



Ingenieurbüro LOGIC
Logistic Engineering GmbH
Wurzner Straße 139
04318 Leipzig
Tel: 0341-244 69-0
Fax: 0341-244 69-32
info@logic-engineering.de
www.logic-engineering.com

Hochspannungsleitungen im Erdreich Problemlösung durch thermisch stabilisierenden RSS-Flüssigboden TS

Leipzig/Oldenburg. Im Februar 2020 fand das 34. Oldenburger Rohrleitungsforum statt. Längst ist diese Veranstaltung zu einem Pflichttermin im Kalender all jener geworden, die sich beruflich mit Rohrleitungen oder auch Kabeln beschäftigen. Gleichgültig ob Hersteller von Rohren oder Bauunternehmen mit verschiedenster Bautechnik – in Oldenburg findet der Fachmann nahezu alles, was zurzeit am Markt verfügbar ist.

Ergänzt wurde die Fachausstellung mit zahlreichen Fachvorträgen. Der Schwerpunkt war vom Leitthema geprägt, das im Jahr 2020 mit „Rohre und Kabel – Leitungen für eine moderne Infrastruktur“ erstmals in der nun schon dreieinhalb Jahrzehnte alten Geschichte des IRO den Begriff „Kabel“ an exponierter Stelle – nämlich im Titel – führt. Rohrleitungsbau und Kabelleitungsbau sind Schwestern im Tiefbau – dies sollte hier deutlich werden. Beide Bereiche haben erhebliche Berührungsflächen und greifen auf teils gleiche und meist mindestens ähnliche Verfahren zurück.

Unter den Referenten war auch Olaf Stolzenburg – Leiter des Forschungsinstitut für Flüssigboden (FiFB) Leipzig – er informierte die interessierten Besucher zum Thema „Neue und weiterentwickelte Möglichkeiten bei der Nutzung von Flüssigboden unter besonderer Sicht auf den Kabelleitungsbau“. Das Herzstück seiner Ausführungen war alles rund um den Einsatz von thermisch stabilisierendem RSS-Flüssigboden TS, der den Einbau von Hochspannungsleitungen im Erdreich revolutioniert. Denn er macht fast alle Böden für diesen Zweck nutzbar, ermöglicht schmalere Trassen und damit oft einen viel einfacheren Trassenverlauf mit weniger Flächenverbrauch und ein Bauen in einer anwohnerfreundlichen Art und Weise.

Was ist und was kann RSS-Flüssigboden?

RSS-Flüssigboden ist ein Verfüllmaterial, das auf der Grundlage eines Verfahrens hergestellt wurde, das vor über 23 Jahren durch das jetzige Forschungsinstitut für Flüssigboden (FiFB) aus Leipzig entwickelt wurde. Im Rahmen eines damaligen Forschungsprojektes, das sich mit Lösungen von Infrastrukturproblemen auf der Grundlage komplexer Leitungstrassen beschäftigte, die den gemeinsamen Bau von Regenwasser, Schmutzwasser und sonstigen Versorgungsleitungen betrafen, erhielt das Ergebnis dieser Verfahrensentwicklung die Bezeichnung RSS-Flüssigbodenverfahren.

Dieses damals neue Verfahren löste eine Reihe von Problemen des klassischen Kanal- und Leitungsbaus. Deshalb gab es auch schnell Nachnutzer des Begriffes „Flüssigboden“, deren Angebote allerdings nichts mit Flüssigboden im Sinne der Vermeidung von mörtel- oder betonartigen Strukturen oder gar der Erhaltung bodentypischer Eigenschaften zu tun hatten. Zur Vermeidung der zunehmenden Anzahl von Bauschäden durch die mitunter sogar wohl gar gezielt irreführende Verwendung des Begriffes „Flüssigboden“, gründeten primär Auftraggeber und Planer im Jahre 2008 die RAL Gütergemeinschaft Flüssigboden e. V. Deren erklärtes



