

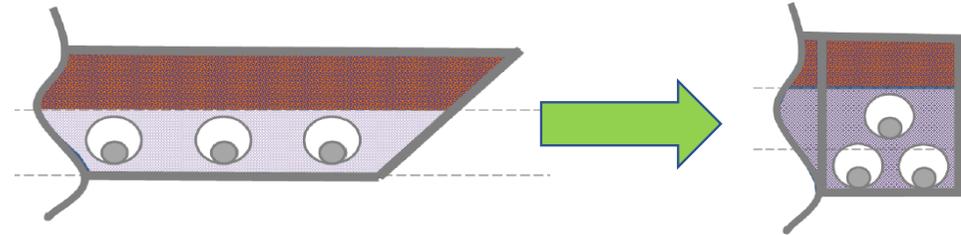
Neue und weiter entwickelte Möglichkeiten bei der Nutzung von Flüssigboden unter besonderer Sicht auf den Kabelleitungsbau

Thermisch stabilisierender RSS® Flüssigboden TS
Erfahrungen aus Entwicklung und Anwendungen seit 2006
IRO – Oldenburger Rohrleitungsforum 13./14. Februar 2020
Olaf Stolzenburg, Forschungsinstitut für Flüssigboden GmbH, Leipzig

Was ist Flüssigboden oder RSS® Flüssigboden?

Grundsätzliches

1. **Ein vergleichsweise junges Verfahren** zur Aufbereitung und Nutzung **beliebigen Aushubbodens ohne später Fremdkörper** unter der Straße zu erzeugen und erstmals geeignet, bodentypische Eigenschaften zu erhalten.
2. **Ein Verfüllmaterial** für verschiedenste Anwendungen in den Bereichen Infrastruktur und Geotechnik.
3. **Eine Entwicklung** des Forschungsinstitutes für Flüssigboden, inzwischen über 22 Jahre in Anwendung.
4. **Eine Möglichkeit** das Material Flüssigboden als Ergebnis der Verfahrensanwendung **in 3 Gruppen von Eigenschaften** gezielt an die Aufgaben der Baustelle anpassen zu können. Das sind:
 - bodenmechanische Eigenschaften z.B. des Umgebungsbodens
 - Technologisch relevante Eigenschaften
 - Spezielle Gebrauchseigenschaften, die der Ausgangsboden nicht besitzt.
5. **Eine Möglichkeit für Kabel** die bessere Wärmeableitung (Wärmeleitfähigkeit und Wärmeübergangswiderstand) gezielt zur **Optimierung von Trassen** und zur **Minimierung von Flächenverbrauch** zu nutzen.



Flüssigboden nach RAL GZ 507, Eine Untergruppe der ZFSV

Zeitweise fließfähige, selbstverdichtende Verfüllmaterialien

z.B. thermisch
stabilisierender
RSS® Flüssigboden TS

Flüssigboden

als friktional - kohäsiv
rückverfestigendes Material
ohne zwängende, starre
Fremdstrukturen

Hydraulisch abbindende Materialien

Material mit zwängenden,
starren Fremdstrukturen
(z.B. Zementsteinstrukturen)

z.B. Heidelberger
Beton

- POWERCRETE
- CABLECEM

**POWERCRETE®
UND CABLECEM®**
HEIDELBERGCEMENT



Was man über RSS Flüssigboden® wissen sollte

Regelung über RAL Güte- und
Prüfbestimmungen

Erste Regelungen über
FGSV Hinweisblatt

Systematik der zeitweise fließfähigen selbstverdichtenden Verfüllmaterialien

Quelle: Wikipedia - Flüssigboden

RSS® Flüssigboden nach RAL GZ 507 bietet uns drei Werkzeuge

Erhaltung wichtiger Eigenschaften des Aushubbodens möglich

- verhält sich bauphysikalisch vergleichbar mit dem Umgebungsboden
- gleiche Tragfähigkeit wie Umgebungsboden
- gleiches Konsolidierungsverhalten wie Umgebungsboden
- keine Differenzsetzungen
- daher keine Risse in der Straße
- Vermeidung von „Fremdkörpern“ im Boden usw.

Gezielte Veränderung von Eigenschaften ebenfalls möglich

- Elastizitätsverhalten
- Biege- und Längszugfestigkeit
- Scherfestigkeit
- Kohäsion veränderbar
- Adhäsion steuerbar
- Schwingungsdämpfung und
- Dichte
- Wasserdurchlässigkeit
- Relaxationsfähigkeit als Basis einer Ringspaltfreiheit auch bei wechselnden Temperaturen
- dauerhafte Reibkräfte
- **Wärmespeicherung**
- **Wärmeableitung**
- Wärmedämmung
- Verbesserung des Korrosionsschutzes
- Frost- Tauverhalten veränderbar
- Suffossionsstabilität
- Abrasionsfestigkeit usw.

