponiekosten verringern, ferner fallen für den lagenweisen Einbau und die Verdichtung keine Kosten an.

7.2 Verwertung von Recycling-Baustoffen

Durch die Integration von Recycling-Baustoffen in das Boden-Mörtel-Konzept wird gezielt Abfallverwertung betrieben, sofern sich die zunächst in Betracht gezogenen Mischabbruchgranulate als umweltverträglich erweisen und keine aggressiven Angriffe auf die Rohrleitung zu erwarten sind. Als Nachweisverfahren ist die sog. LAGA-Richtlinie [16] zu befolgen, die den Bundesländern als Empfehlung vorliegt. Sie beinhaltet auch einschlägige Untersuchungskonzepte, Bewertungsvorgaben, Hinweise für Verwertungs- bzw. Einbaumöglichkeiten u. ä., wobei sich die Untersuchungen auf Kennwerte, wie elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert sowie Gehalte an Schwermetallen, PAK's, Sulfate u. ä. richten.

Grundsätzlich gelten die für natürliche Böden zu führenden Nachweise auch für RC-Baustoffe. Wie sich herausgestellt hat, lassen sich auch RC-Baustoffe problemlos mit den Plastifikatoren und Stabilisatoren vermischen.

In das Boden-Mörtel-Konzept wird aus der Gruppe der RC-Baustoffe vorerst Mischabbruchgranulat aufgenommen - ein Konglomerat mineralischer Fraktionen von Massivbauteilen aus Beton, Ziegel- und Natursteinmauerwerk, Dachziegeln sowie Kalk- und Zementmörtelputz.

Auch hierfür liegen bisher nur einzelne Eignungsuntersuchungen vor, und die für die Leitungszone übliche Größtkornbegrenzung könnte auch hier gelockert werden. Da sich durch die Verwertung von Mischabbruchgranulat für die Wiederverfüllung der Leitungsgräben gleichfalls die Material-, Transport- und Deponiekosten verringern und bei gleichbleibender Einbauqualität keinerlei Einbau- und Verdichtungskosten anfallen, ist die Anwendung von Boden-Mörtel aus Mischabbruchgranulaten umweltschonend und wirtschaftlich attraktiv.

7.3 Boden-Mörtel statt Bodenaustausch

Bekanntlich ist beim Einbau und der Verdichtung von Böden im Grabenbereich nach ZTVA-StB 89 [8] (Abschn. 1.5 ff.) und der ZTVE-StB 94 [13] (Abschn. 3.13 ff) zu verfahren.

Auf die damit verbundenen technischen und wirtschaftlichen Probleme wurde bereits oben eingegangen. Auch die ZTVA-StB 89 erkennt im Abschnitt 1.5.1 lokale Einbau- und Verdichtungsprobleme in der Leitungszone, vor allem im Zwickel unter Rohren

und empfiehlt, dort Beton, Porenbeton oder Boden-Bindemittel-Gemische einzubringen, letztere stehen dem Boden-Mörtel-Konzept bereits sehr nahe.

Die ZTVE-StB 94 [13] regelt die Verbesserung von wenig tragfähigem Untergrund und Unterbau. Erweist sich der für die Verfüllzone vorgesehene Aushubboden als nicht hinreichend verdichtbar, wird dieser wegen der Setzungsgefahr durch verdichtungswilligen Boden / Baustoff ersetzt. Solche verworfenen Aushubböden werden zu Abfall und verursachen Abfuhr- sowie Deponiekosten, während für den Ersatzbaustoff zusätzlich Material- und Transportkosten entstehen. Dagegen bietet das Verfahren sich an, den verworfene Aushub zu Boden-Mörtel aufzubereiten, was zu folgenden Effekten führt: Abfall wird vermieden, Kosten werden gespart und die Einbauqualität wird sichergestellt.

Wie die bisherigen Versuchsbaustellen belegen, füllt der Boden-Mörtel solche Problembereiche satt aus und während der Restabilisierung entwickelt sich im Leitungsgraben ohne äußere Einwirkung eine bodenähnliche Verformungsfestigkeit. Boden-Mörtel garantiert die Einbauqualität, verringert die Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen, so daß auch bei der Gütekontrolle Kosten eingespart werden.

7.4 Schmalere Gräben auch bei formschlüssigen Rohrverbindungen

Da Boden-Mörtel weder lagenweise eingebaut noch verdichtet werden muß, kann der für den Einbau und die Verdichtung erforderliche Abstand zwischen Rohraußenwand und Grabeninnenwand grundsätzlich entfallen, nur der für das Herstellen der Rohrverbindung im Graben erforderliche Arbeitsraum muß bereitgestellt werden und da dieser geringer als bei konventionellem Einbau und Verdichtung ist (Tabelle 1), ergeben sich geringere Grabenbreiten, d. h.: geringere Bodenbewegungen sowie weniger Aufbruch- und Wiederherstellungsarbeiten für Straßenbefestigungen.