Forschungsinstitut für Flüssigboden GmbH
Wurzner Straße 139
04318 Leipzig
Tel: 0341-24469 11
Fax: 03423-73424 74
info@fi-fb.de
www.fi-fb.de

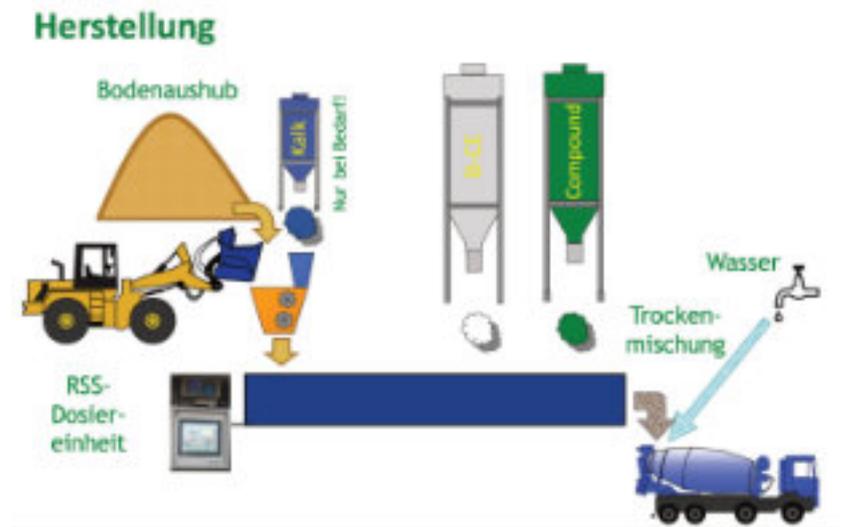
Ansprechpartner f.d. Presse:
Ing. Andreas Bechert
Pressesprecher des FiFB Leipzig
Tel: 0151-24 13 55 02
andreas.bechert@googmail.com



Das FiFB Leipzig ist durch die RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden seit 2009 berufene Prüfstelle für Flüssigboden entsprechend RAL GZ 507.

Ziel wurde es, transparente Maßstäbe der Gütesicherung als Hilfsmittel zur sicheren Vermeidung von Bau-schäden zu erarbeiten und verfügbar zu machen.

In der Praxis sieht das so aus, dass der Bodenaushub nicht zur Deponie geschafft werden muss, sondern in Form von RSS-Flüssigboden wieder in den Kanal gefüllt werden kann. RSS-Flüssigboden ist zeitweise fließfähig und kurze Zeit später in einer Form rückverfestigt, die mit konsolidiertem Boden verglichen werden kann (das erspart die Rüttelplatte) – er kann zu jeder Zeit wieder mechanisch gelöst werden, vergleichbar mit dem jeweiligen Umgebungsboden. Die Aufbereitung des Bodenaushubes zu Flüssigboden erfolgt in zentralen Flüssigboden-Anlagen oder mit kompakten FB-Anlagen – unterschiedlicher Größe und kompletter Überwachung und Aufzeichnung des gesamten Herstellprozesses – meist direkt auf der Baustelle. Das Ziel ist dabei in den meisten Fällen, dass der Flüssigboden nach seiner Rückverfestigung wieder Eigenschaften erreicht, die denen des Umgebungsbodens auf der Baustelle weitestgehend entsprechen.



Darstellung der Flüssigbodenherstellung; hier RSS-Flüssigboden. Grafik: FiFB Leipzig

Die mit RSS-Flüssigboden verfüllten Bereiche reagieren somit in der gleichen Art und Weise wie der umliegende gewachsene Boden u. a. auf Feuchtigkeits-, Last- sowie Temperaturänderungen. Im Bedarfsfall können Eigenschaften wie Volumenkonstanz, Belastbarkeit, das Schwind- und Quellverhalten, die Schwingungsdämpfung, die Dichte, die Wasserdurchlässigkeit, Wärmeleitfähigkeit, Wärmeübergangswiderstände, Reibkräfte, Kohäsion usw. gezielt verändert werden. Da die Rückverfestigung nicht primär von der Wirkung hydraulischer Bindemittel, sondern hauptsächlich von gesteuerter Kohäsion und reaktionskinetischen Einwirkungen als Folge der Verfahrensspezifität abhängt, können noch ganz andere Wirkungen mit Hilfe des RSS-Flüssigbodenverfahrens erzielt werden. Dies war die Basis für die Erfindung des thermisch stabilisierenden RSS-Flüssigboden TS.