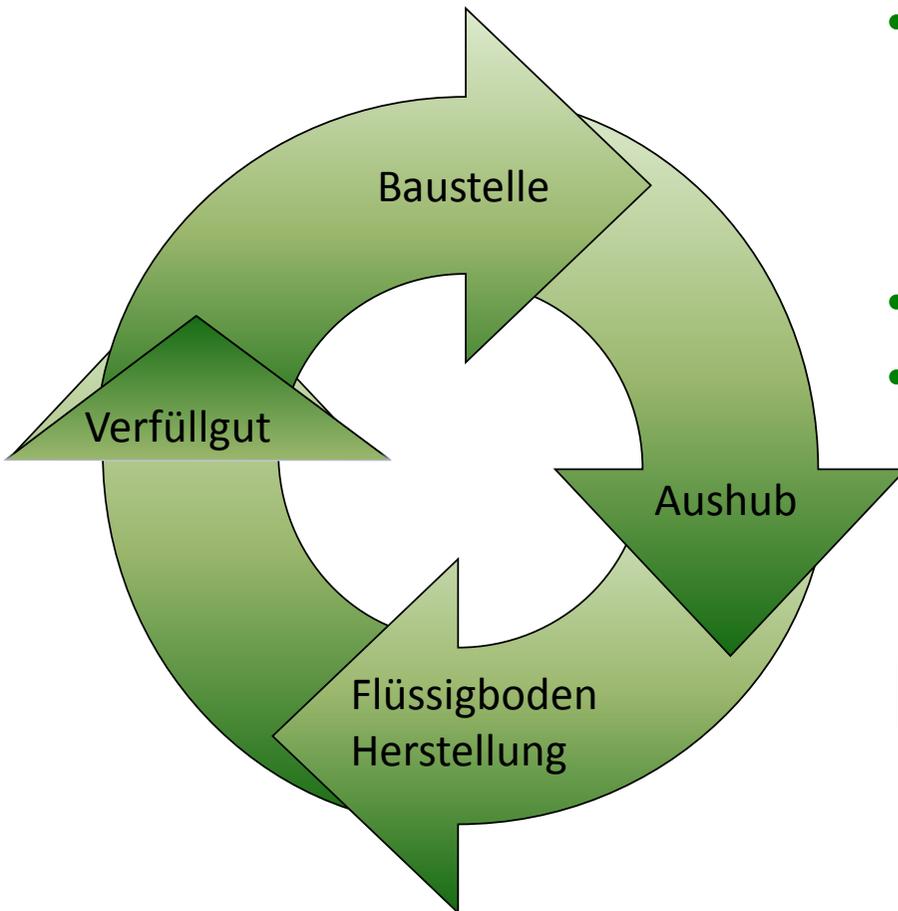
Einstellung technologisch relevanter Eigenschaften möglich

- Rückverfestigungsgeschwindigkeit
- Pumpbarkeit
- Auftriebsverlauf
- Retentionsfähigkeit bei entspr. Einbausituationen
- Thixotropie u.a. rheologische Eigenschaften usw.
- Entmischungsstabilität usw.

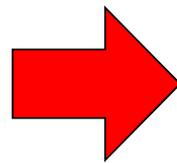


RSS® Flüssigboden - warum?

Flüssigboden – Umweltrecht und Klimaschutz



- Platzbedarf des thermisch stabilisierenden RSS® Flüssigbodens TS reduziert Flächenverbrauch
- CO₂ Reduzierung
- Höhere Übertragungsleistung möglich bei niedrigerer Betriebstemperatur



 Entsorgung?



Die Umwelt schonen und daraus Nutzen ziehen!

Was ist Flüssigboden?

Entwicklungen seit 1998

entwickelt durch das Forschungsinstitut für Flüssigboden GmbH (FiFB)

im Rahmen von inzwischen über 40 Forschungs- und Entwicklungsprojekten mit nationalen und internationalen Partnern, z. B.:

- Siemens und Praxispartner - **thermisch stabilisierender Flüssigboden seit 2004 bzw. 2009**
- RWTH, Aachen – **Schwingungsdämpfung, Vermeidung von Rohrverformungen seit 2005**
- FFI Fernwärme Forschungsinstitut, Hannover u. a. – **Fernwärmeanwendung seit 2006**
- TU Dresden u. a. Partner – **Immobilisierung seit 2006 bzw. 2008**
- SP Technisches Forschungsinstitut Schweden - **Einsatz von FB im Winter seit 2007**
- Stadt Dortmund, Ruhruni Bochum, Büro Stein – **Kombitrassen und Flüssigboden seit 2007**
- Staatliche Technische Erdöluniversität, Ufa - **winterliches Bauen und Pipelinebau seit 2009**
- Hochschule Regensburg – **Grundlagenforschung u.a. Themen seit 2009**
- EBA und DB als Partner für Erprobungen von Bahnanwendungen – **seit 2013 mit den erforderlichen Eignungsnachweisen eingesetzt**
- und viele andere Partner **und Themen**

Test Series on the
Desiccation Behaviour
of Sand and Thermally Stabilizing
RSS Flüssigboden® TS

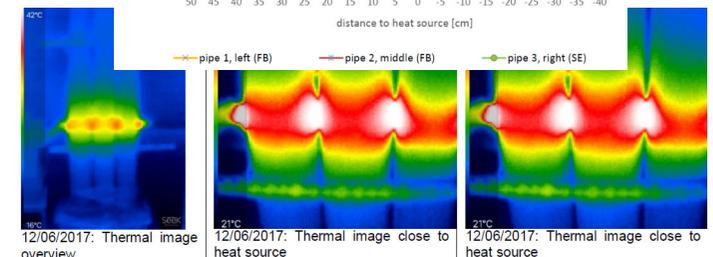
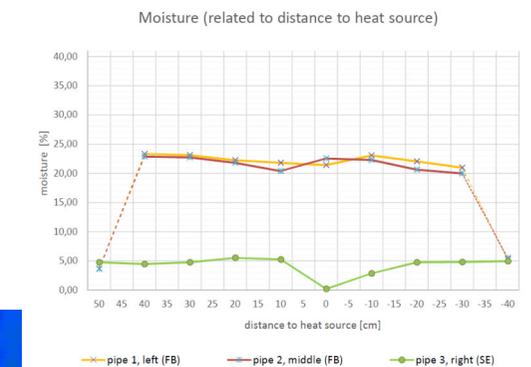
according to

RAL-GZ 507

at a set temperature of 90°C
(temperature on the contact surface
between heat source/cable and bedding material)

Project: basic research

(in accordance with the requirements of National Grid and Siemens for proof of suitability for GIL - pipes and underground cables)