Abmessungen der Leitungszone			
DN	Höhe [mm]	Grabenbreite [mm]	Querschnittsfläche [m ²]
40	240	350	0,08
65	265	350	0,09
80	280	400	0,11
100	300	400	0,12
125	325	450	0,15
150	350	450	0,16
200	400	500	0,20

Tabelle 1: Vorschlag für die Grabengeometrie mit reduziertem Arbeitsraum und Einzelrohrverlegung - Fall: Nicht verbauter Graben mit senkrechten Wänden, Regelverlegetiefe bis 1,25 m

7.5 Grabenprofil-Minimierung bei Strangverlegung

Die Vormontage der Rohrstränge außerhalb des Grabens erlaubt noch weiterreichendere Einsparungen, da hierbei der Leitungsgraben nicht mehr betreten werden muß. Je mehr die Grabenbreite verringert wird, um so höher ist der Einspareffekt.

Beim Absenken der Rohrleitung muß in geeigneter Weise der Sohl- und Seitenabstand sichergestellt werden. Hierfür haben sich bisher u. a. in Abständen angeordneten Schaumstoffteile, Sandsäcke bzw. übliche Abstandshalter bewährt. Ferner ist die Leitung beim Einfüllen des Boden-Mörtels gegen Auftrieb zu schützen.

Ob im Einzelfall eine Auftriebssicherung erforderlich ist, hängt von den jeweiligen Abmessungen und dem Rohrwerkstoffes ab. Sandsäcke als Ballast genügen den Anforderungen wie auch Belastungsbänke aus abgebundenem Boden-Mörtel, welcher vor dem Verfüllen der Leitungszone in definierten Längenabständen aufgebracht werden muß.

7.6 Abschätzung der wirtschaftlichen Effekte

Noch reichen die praktischen Erfahrungen mit Boden-Mörtel im Leitungsbau nicht für belegbare wirtschaftliche Aussagen aus. Daß der Boden-Mörtel-Einsatz im Leitungsbau zu erheblichen Einsparungen führt, soll an folgenden plausiblen Sachverhalten gezeigt werden [18]:

- Die Grabenbreite läßt sich erheblich bzw. extrem (Strangverlegung) verringern, damit reduzieren sich:
 - die Fläche für das Aufnehmen und Wiederherstellen des Straßenoberbaues,
 - die Volumina von Aushub für die Deponierung des verdrängten Bodens, der Wiederverfüllung und des Bodenaustausches / Deponierung (sofern verlangt).
- Der lagenweise Einbau und die Verdichtung in der Leitungs- und Verfüllzone entfallen.
- Die Materialkosten für das Einbaumaterial in die Leitungs- und Verfüllzone liegen wesentlich höher als die für den anstehenden Aushub bzw. RC-Material.

Dem stehen Mehrkosten entgegen für:

- die Zusätze des Bodenmörtels, welche volumetrisch etwa 5 % des Grundmaterials betragen und monetär nicht ins Gewicht fallen,
- die Herstellkosten, die sich an den Preisen von Betonmörtel orientieren und
- die Kostenunterschiede für das Anfahren des Bodenmörtels, sofern Werksfertigung vorliegt.

Es gilt als sicher, daß Boden-Mörtel zwischen 50 und 75 DM/m³ bei fallender Tendenz angeboten werden kann.

Die Aussagen lassen sich an den bisherigen praktischen Anwendungsfällen belegen. Durchgerechnete Fallbeispiele haben gezeigt, daß sich bei der Boden-Mörtel-Anwendung die anteiligen Straßen- und Tiefbaukosten im Leitungsbau um etwa 35 % senken lassen. Hinzukommt, daß keine Gewährleistungskosten für setzungsbedingte Schädigungen der Straßenbefestigungen mehr anfallen.

7.7 Weitere Anwendungsfelder für Boden-Mörtel

Das gesamte Anwendungsfeld für den Boden-Mörtel im Tief- und Straßenbau ist derzeit noch nicht erschlossen. Boden-Mörtel ist technisch-wirtschaftlich nützlich, wo beengte Platzverhältnisse den Einbau und die Verdichtung von ungebundenen Lockergesteinen behindern, vor allem dann, wenn hohe Ansprüche an die Verdichtung zu erfüllen sind, wie als Untergrund für Verkehrsflächen u. ä. Auch Bauwerkshinterfüllungen, Auffüllungen und Überschüttungen gehören hierzu wie auch Abschwemmsperren bei stark geneigten Leitungstrassen, Eindichten von Schächten in Ver- und Entsorgungsnetzen, Verfestigung locker gelagerter Sande, Anwendung von Trenn- und Dichtungsschichten in der Deponie- und Umwelttechnik usw.