Neben dem Aushubboden erfolgt die Herstellung des RSS-Flüssigbodens unter Zugabe von Wasser in Abhängigkeit von der jeweiligen Flüssigbodenrezeptur. Etwa 94 - 96 % der Bestandteile des RSS-Flüssigbodens sind der natürliche Boden samt seiner Bodenfeuchte. Den restlichen Anteil bilden das RSS-Flüssigbodencompound (FBC) und der Beschleuniger (B-CE) und in wenigen Fällen noch weitere, konditionierende Zugabestoffe, die in allen Fällen aber zu einem umweltunbedenklichen RSS-Flüssigboden führen müssen. Dies ist grundsätzlich durch den jeweiligen Rezepturentwickler zu gewährleisten, da er nach RAL Gütezeichen 507 für die korrekte Rezeptur mit den vorgegebenen Zieleigenschaften haftet. Der Produzent des nach einer solchen Rezeptur hergestellten RSS-Flüssigbodens haftet für die korrekte Umsetzung der vorgegebenen Rezeptur oder Rezepturmatrix (bei wechselnden Böden) und die dazugehörige Nachweisführung des Herstellprozesses. Dies ist besonders wichtig, denn die Herstellung von RSS-Flüssigboden im Sinne der Anforderungen des RAL Gütezeichen 507 und der Ziele des RSS-Flüssigbodenverfahrens ist kein reiner Mischprozess, da die Gebrauchseigenschaften des rückverfestigten RSS-Flüssigbodens in hohem Maße auch von den reaktionskinetischen Prozessen abhängen, die während der Herstellung erforderlich sind. Die richtige Umsetzung des Herstellprozesses ist daher im Rahmen der Gütesicherung zwingend nachzuweisen. Denn davon ist die

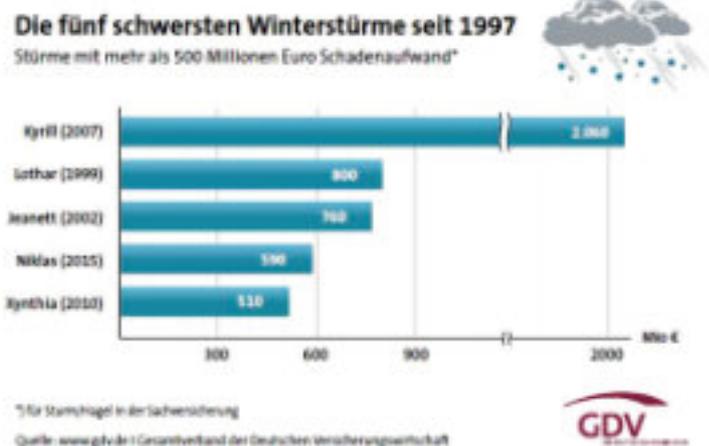
korrekte und damit schadensfreie Funktionalität der jeweiligen Flüssigbodenanwendung abhängig.

Richtigen Flüssigboden im Sinne des RSS-Flüssigbodenverfahrens herzustellen klingt im ersten Moment einfach, doch setzt die Forderung nach mängel- und schadensfreien Baustellen viele fachliche Vorarbeiten voraus, die nur durch eine entsprechende Ausbildung und die nötige technische Ausrüstung risikofrei abgesichert werden können. Das dafür erforderliche Fachwissen betrifft sowohl die Planung samt Fachplanung Flüssigboden, einschließlich der Baugrunderkundung wie auch die bauliche Ausführung. Über den Verfahrensentwickler, das FiFB, steht das nötige Fachwissen für Interessierte zur Verfügung und wird inzwischen auch im Rahmen von Aus- und Weiterbildungen durch das FiFB, im Zusammenwirken mit Partner für die Ausbildung, vermittelt. Die RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e. V. vermittelt dazu als Grundlage das nötige Fachwissen für eine korrekte Gütesicherung des Prozesses von der Herstellung bis zum Einbau des Flüssigbodens. Das erforderliche Fachwissen für die vielen vom FiFB entwickelten Anwendungsmöglichkeiten und die damit verbundenen neuen Techniken und Technologien können interessierte Planer direkt vom Verfahrensentwickler in Leipzig auf dem Wege einer entsprechenden Ausbildung erwerben.