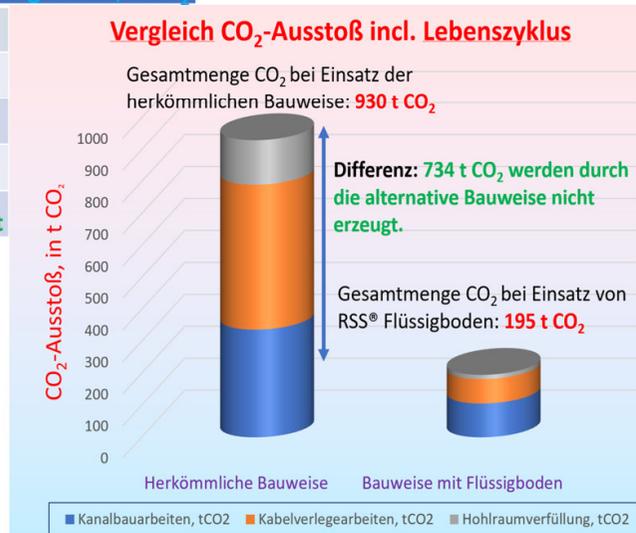
CO₂ Bilanz der einzelnen Baustellen und Optimierungsmöglichkeiten

REDUZIERUNG UM: 735 t CO₂ im Betrieb auf der:

1. **Materialebene**
2. **Technologieebene**
3. **Betriebsebene**

CO₂-Ausstoß - Vergleichstabelle des Projektes: Tübingen-ZOB Europaplatz

	Herkömmliche Bauweise, t CO ₂	Bauweise mit Flüssigboden, t CO ₂
Kanalbau	337 t	
Kabelverlegung	454 t	
Verfüllungen	139 t	
Gesamt	930 t	
Differenz		734 t



Erarbeitung einer CO₂ Bilanz für die gewählten Baustellenabläufe, Materialien und Technologien und Nutzung der Ergebnisse zur Optimierung der zu planenden Lösung

Auf 3 Ebenen bestehen Möglichkeiten die durch Energieverbräuche entstehenden CO₂ Mengen zu minimieren

1. **Materialebene** – umfasst alle Prozesse der Massenreduzierung, der Reduzierung von Transport- und Deponieaufwendungen und der Vermeidung von Austauschmaterialien
2. **Technologieebene** – umfasst alle Möglichkeiten des RSS® Flüssigbodenverfahrens, mittels neuer Lösungen energiesparender zu arbeiten
3. **Betriebsebene** – umfasst alle Folgen einer längeren, ausfallfreien Betriebsdauer von Netzen und Straßen als Folge einer besseren Bettung und der Vermeidung von Differenzsetzungen zwischen dem Verfüllbereich und dem anstehenden Boden

Funktionsweise der thermischen Stabilisierung mit Hilfe von thermisch stabilisierendem RSS® Flüssigboden TS

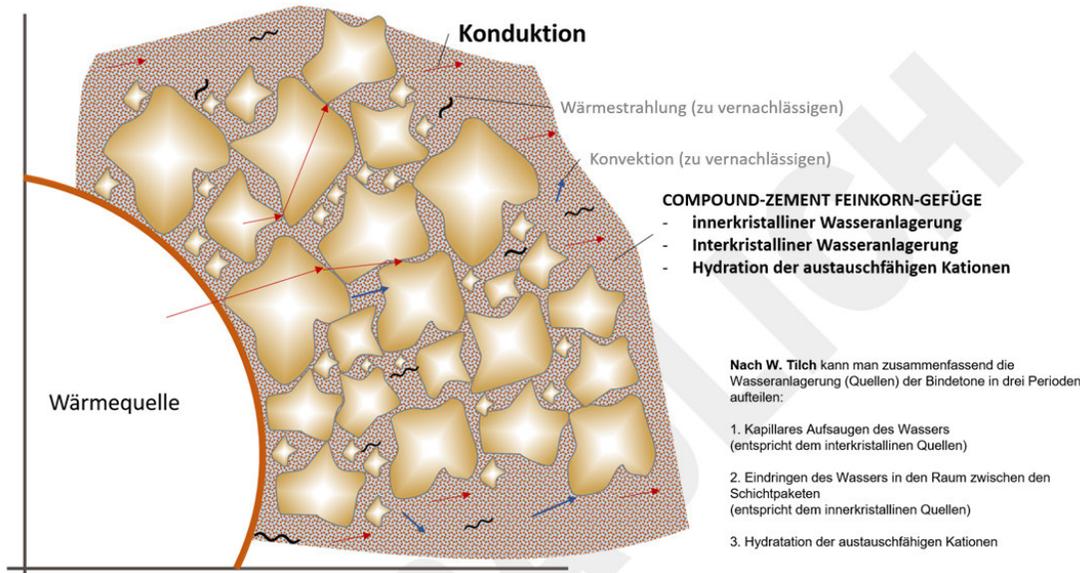


Abbildung 1a: Schematische Darstellung des dichten Gefüges eines thermisch stabilisierenden RSS Flüssigbodens® (TS)

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

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] \triangleq 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 [-]

Dabei spielt der Anpressdruck (Abbildung 2 und 3) eine besonders wichtige Rolle, wie bisherige Projekte und deren Prüfergebnisse zeigen. Der sogenannte Kontaktkoeffizient in [W/m²K] verbessert sich mit zunehmendem Anpressdruck, und somit steigt die Wärmeübertragung durch minimierte Wärmeübergangswiderstände.

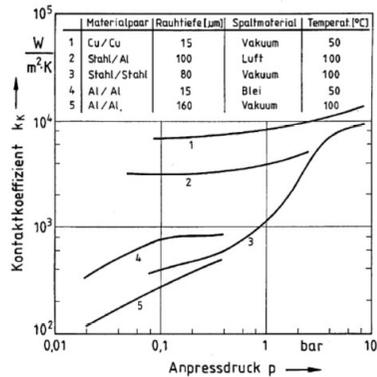
Besonderheiten des Verfahrens als Grundlage einer dauerhaft hohen Wärmeableitung:

- Die Wärmeableitung ist nicht allein von der Wärmeleitfähigkeit des Bettungsmaterials abhängig!
- Der Wärmeübergangswiderstand spielt eine bedeutende Rolle und ist mit Hilfe des Herstellverfahrens veränderbar.
- Die Austrocknung kann mit Hilfe einer gezielten Wasserretention und eines dichten Gefüges optimiert werden.