8. Zur Markteinführung

Bei der Einführung des Boden-Mörtels wird dem Marktprinzip der Auftragsforschung gefolgt, d. h. vor Aufnahme der eigentlichen Forschung und Entwicklung werden die Nachfrage abgeklärt und die Wünsche des Marktes erfaßt. Solche Prozesse laufen folglich nicht konsekutiv, sondern eher simultan-vernetzt ab und das geschlossene Einführungskonzept steht noch aus.

Gegenwärtig werden die Verbände, Versorgungsträger, Ingenieurbüros über Versuchsbaustellen, Ausstellungen, Vorträge, Videobänder, Demonstrationen, Veröffentlichungen u. ä informiert, gleichzeitig aber auch die Integration dieses neuartigen Baustoffes in das geltende Vorschriften- und Regelwerk eingeleitet und somit die Markteinführung befördert.

Die Markteinführung wird aber auch durch Ausschreibungen oder Nebenangebote gefördert.

9. Versuchsstrecken

Die bisherigen Erkenntnisse und Erfahrungen stützen sich im wesentlichen auf den Bau von fünf Versuchsstrecken, die kurzgefaßt dargestellt werden sollen.

9.1 Versuchsstrecke im Fernwärmenetz der Stadtwerke Weimar, Lütendorfer Straße (Feldversuch IV - Nebeneinanderverlegung)

Hergestellt am: 08.08.1996. Fernwärmetrasse bestehend aus einer Kunststoffmantelrohrleitung 2 x DN 150, Länge: 150 m, Grundmaterial Mischabbruchgranulat, Herstellung dreistufig:

1. Dosieren und Mischen der Komponenten Grundmaterial und Stabilisator im Zwangsmischer (Betonwerk),
2. Herstellen der Suspension im Turbomischer,
3. Mischen Grundmaterial, Stabilisator und Suspension im Trommelfahrmischer; Sicherung des Sohlabstandes mittels Sandsäcke, Einbau zweistufig: 1. Auftriebsicherung durch Belastungsbänke aus Boden-Mörtel, 2. Einbau Boden-Mörtel in Leitungszone (Bild 1); in der Verfüllzone: Einbau von Aushubboden, Wiederherstellen der Pflasterung.



Bild 1: Feldversuch Stadtwerke Weimar, Lützendorfer Str., Einbau von Boden-Mörtel in die Leitungszone einer Fernwärmeleitung KMR 2 x DN 150 in Nebeneinanderverlegung

- 1. Kontrollgrabung am 02.09.1996, Liegedauer etwa 1 Monat, Befunde: Boden-Mörtel erdfeucht und spatenlösbar.
- 2. Kontrollgrabung am 29.05.1997, Liegedauer etwa 9 Monate, Befunde: Boden-Mörtel erdfeucht und spatenlösbar, Verformungsmodul nach statischem Plattendruckversuch $E_{V2} = 99,367 \text{ MN/m}^2$.

9.2 Versuchsstrecke im Transportnetz der Gasversorgung Thüringen Erfurt, Tonndorf

Hergestellt am: 06.05.1997, Rohrmaterial HDPE, $D_a=110 \text{ mm}$, Länge: 210 m, Grabenprofil siehe Bild 2.

Zwei Grundmaterialien wurden eingesetzt:

1. Gefräster bindiger Aushubboden mit Gesteinseinschlüssen aus der Schottertragschicht nach Absiebung, Größtkorn 40 mm,
2. Mischabbruchgranulat 0 - 8 mm; zwei Varianten für das Herstellen; die Suspension wurde beige stellt.
 1. Dosieren, Mischen und Einbauen mit Schlämmemaschine (Bild 3) und
 2. 8 m³-Trommelfahrmischer; Sicherung Sohlabstand mittels Abstandhalter;

Auftriebsicherung durch Sandsäcke; Einbau Boden-Mörtel jeweils zweistufig:

1. Einfüllen Boden-Mörtel in die Leitungszone,
2. Einbau von Boden-Mörtel in die Verfüllzone; Wiederherstellen sandgeschlämmte Schotterdecke,

Kontrollmessungen, dynamische Plattendruckversuche (Leichtes Fallgewichtsgerät)
Verformungsmoduln an zwei Meßstellen vor dem Versuchsbau:

$$E_{V2} = 56,7 \text{ MN/m}^2; E_{V2} = 43,0 \text{ MN/m}^2.$$

Verformungsmoduln an zwei Meßstellen nach dem Versuchsbau, Liegedauer 15 Tage:

$$E_{V2} = 118,4 \text{ MN/m}^2; E_{V2} = 64,2 \text{ MN/m}^2$$

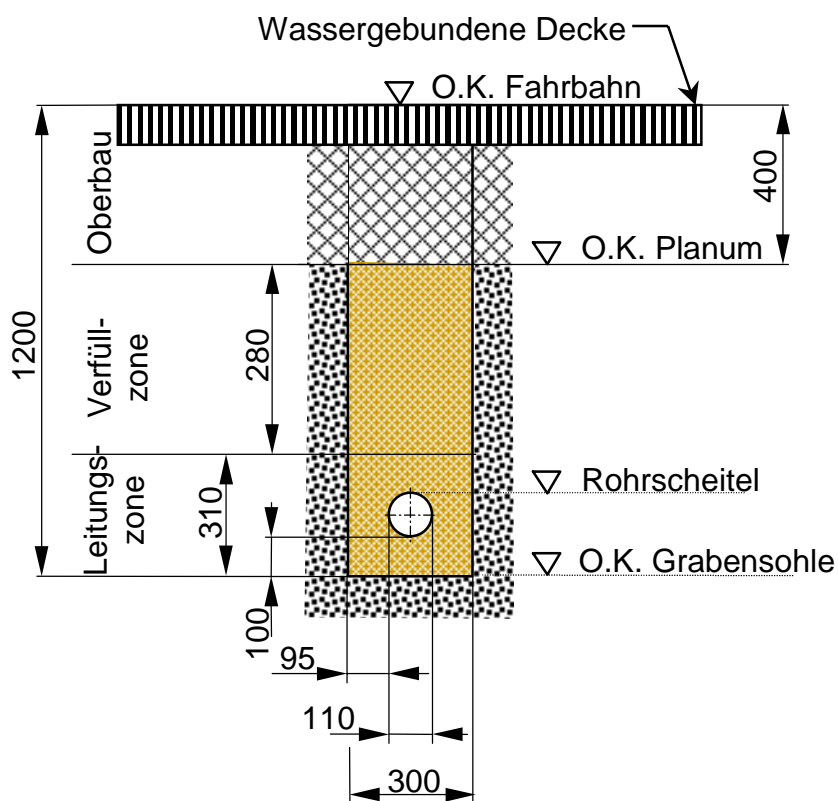


Bild 2: Feldversuch Tonndorf, Gasversorgung Thüringen, gefrästes Grabenprofil



Bild 3: Feldversuch Tonndorf, Gasversorgung Thüringen, Herstellung und Einbau von Boden-Mörtel mit einer Schlammemaschine

9.3 Versuchsstrecke im Fernwärmenetz der Stadtwerke Weimar, Lützendorfer Straße (Feldversuch V-Übereinanderverlegung)

Hergestellt im August 1997. Fernwärmetrasse bestehend aus einer Kunststoffmantelrohrleitung 2 x DN 150, Länge 175 m, Grundmaterial gewaschener Betonsand 0-2, Herstellung des Boden-Mörtels dreistufig wie unter 9.1:

In Abänderung Herstellen der Suspension mit einem Kolloidalmischer, Herstellung eines von DIN 4124 abweichenden schmalen Leitungsgraben, Breite 0,4 m (siehe Bild 4),

Zusammenfügen der Vor- und Rücklaufleitung neben dem Graben,

Ablegen der Rücklaufleitung im Strangverfahren auf Steroporunterlagen zur Sicherung des Sohlabstandes,

Positionieren spezieller Abstandshalter zwischen Vor- und Rücklaufleitung entlang der abgelegten Rücklaufleitung, Abstand zwischen den Rohren 0,2 m,

Ablegen der Vorlaufleitung im Strangverfahren auf die Abstandshalter,

Einbau des Boden-Mörtels zweistufig:

1. Auftriebsicherung durch Belastungsbänke aus Boden-Mörtel mit einer dafür eingestellten Konsistenz,

2. Einbau Boden-Mörtel in Leitungszone;

In der Verfüllzone: Einbau von Aushubboden,

Wiederherstellen der Pflasterung.