Thermisch stabilisierender RSS-Flüssigboden TS

Nicht erst seit der Energiewende in Deutschland ist das Thema „erdverlegter Kabel“ zum Brennpunkt geworden. Es gibt ebenso viele Befürworter wie Gegner dieser Bauweise. Der Vorteil von Erdkabeln gegenüber länderübergreifender Hochspannungsmasten und -trassen liegt im technologischen Verfahren, aber auch im Schutz vor der Wirkung von Feldern und im weiteren, sicheren Netzbetrieb begründet. Trassen für Hochspannungsmasten verhandeln nicht nur die Umwelt, sondern nehmen ein Menge Platz in Anspruch. Das Mastensystem ist in vielerlei Punkte angreifbar. Die zunehmenden Orkane in den letzten Jahren – wie „Kyrill“ (2008), „Xaver“ (2013 und 2017), „Friederike“ (2018) und „Sabine“ (2020) – haben das deutlich gemacht. Windgeschwindigkeiten von über 120 km/h im Flachland und 150 km/h im Gebirge haben zahlreiche Masten nicht überstanden – punktuell wurden Geschwindigkeiten von über 200 km/h gemessen ... Tendenz und Häufigkeit: steigend! Flächendeckende Stromausfälle waren die Folge und Menschen kamen zu Schaden. Als „weiches Ziel“ könnten Hochspannungsmasten in bestimmten Worst Case Szenarien als potenzielle Angriffsziele subversiver Kräfte dienen, um ganze Landstriche „stromlos“ zu machen und Infrastruktursysteme lahmzulegen. Auch ist die Wartung solcher Anlagen permanent erforderlich und damit vergleichsweise teuer und dies immer auf Kosten der Steuerzahler und Stromkunden. Zudem ist die Trassenrodung eine ernste Gefahr für die Natur und das Tierreich.

Das Sturmtief Kyrill knickte 2007 einen Freileitungsmast bei Magdeburg um. Foto: Olaf2 / WikiCommons, CC BY-SA 3.0



Erdkabel hingegen haben viele Vorteile: finanzielle, materielle, psychologische, gesundheitsschützende und praktische: die Trassen sind schmaler und aufwandsärmer; kein Mast ragt in den Himmel; Unwetter spielen keine Rolle – Mensch, Tier und Natur merken nichts von der Trasse im Untergrund.



Frankfurt-Kelsterbach: Im Auftrag der Amprion GmbH wurde im Jahr 2009 eine 380 kV GIL-Höchststspannungsleitung in RSS-Flüssigboden eingebettet. Foto: FiFB Leipzig