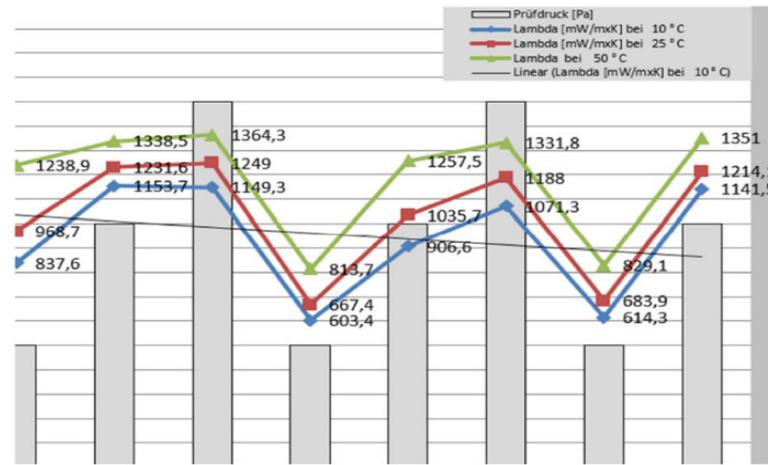
Funktionsweise der thermischen Stabilisierung mit Hilfe von thermisch stabilisierendem RSS® Flüssigboden TS

Bild 1: Rolle des Anpressdrucks bei der Wärmeübertragung – Ein Ringspalt durch Schwindung würde den Anpressdruck gegen Null reduzieren und so einen hohen Wärmeübergangswiderstand zur Folge haben

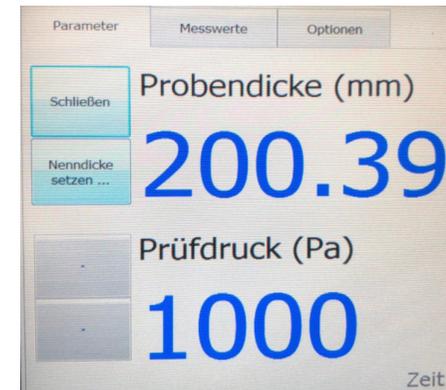
itw Grundlagen der Wärmeübertragung
2 Wärmeleitung – analytische Methode 33



Quelle: itw Uni Stuttgart



Leipzig am 27.03.2019, Forschungsinstitut für Flüssigboden – FiFB



Die Rolle des Anpressdruckes für die Verwendbarkeit «schlechter» Böden:

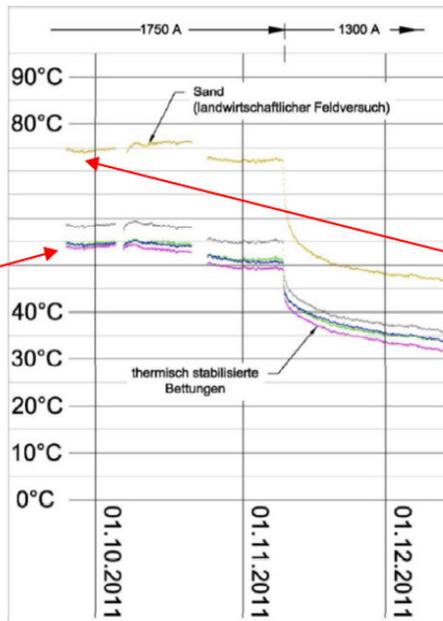
- Der Anpressdruck des Flüssigbodens ist entscheidend für den Wärmeübergangswiderstand.
- Der Anpressdruck ist über die Rezeptur gezielt veränderbar und damit einstellbar.
- Der Anpressdruck ermöglicht es, in seiner Veränderbarkeit auch auf Grund ihrer natürlichen Wärmeleitfähigkeit im trockenen Zustand scheinbar ungeeignete Böden z.B. Ton als Bettungsmaterial für Höchstspannungstrassen zu verwenden.
- Damit sinken Aufwand, Kosten und CO₂ Entstehung.
- Auch die Forderungen des KrWiG können so erfüllt werden, ohne teures Austauschmaterial zu verwenden.

Funktionsweise der thermischen Stabilisierung mit Hilfe von thermisch stabilisierendem RSS® Flüssigboden TS

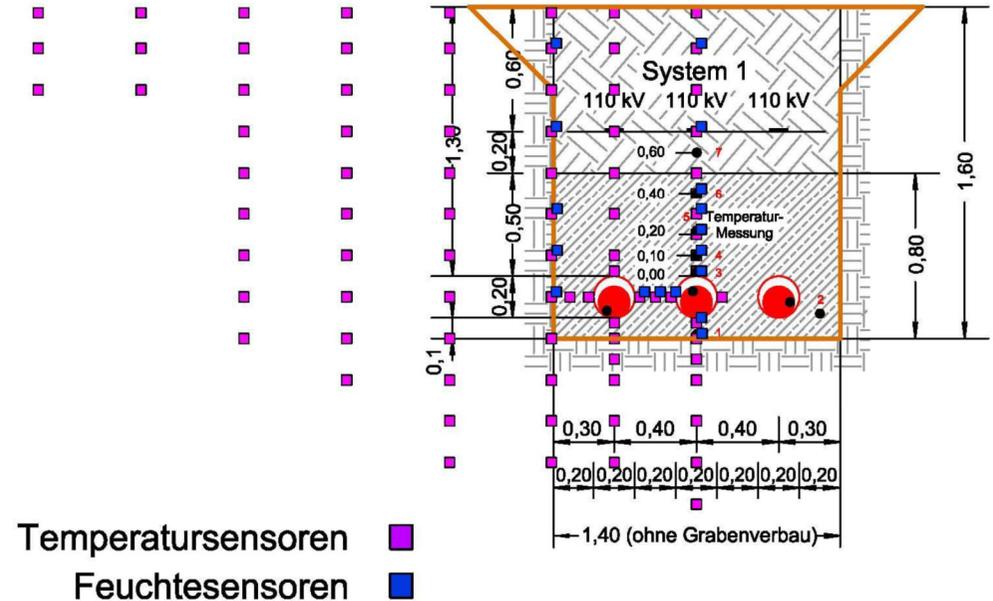
Erste Groß- und Langzeitversuche: durchgeführt von Amprion in Osterath unter der Leitung von L. Jungnitz

Temperaturkurve Übergang von Kabel-Grenzlast auf Dimensionierungslast

Geringer Temperaturanstieg, da zwischen Flüssigboden und Kabel kein Ringspalt entsteht



Starker Temperaturanstieg, da nach der Austrocknung des Sandes ein Ringspalt entsteht und der Wärmeübergangswiderstand steigt



Erste Nachweisführung: für die Nachweisführung der gewünschten Wärmeabfuhr wurde ein Langzeitversuch durch den Netzbetreiber Amprion in Osterath durchgeführt, um mit Hilfe künstlich maximierter elektrischer Last die verschiedenen Bettungsmaterialien im Betriebszustand auf ihre Eignung zu prüfen und bewerten zu können.