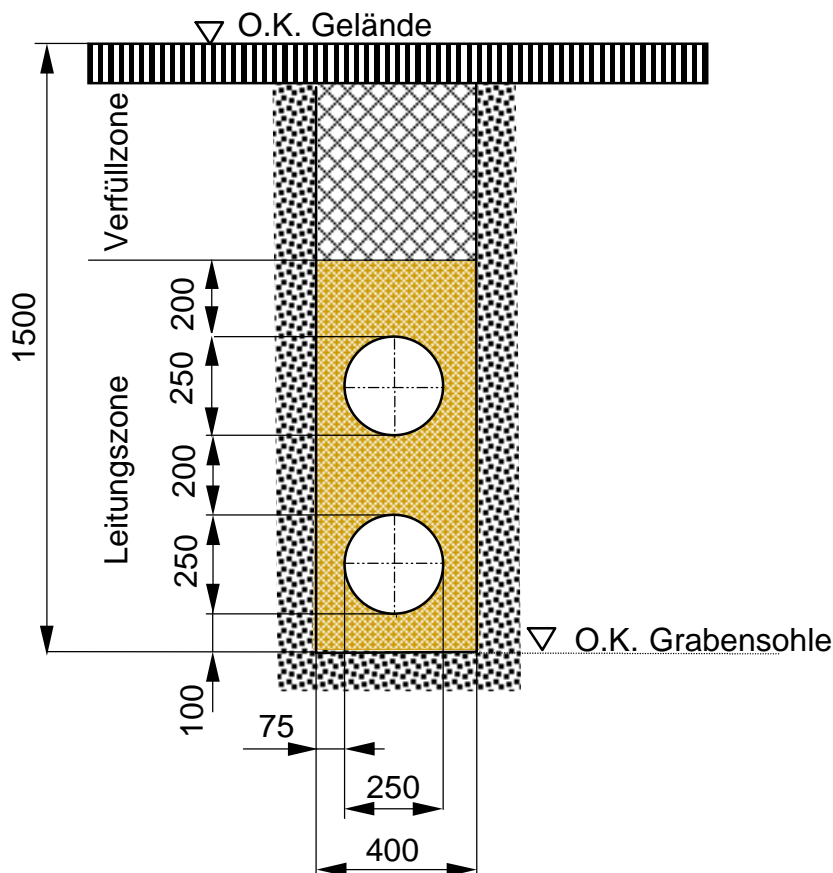


Bild 4: Feldversuch Stadtwerke Weimar, Lützendorfer Str., Einbau von Boden-Mörtel in die Leitungszone einer Fernwärmeleitung KMR 2 x DN 150 in Übereinanderverlegung

9.4 Verfüllung von Leitungsgräben im Bereich von erschütterungs-sensiblen, denkmalgeschützten Gebäuden, Baumaßnahme Komplexsanierung Gera Markt

Hergestellt im September und Oktober 1997, Leitungsgräben mit Wasser-, Abwasser-, Gas- und diversen kreuzenden Leitungen, Verfüllvolumen: Haupttrasse 160 m³, Hausanschlüsse 40 m³, Grundmaterial: Betonsand 0-2 mm, Herstellung: mehrlagig je nach Bauablauf, erreichter Arbeitsradius eines Trommelfahrmischers 15 m Verteilentfernung (ohne Hilfsmittel) , erreichte maximale Grabenverfülleistung: 40 m³ pro Stunde, eingesetzte Arbeitskräfte: jeweiliger Mischerfahrer

Bodenmörtelherstellung:

1. Herstellen des Plastifikators im Fertigbetonwerk auf Vorrat
2. Dosieren und Mischen von Grundmaterial und Stabilisator im Zwangsmischer des Betonwerkes
3. Dosieren des Plastifikators und Mischen aller Bestandteile in Trommelfahrmischer
4. Transport zum Einbauort

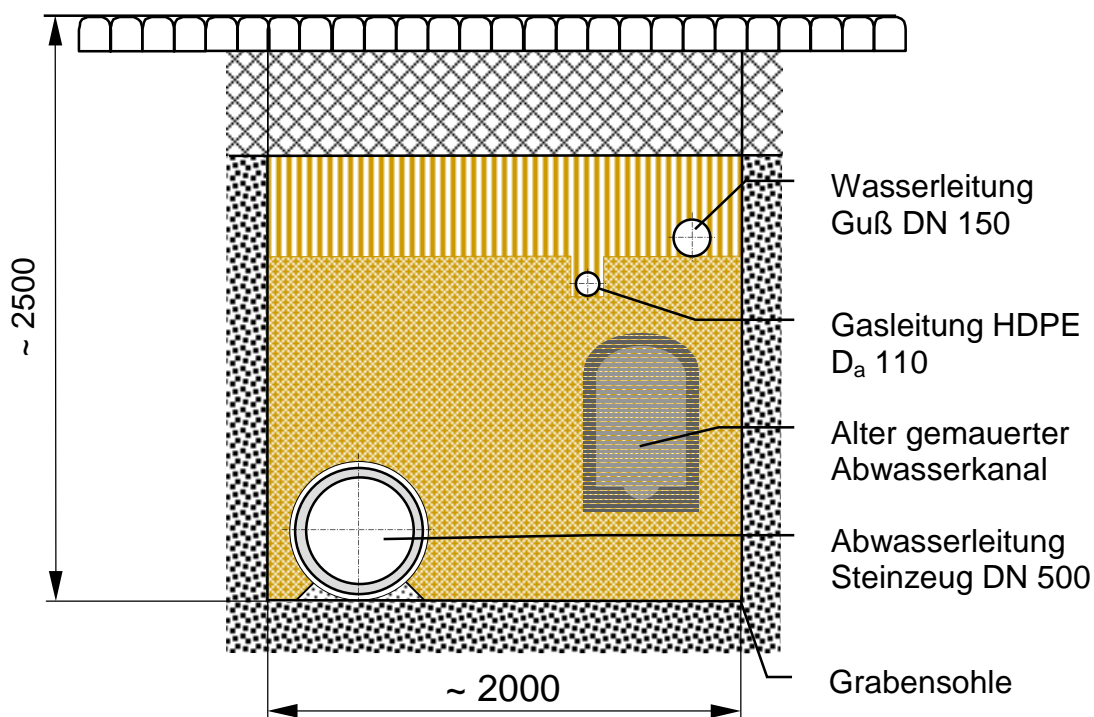


Bild 5: Grabenquerschnitt Komplexsanierung Gera Markt

Beispielhafter Arbeitsablauf an der Einbaustelle (siehe Bild 5):