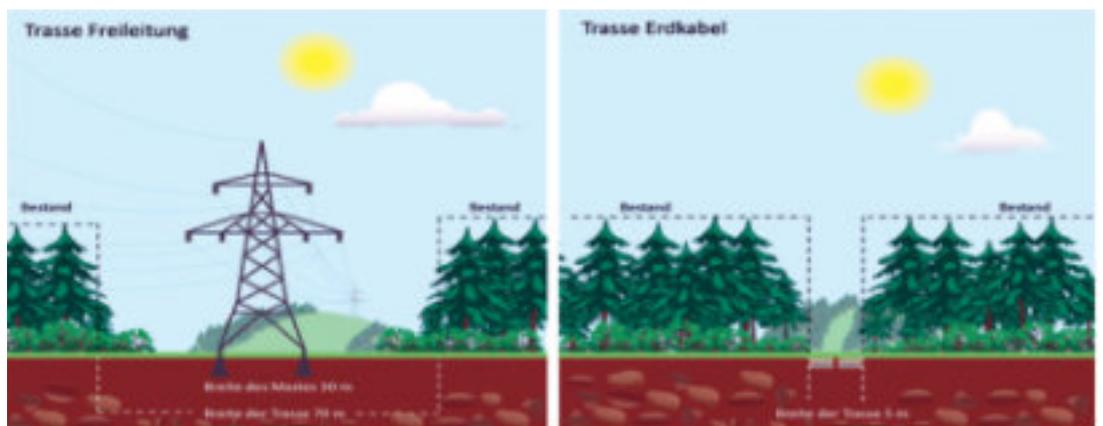


Audorf: Im Auftrag der Tennet TSO GmbH wurden im Jahr 2013 220 kV Erdkabel in Dreiecksverlegung in RSS-Flüssigboden eingebaut. Foto: FiFB Leipzig

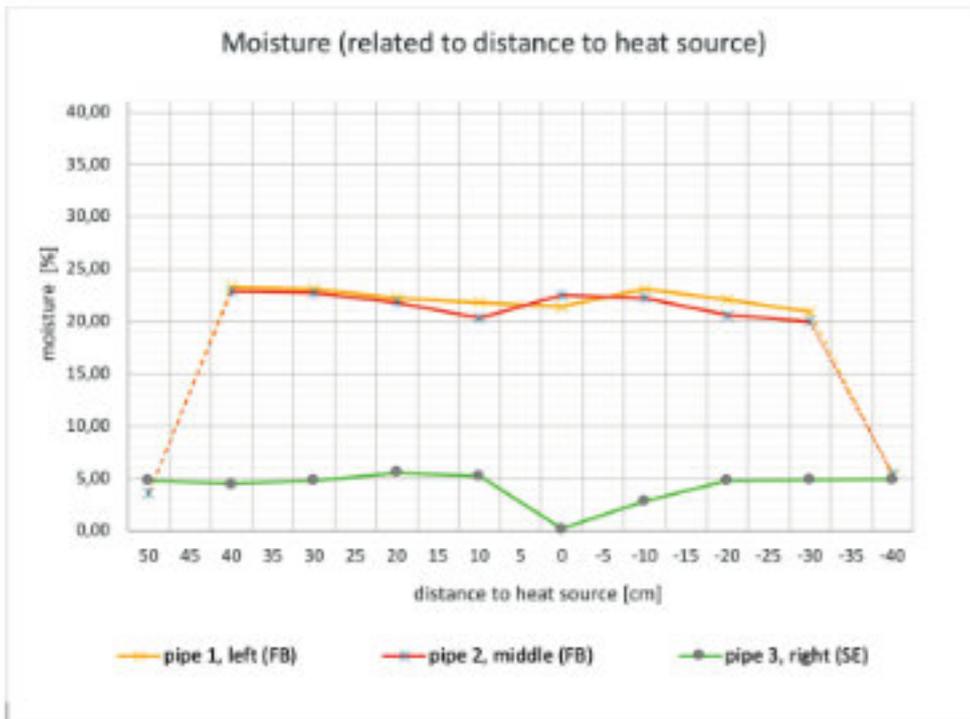
Doch Erdkabel sind im Vergleich mit Überlandkabeln im Prozess der Verlegung aus Sicht der Kritiker teurer und technisch angeblich noch nicht ausgereift. Doch die Herstellungskosten im Sinne der Baukosten hängen von einerseits der Beherrschung neuer Bautechnologien ab, die aber dann auch kompetent geplant werden müssen. Leider muss dieses Fachwissen oft erst noch den verantwortlichen Planern vermittelt werden. Erst bei falschen Bauabläufen explodieren die Kosten. Neben der Technologie gehört aber auch die gezielte Nutzung der Möglichkeiten des Verfahrens, einerseits mit allen üblichen Böden die erforderliche Wärmeableitung sicherstellen zu können und andererseits die Trassen durch eine Dreiecksverlegung statt der platzfressenden Nebeneinanderverlegung schmaler bauen und so den Flächenverbrauch senken zu können. All diese Faktoren führen zu relevanten Reduzierungen des derzeit noch für diese Bauweise genannten Kostenniveaus. Denn neben den Herstellungskosten ist das Problem No. 1 die Wärmeableitung der erdverlegten Stromkabel und die dadurch bedingte Austrocknung des Kabelgrabens sowie der mittelbaren Umgebung der Trasse bei herkömmlicher Bauweise. Thermisch stabilisierender RSS-Flüssigboden TS ist hier eine echte Alternative und die Lösung des Problems.