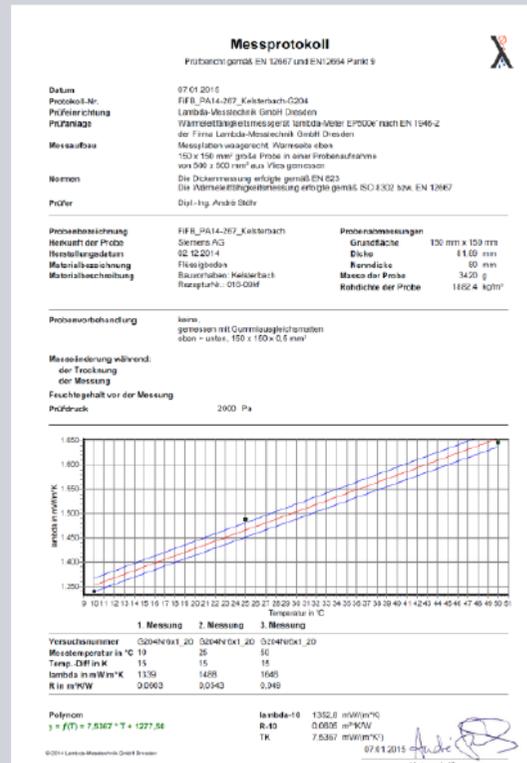
Verwendung von RSS Flüssigboden TS Langzeitverhalten (5 Jahre) – Wärmeleitfähigkeit



- Leicht verbesserte Wärmeleitfähigkeit bei steigender Prüftemperatur
 - Keine Austrocknung
 - Dauerhaft gute Wärmeabfuhr
- ➔ Andauernde thermisch stabilisierende Wirkung mit hoher Wärmeabfuhr (Wärmestrom \dot{Q})

$$\dot{Q} = \lambda * A * \frac{T_1 - T_2}{d}$$

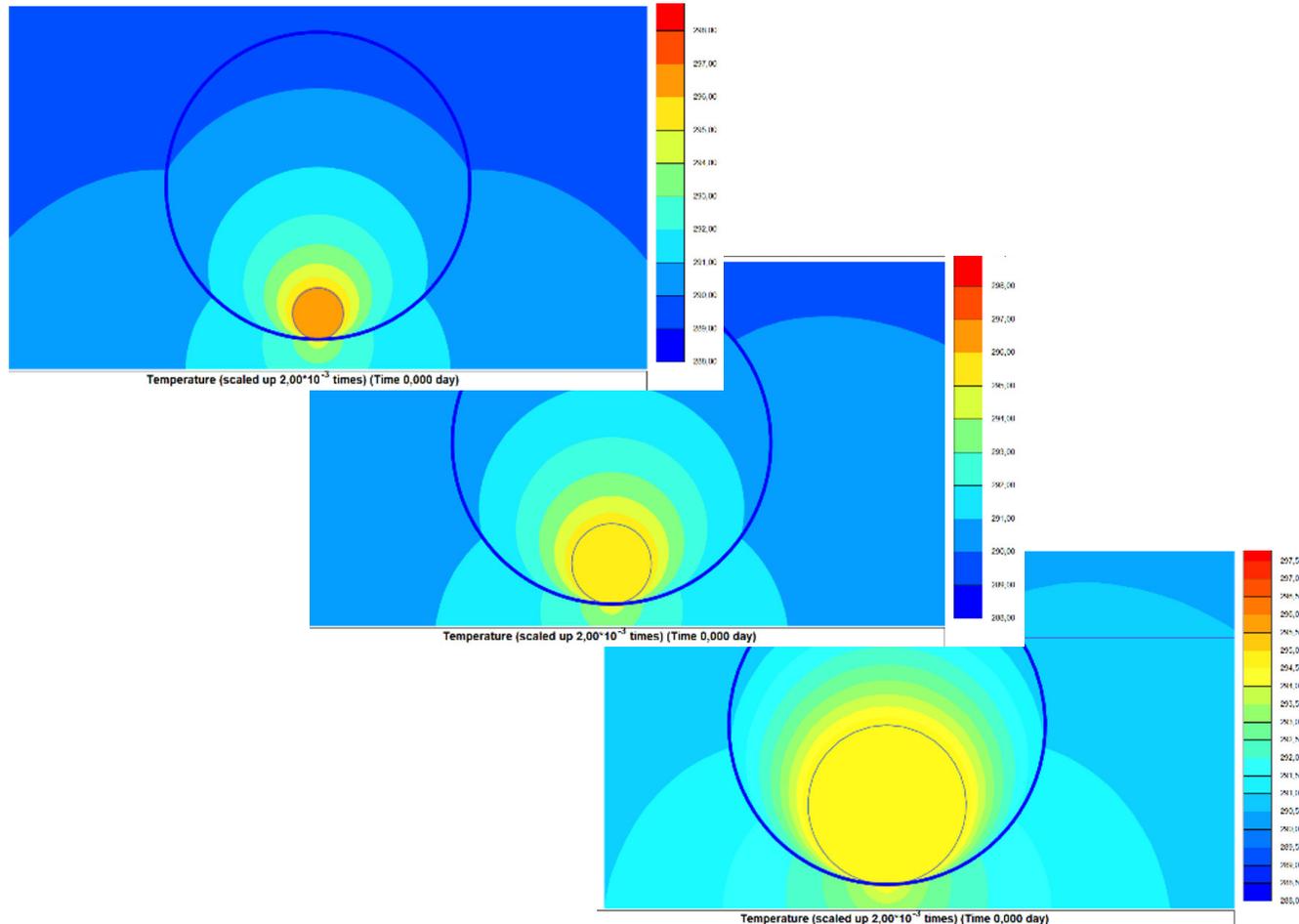
$$\frac{T_1 - T_2}{d} \approx \frac{1}{k} \text{ bei } d \rightarrow 0$$