5. Grabenaushub und Abbruch des alten Leitungsbestandes
6. Neuverlegung des Abwassersammlers (Steinzeug DN 500, auf 90° Magerbetonsohle, Grabensohle – 2,5 m) incl. der Abzweige für Hausanschlüsse und Straßenentwässerung, teilweise Verlegung der HA- Leitungen

7. Lage- und Auftriebssicherung mit Belastungsbänken aus plastischem Bodenmörtel 3 Stunden vor Einbau der Hauptmenge
8. Grabenverfüllung bis UK Wasserleitung (- 1,3 m), Verfüllleistung 40 m³ pro Stunde mit 1 AK
9. Verlegung Wasserleitung (duktiler Guß DN 150)
10. Aufgrabung der Trasse der Gasleitung (UK Rohr – 1,6 m)
11. Verlegung Gasleitung (HDPE D_a= 110)
12. Lage- und Auftriebssicherung mit Belastungsbänken aus plastischem Bodenmörtel 3 Stunden vor Einbau der Hauptmenge
13. Verfüllung des entstandenen Stufengrabens mit Bodenmörtel bis UK Straßenkonstruktion (-0,7 m)
14. Aufgrabung und Herstellung der jeweiligen HA- Leitungen
15. Verfüllung der HA- Gräben

9.5 Versuchsstrecke Weißensee – Verfüllung des Leitungsgrabens einer Starkstromtrasse mit Boden-Mörtel

Hergestellt im November 1997, Leitungsgraben für eine 20kV Starkstromtrasse, Verfüllvolumen 32 m³ Boden-Mörtel , Grundmaterial: gewaschener Betonsand 0-2 mm, Herstellung: mehrlagig zum Einlegen von Kabelabdeckfolie und Trassenwarnband, eingesetzte Arbeitskräfte: jeweiliger Mischerfahrer

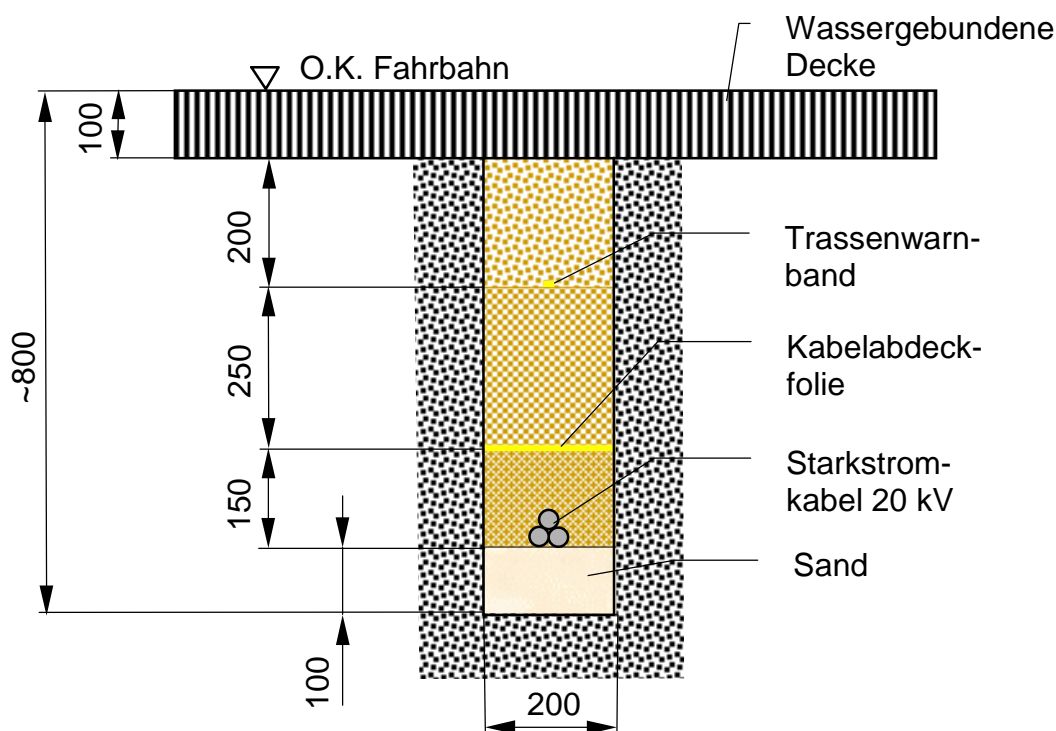


Bild 6: Querschnitt durch den Leitungsgraben der Versuchsstrecke Weißensee

Bodenmörtelherstellung:

1. Herstellen des Plastifikators im Fertigbetonwerk auf Vorrat
2. Dosieren und Mischen von Grundmaterial und Stabilisator im Zwangsmischer des Betonwerkes

3. Dosieren des Plastifikators und Mischen aller Bestandteile in Trommelfahrmischer
4. Transport zum Einbauort

Arbeitsablauf an der Einbaustelle (siehe Bild 7):

5. Grabenaushub entlang der alten Stadtbefestigung mit einem Minibagger, Arbeitsbreite des Tieflöffels 20 mm, Trassenlänge 260 m
6. Einbau einer Grabensohle aus Sand, ca. 100 mm stark
7. Verlegung von 3 Starkstromkabeln im Verbund
8. Mehrlagige Grabenverfüllung aus den Transportmischfahrzeugen mit Hilfe einer Rutschenverlängerung oder direkt aus den Fahrzeugen (siehe Bild 6), Verfüllmenge 32 m³
9. Verüllen bis Geländeoberkante mit Kalksteinschotter



Bild 7: Leitungsgaben und vorbereiteter Verbund aus drei Starkstromkabel vor dem Ablegen auf die Grabensohle aus Sand

9.6 Versuchsstrecke Chemnitz – Verfüllung des Leitungsgabens einer Gastrasse mit Boden-Mörtel

Hergestellt am: 14.05.1998, Rohrmaterial HDPE, $D_a=180$ mm, Länge: 185 m, Grabenprofil (siehe Bild 8), Verfüllvolumen 46,5 m³ Boden-Mörtel , Grundmaterial: gewaschener Betonsand 0-2 mm, Bodenmörtelherstellung:

1. Herstellen des Plastifikators im Fertigbetonwerk auf Vorrat
2. Dosieren und Mischen von Grundmaterial und Stabilisator im Zwangsmischer des Betonwerkes
3. Dosieren des Plastifikators und Mischen aller Bestandteile in Trommelfahrmischer
4. Transport zum Einbauort

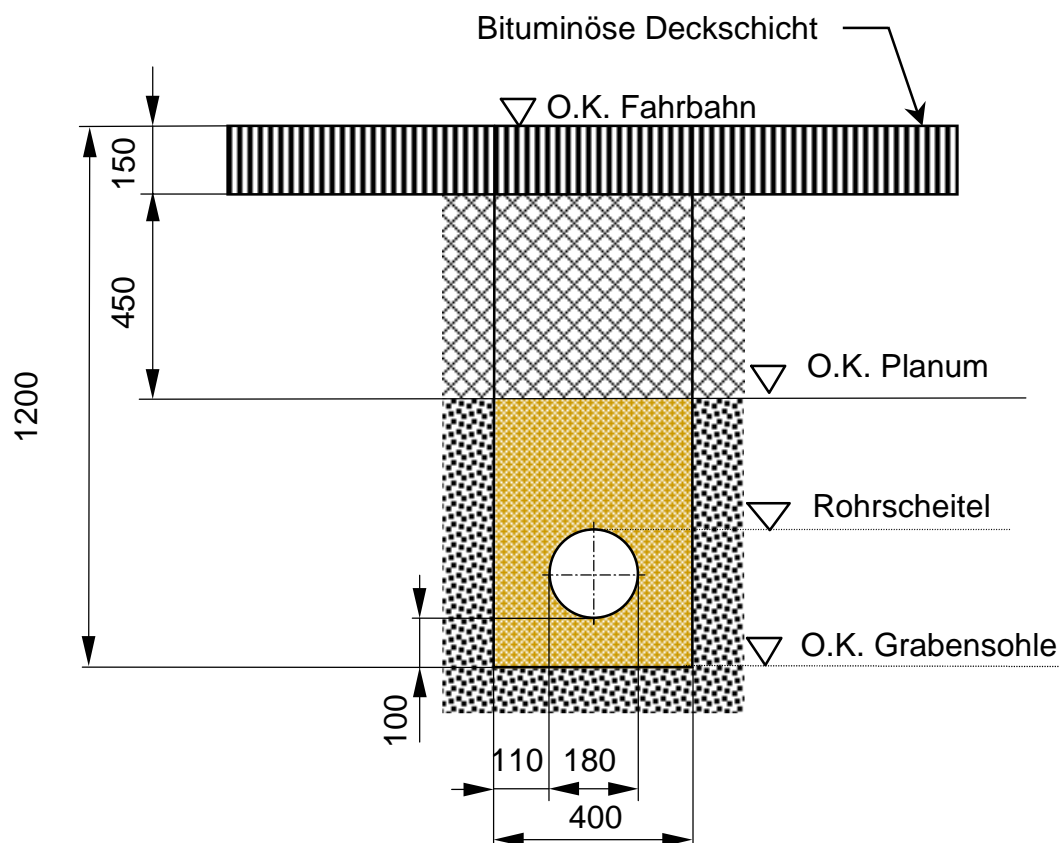


Bild 8: Querschnitt durch einen mit Boden-Mörtel verfüllten Leitungsgraben für eine Gasleitung D_a 180