Trassenbreite: Gegenüber der Freileitung ist die notwendige Trassenbreite bei der Erdkabelverlegung um ein erhebliches geringer. Grafik: FiFB Leipzig

Thermisch stabilisierender RSS-Flüssigboden TS wurde eigens zur Bettung von erdverlegten GIL-Rohren und Erdkabeln für Höchstspannungstrassen entwickelt und in



seiner Funktionalität geprüft und nachgewiesen. Wie jede Art von RSS-Flüssigboden kann für die Herstellung der anstehende Aushubboden im Bereich der Trasse vor Ort genutzt werden und das sogar bei reinem Ton. Je nach Ausgangsmaterial variieren die Eigenschaften, wobei sich diese über die Flüssigbodenrezeptur in bestimmten Grenzen gezielt beeinflussen lassen. Die Besonderheit des thermisch stabilisierenden RSS-Flüssigboden TS besteht darin, dass er die beachtliche Wärme, die im Betrieb erdverlegter Höchstspannungsleiter in Form von Verlustleistung frei wird, dauerhaft und konstant ableitet ohne dabei auszutrocknen und so auch bei hoher elektrischer Last für eine vergleichsweise niedrige Betriebstemperatur der Leiter sorgt. Diese Eigenschaft wurde für den eingebauten Zustand bereits für Leitertemperaturen bis über 90°C nachgewiesen. Durch diese thermische Stabilisierung der Leiter wird auf Grund der abgesenkten Leitertemperatur auch der elektrische Widerstand verringert, was wiederum die anfallende Verlustleistung reduziert.



Nachweis der ausbleibenden Austrocknung auch bei einer 90°C Wärmequelle – denn nicht allein die Wärmeleitfähigkeit Lambda bringt die Wirkung, sondern auch der Wärmeübergangswiderstand zeigt einen deutlichen Einfluss.
Grafiken: FiFB Leipzig

$$[1] \quad \dot{Q} = \lambda \cdot A \cdot \frac{T_1 - T_2}{d}$$

Im Grenzfall $d \rightarrow 0$ liegen die Messpunkte 1 und 2 aufeinander, d.h. es gibt keinen Ringspalt:

$$[2] \quad \frac{T_1 - T_2}{d} \approx \frac{1}{k} \text{ bei } d \rightarrow 0$$

\dot{Q} = Wärmestrom [W] (= Wärmeleistung [W] $\hat{=}$ elektrische Verlustleistung [W])

λ = Wärmeleitfähigkeit [W/ (m K)]