Erste Langzeiterfahrungen

- Gesammelt in Frankfurt Kelsterbach, einer Baustelle mit Siemens GIL Rohren und 420 kV Wechselspannung
- Inzwischen durch zahlreiche weitere Projekte bestätigt
- Ergänzt durch die Entwicklung effektiver Prüfmethode und spezieller planerischer Leistungen

Funktionsweise der thermischen Stabilisierung mit Hilfe von thermisch stabilisierendem RSS® Flüssigboden TS



Weitere Erkenntnisse bei Einsatz von FEM basierter Berechnung und Nachweisführung

- Die Rolle der Leerrohre, speziell ihrer Nennweite und ihrer Materialeigenschaften
- Modellierung mit den von der Fa. REHAU angebotenen speziellen Kabelschutzrohren
- Die Ergebnisse zeigen, dass sich mit zunehmender Nennweite bei gleich bleibenden Kabeln die Wärmeableitung als Folge größerer, Wärme übertragender Flächen verbessert
- Dies bestätigt erneut die Richtigkeit der Fourierschen Gleichung

$$\dot{Q} = \lambda * A * \frac{T_1 - T_2}{d}$$

Entwicklung der Prüfung und Nachweisführung

Forschungsinstitut für Flüssigboden GmbH
Wurzner Straße 139
D-04318 Leipzig, Germany
Tel. +49-341-24469 21