Arbeitsablauf an der Einbaustelle:

1. Grabenaushub mit einem Bagger, Arbeitsbreite des Tieflöffels 30 mm, Trassenlänge 185 m
2. Einbau von Abstandshaltern, ca. 100 mm stark
3. Verlegung der PE-HD-Gasleitung
4. Setzen von Belastungsbänken aus Boden-Mörtel, Abstand ca. 4 – 5 m (siehe Bild 9)
5. Verstärken der Belastungsbänke bis auf Sollhöhe von 0,6 m unter BOK
6. Mehrlagige Grabenverfüllung aus den Transportmischfahrzeugen mit Hilfe einer Rutschenverlängerung (siehe Bild 10)
7. Aufbau der Straßenkonstruktion



Bild 9: Setzen von Belastungsbänken zur Verhinderung des Rohrauftriebs



Bild 10: Verfüllen der Leitungszone mit Boden-Mörtel

Die Versuchsstrecken haben die Erwartungen erfüllt und gezeigt, daß Boden-Mörtel weitgehend mit gebräuchlichen Anlagen und Maschinen der Beton- und Straßenbautechnik hergestellt und eingebaut werden kann. Die Wirtschaftlichkeit der Boden-Mörtel-Anwendung im Leitungsbau hat sich bestätigt.

10. Literatur

- [1] Werner, D.: Fließfähig und verdichtungslos ..., bi-Umweltschutz, 1997, H2, S. 50-52
- [2] Fleckner, H.: Abstandsregelung – Mindestabstände - Verlegetiefen – und ihre wirtschaftlichen Folgen. 1. Bregenzer Rohrleitungstage mit Fachausstellung 1996, Vortragsmaterial, 10 S.
- [3] Zeller, A.: Entwicklungen beim Verfüllen von kleinen Baugruben und Rohrgräben, 3R International, 34(1995), Heft 1 /2, S. 22-28
- [4] Zeller, A.: Baustellengerechte Verdichtungsnachweise für Leitungsgräben, Ergebnisse und Umsetzung des DVGW-Forschungsvorhabens, Wasser Berlin 97, 2. Internationales Rohrleitungsbausymposium, Referate, S. 86-109
- [5] Graab K.-J.: Aufbereitung und Wiederverwendung von Aushubmaterial, DVGW-Informationsveranstaltung „Mitbenutzen von Verkehrswegen“, 15./16.10.1996 in Hannover, 19 S.
- [6] Technische Lieferbedingungen für Recycling-Baustoffe in Tragschichten ohne Bindemittel (TL-RC-ToB), Herausgeber: Forschungsgemeinschaft für Straßen- und Verkehrswesen 1995
- [7] Patent DD 259 393: „Verfahren zum Verfestigen von mineralischen Lockergesteinen und ähnlich gearteten technischen Anfallstoffen“
- [8] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen. ZTVA-StB 89, Ausgabe 1989, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrsbau
- [9] DIN 18134: Plattendruckversuch, Ausgabe Januar 1993
- [10] Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und –leitungen, 2. Auflage 1988, ATV-Arbeitsblatt A127
- [11] DIN 18196: Erd- und Grundbau - Bodenklassifizierung für bautechnische Zwecke, Ausgabe Oktober 1988
- [12] Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau, TP BF-StB, Teil B 11.1: Eignungsprüfungen bei Bodenverfestigungen mit Zement, Ausgabe 1986, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
- [13] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau. ZTVE-StB 94, Ausgabe 1994, Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Straßenbau
- [14] Grabner, H.: Erkenntnisse und Entwicklungen bei der Grabenfrästechnik im Gasrohrleitungsbau, ROHRBAU-Mitteilungen 1/96, S. 43-47, Herausg. Forschungsinstitut für Tief- und Rohrleitungsbau Weimar e. V. 1996
- [15] Hartmann, A.: Einfräsen von Leitungen am Beispiel zweier Wohngebiete, Wasser Berlin 97, 2. Internationales Rohrleitungsbausymposium, Referate, S. 111-119
- [16] Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW/AbfG) vom 27.09.1994
- [17] „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen“ (LAGA-Richtlinie). Technische Regel der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall
- [18] Werner, D., Henning, O.: Schmalere Leitungsgräben durch verdichtungslose Rohrbettung und –verfüllung – ein neuer wirtschaftlicher Lösungsansatz. ROHRBAU-Mitteilungen 1/97, S. 33-41, Herausg. Forschungsinstitut für Tief- und Rohrleitungsbau Weimar e. V. 1997