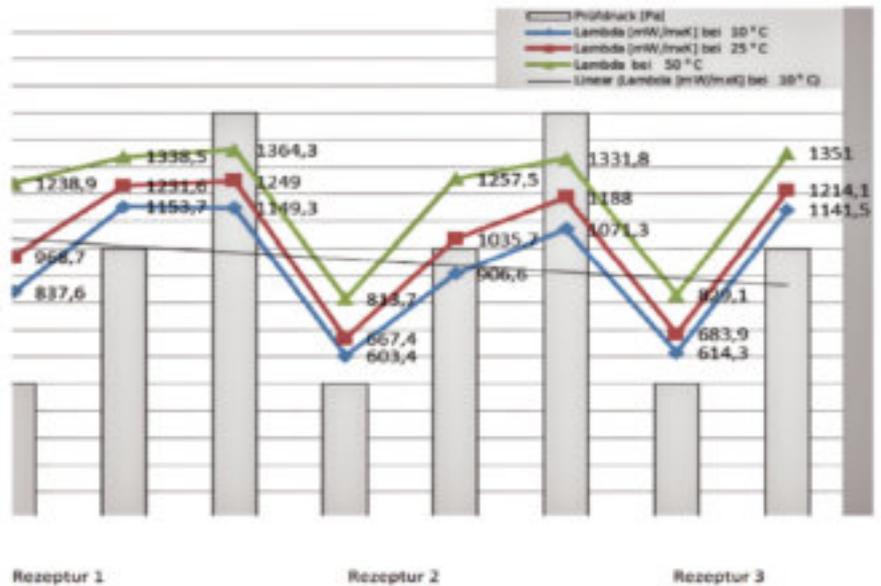
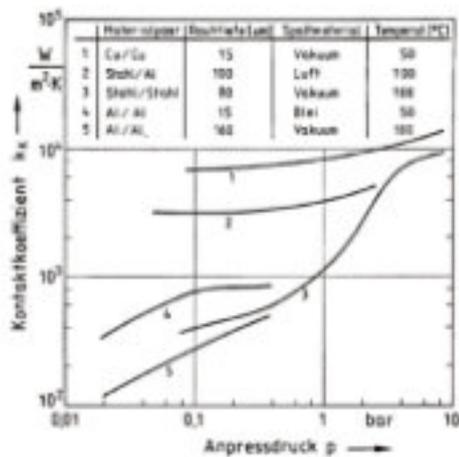
A = wärmeübertragende Querschnittsfläche [m²]

$T_1 - T_2$ = Temperaturdifferenz zwischen Messpunkt 1 und 2 [K]

d = Abstand zwischen Messpunkt 1 und 2 [m]

k = Wärmeübergangswiderstand [-]

Der Anpressdruck spielt eine besonders wichtige Rolle, wie bisherige Projekte des FiFB und deren Prüfergebnisse zeigen. Der sogenannte Kontaktkoeffizient in [W/m²K] verbessert sich mit zunehmendem Anpressdruck – somit steigt die Wärmeübertragung durch mit der Druckzunahme abnehmende Wärmeübergangswiderstände.



Im Vergleich zu einer Bettung im herkömmlichen Bettungsmaterial wie Sand verbessert sich damit die Leistungsfähigkeit der Leiter, und ihre von der Betriebstemperatur abhängige Nutzungsdauer verlängert sich. Durch die Steigerung der Übertragungsleistung können bereits in der Planung kleinere Querschnitte und andere Leitermaterialien als beim Einsatz von Sand als Bettung ausgewählt und somit Kosten eingespart werden. Auch die Anordnung der einzelnen elektrischen Leiter kann durch den Einsatz eines funktional auf die örtlichen Bodenarten und Einbaubedingungen abgestimmten thermisch stabilisierenden RSS-Flüssigboden TS optimiert werden. So wird auch der Flächenverbrauch für die Kabeltrassen minimiert.

Grafik links: Anpressdruck und seine Wirkung auf die Wärmeabfuhr bei Metallen.

Grafik rechts: Der Anpressdruck und seine Wirkung auf die Wärmeabfuhr bei Flüssigboden (3 Drücke und 3 Rezepturen im Vergleich). Die Wärmeabfuhr wird mittels der richtigen Flüssigboden-Rezeptur eingestellt. Somit können fast alle Bodenarten genutzt werden, was einen große finanziellen Nutzen in der Bauphase zur Folge hat. Grafiken: FiFB Leipzig



Um den Flächenverbrauch der Kabeltrasse zu minimieren ist – im Gegensatz zur platzzehrenden Nebeneinanderverlegung – die platzsparende Dreiecksverlegung ein optimaler und gut umsetzbarer Weg. Kabel in Dreiecksverlegung, gebettet in thermisch stabilisierendem RSS Flüssigboden TS, sind belastbarer als in Sand nebeneinander verlegte Kabel und haben eine bessere Wärmeableitung. Fotos + Grafik: FiFB Leipzig