FiFB
Forschungsinstitut
für Flüssigboden GmbH

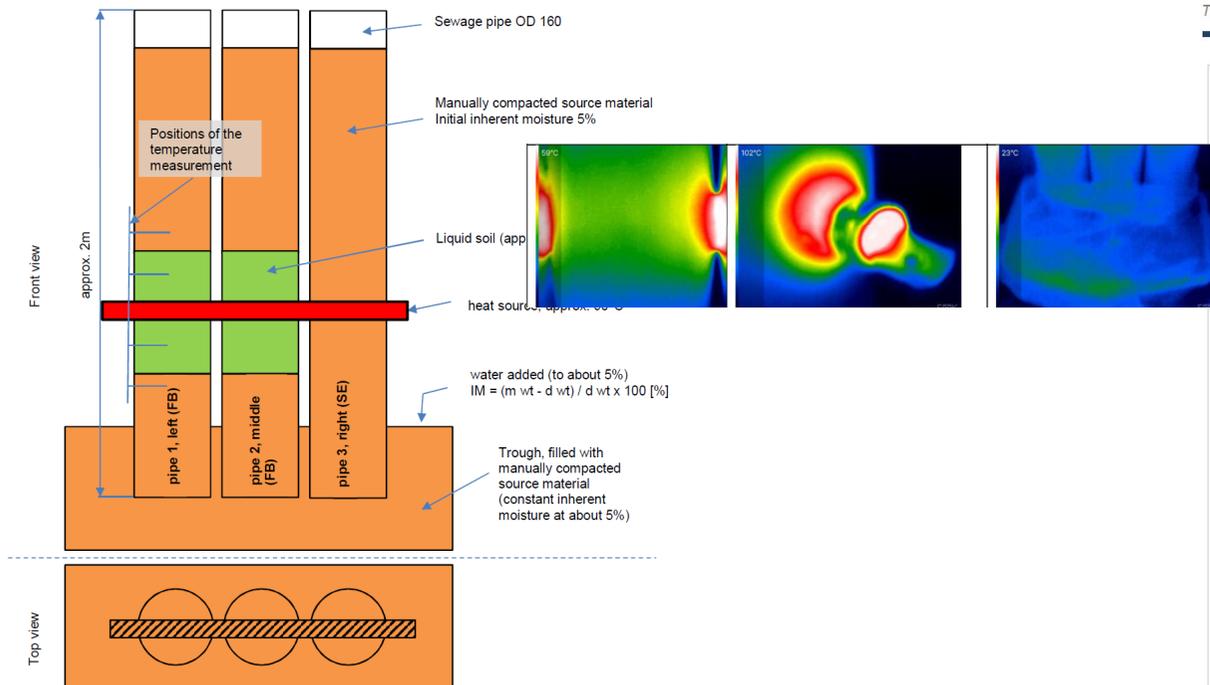


Figure 1: Draft of the test set-up

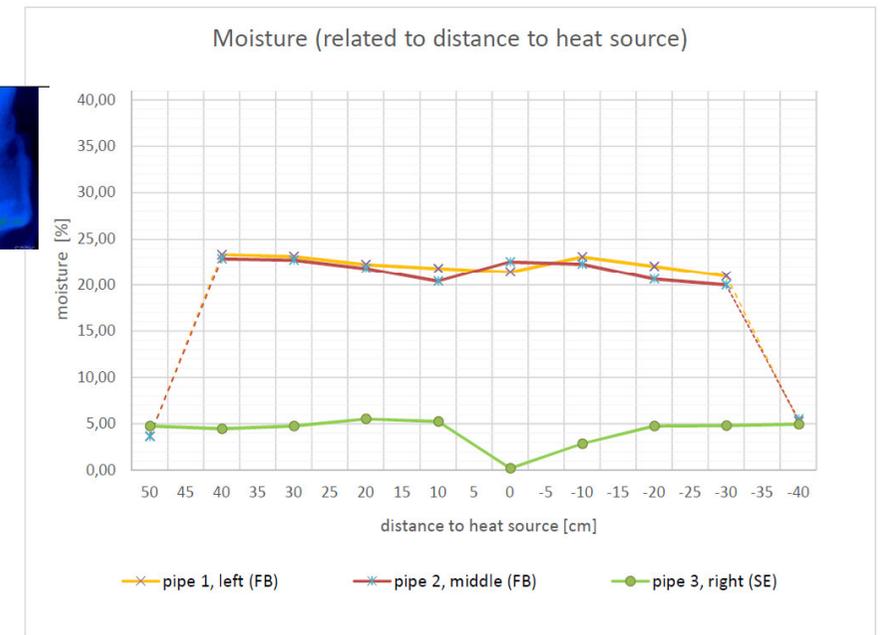


Figure 28: Deconstruction (14 June 2017) inherent moisture core samples

Heutige Nachweisführung: für die Nachweisführung wurde ein spezieller Versuch entwickelt, um der Forderung des UK Netzbetreibers National Grid nachzukommen und nachzuweisen, dass der Flüssigboden im eingebauten Zustand selbst bei 90°C und sommerlichen Bedingungen nicht austrocknet, heute ein Standardversuch

Funktionsweise der thermischen Stabilisierung mit Hilfe von thermisch stabilisierendem RSS® Flüssigboden TS

WICHTIGE ERGEBNISSE DER ENTWICKLUNG VON RSS FLÜSSIGBODEN TS FÜR DEN BAU VON HÖCHSTSPANNUNGSTRASSEN

Sand als Bettungsmaterial führt zu hohen Temperaturen am Kabel 

RSS Flüssigboden TS reduziert die Temperatur am Kabel deutlich 

Dabei ist nicht die Wärmeleitfähigkeit Lambda λ [W/mK] sondern der Wärmestrom \dot{Q} [W] das entscheidende Kriterium zur Minimierung der temperaturerhöhenden Wirkung der elektrischen Verlustleistung P, die ebenfalls in [W] angegeben wird. Die thermische Leistung, der Wärmestrom \dot{Q} ist durch 3 Faktoren beeinflussbar und λ ist dabei nur einer dieser 3.

$$\dot{Q} = \lambda * A * \frac{T_1 - T_2}{d}$$

Schlussfolgerungen - der Einsatz von thermisch stabilisierendem RSS® Flüssigboden TS ermöglicht:

- eine deutliche Steigerung der elektrischen Übertragungsleistung bei gleichem Kabel
- die Senkung der Betriebstemperatur und damit die Reduzierung elektrischer Verluste und eine längere Lebensdauer
- die Wiederverwendung fast aller Böden und so die Erfüllung der Forderungen des Gesetzgebers hinsichtlich Klimaschutz und Kreislaufwirtschaft
- Die Reduzierung der Bau- und Folgekosten, wenn die beschriebenen Vorteile konsequent bereits in der Planung verfolgt und die dazugehörigen Lösungen geplant werden

Erfahrungen und Hilfsmittel für die Planung des Einsatzes von thermisch stabilisierendem RSS® Flüssigboden TS

FEM Modelle – ein planerisches Hilfsmittel zur Berechnung eines Temperaturfeldes unter Last:

Wärmefeldberechnungen auf der Grundlage von FEM Modellen, die auf der Grundlage der bei praktischen Projekten und F&E Ergebnissen ermittelten Parameter kalibriert wurden und es so ermöglichen, das Gros der Reserven einer gezielt optimierten Wärmeableitung zu berechnen und für die Praxis nutzbar zu machen.

Es erfolgt eine Plausibilitätsprüfung, mit deren Hilfe man das von statischen Nachweisen her bekannte Prinzip (Statik und Prüfstatik) einer Überprüfung der Berechnungsergebnisse konsequent anwenden kann.

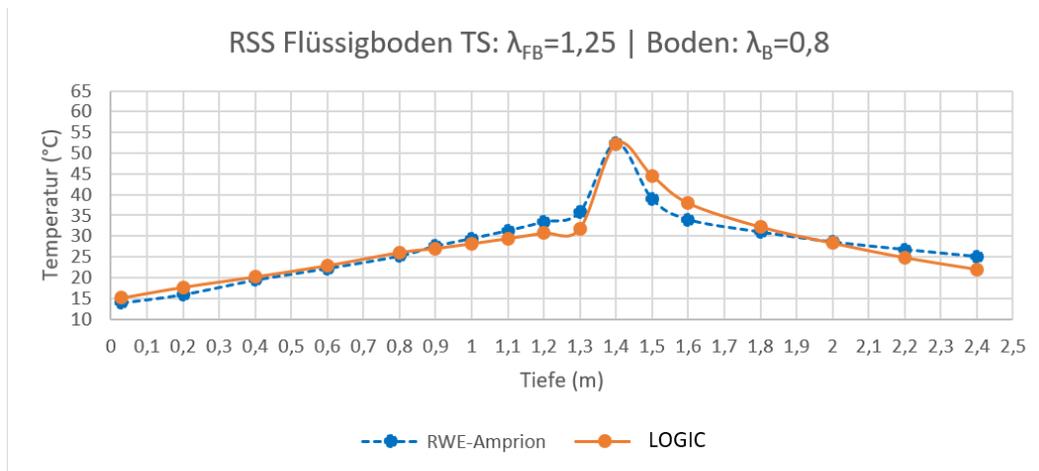


Diagramm 1: Vergleich der Temperaturen der vertikal angeordneten Messpunkte

Quelle: Ing. Büro LOGIC, Vergleich der Berechnung mit Messwerten Amprion, Projekt Osterath