Olaf Stolzenburg betonte in Oldenburg, dass „thermisch stabilisierender RSS-Flüssigboden TS durch das Forschungsinstitut für Flüssigboden (FiFB) auf Anregung und mit der mehrfachen Unterstützung der Siemens AG seit 2005 entwickelt und seither ständig verbessert wurde, sodass er inzwischen in zahlreichen verschiedenen Projekten eingesetzt werden konnte und sich in der Praxis bewährt hat. Die sichere Funktionsweise von thermisch stabilisierendem RSS-Flüs-

Olaf Stolzenburg – Entwickler des Flüssigbodenverfahrens: „Die sichere Funktionsweise von thermisch stabilisierendem RSS-Flüssigboden TS konnte in zahlreichen Praxis- und Laborversuchen nachgewiesen werde.“ Foto: FiFB Leipzig

sigboden TS und dessen deutlich günstigere Eigenschaften, verglichen mit denen von Sand als herkömmlichen Bettungsmaterial, konnten in zahlreichen Praxis- und Laborversuchen nachgewiesen und inzwischen auch bei einer ganzen Reihe von Kabel- und GIL Rohrprojekten genutzt werden.“

Das Bauen mit RSS-Flüssigboden und die aktive Nutzung der vielen vom FiFB entwickelten neuen technischen und technologischen Lösungen auf Basis des Flüssigbodenverfahrens helfen, aktiv Energie zu sparen. Damit werden CO₂-Emissionen gleich auf drei Ebenen reduziert, der Materialebene (Verzicht auf Bodenaustausch und die damit energetisch verbundenen Prozesse), der Technologieebene (Nutzung vieler neuer, energiesparender Technologien) und der Betriebsebene (deutliche Verlängerung der ausfallfreien Nutzungsdauer und damit Verzicht auf mit Energieverbräuchen und dadurch mit CO₂-Emissionen verbundenen Reparaturen und Ersatzneubauten).

Alle interessierten Praktiker lädt das FiFB als Verfahrensentwickler ein, die Vielfalt der Möglichkeiten des RSS-Flüssigbodenverfahrens, hier speziell beim Einsatz von RSS-Flüssigboden TS für die thermische Stabilisierung von erdverlegten Elektrotrassen, aber auch alle anderen vom FiFB in inzwischen ca. 23 Jahren Arbeit entwickelten und in der Praxis erprobten Lösungen, aktiv zu nutzen. Das erforderliche Fachwissen stellt das FiFB interessierten Fachleuten gern zur Verfügung. Seit etwa fünf Jahren bietet das FiFB dafür als Verfahrensentwickler – in Zusammenarbeit mit dem ersten Fachplanungsbüro für Flüssigbodenanwendungen, dem Ingenieurbüro LOGIC Logistic Engineering GmbH – allen Interessenten eine Ausbildung für die jeweils interessierenden Anwendungen an. Der RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden (RAL Gütezeichen 507) stellen und stellt das FiFB seit 2008 kostenlos das Grundlagenwissen zur Verfügung, das erforderlich ist, um Flüssigboden im Sinne des vom FiFB entwickelten Verfahrens korrekt und problemfrei einzusetzen. So hat die von FiFB mitgegründete RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e.V. seit 2008 das Ziel einer bauschadensfreien Anwendung des vom FiFB entwickelten Flüssigbodenverfahrens, mit Erfolg erreicht und bis jetzt sicherstellen können. Weitergehende Informationen erhält man bei Interesse, indem man sich direkt an das FiFB wendet.
Andreas Bechert

Kontakt: Tel: 0341 24469-11 • Mail: info@fi-fb.de

Ansprechpartner für die Presse:

Ing. Andreas Bechert

Pressesprecher Forschungsinstitut für Flüssigboden Leipzig

Tel: 034953 132300

Mobil: 0151 24135502

Mail: andreas.bechert@googlemail.com