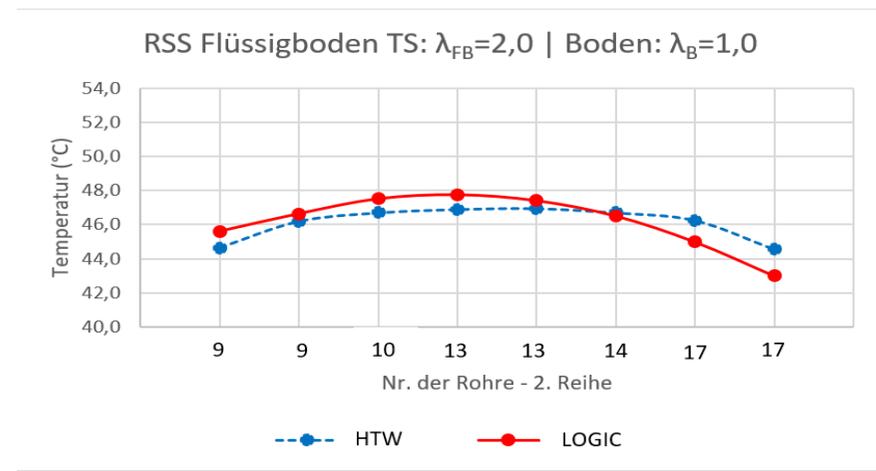


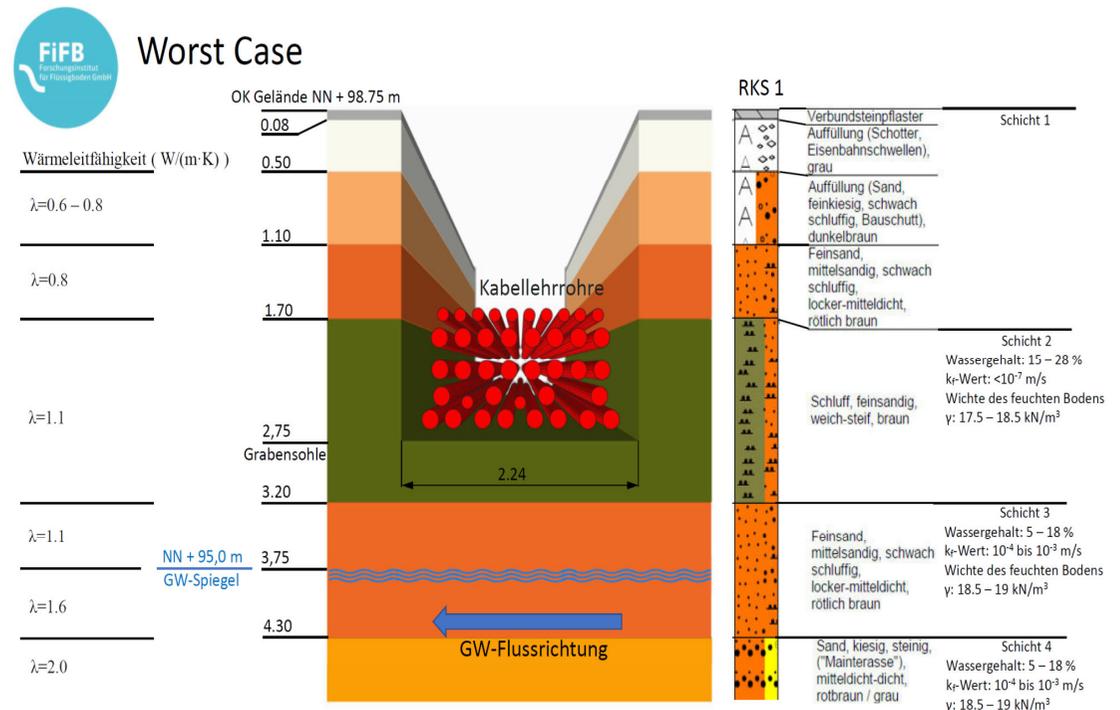
Diagramm 2: Vergleich der Temperaturen der Rohre der 2. Reihe

Quelle: Ing. Büro LOGIC, Vergleich Berechnung mit Berechnung HTW DD, Prof. Rogler Projekt Offenbach

Erfahrungen und Hilfsmittel für die Planung des Einsatzes von thermisch stabilisierendem RSS® Flüssigboden TS

Betriebssicherheit und Optimierungsmöglichkeiten durch die Einbindung der hydrogeologisch relevanten Eigenschaften des Untergrundes in Form eines hydrogeologischen Modells in die Temperaturfeldberechnungen:

Die Möglichkeiten eines hydrogeologischen Modells, bekannt aus der Bewertung einer Wasserhaltung bei Suffosions-, Grundbruch- und anderen grundwasserbedingten Gefahren sind auch für die Quantifizierung der Möglichkeiten einer verbesserten Wärmeabfuhr gegeben, wenn ein solches Modell den dafür nötigen Anforderungen entspricht.

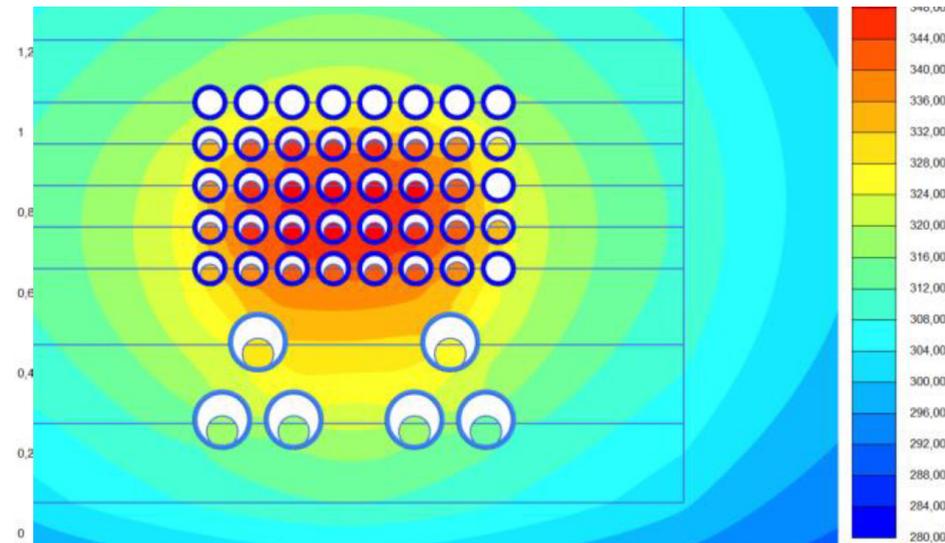
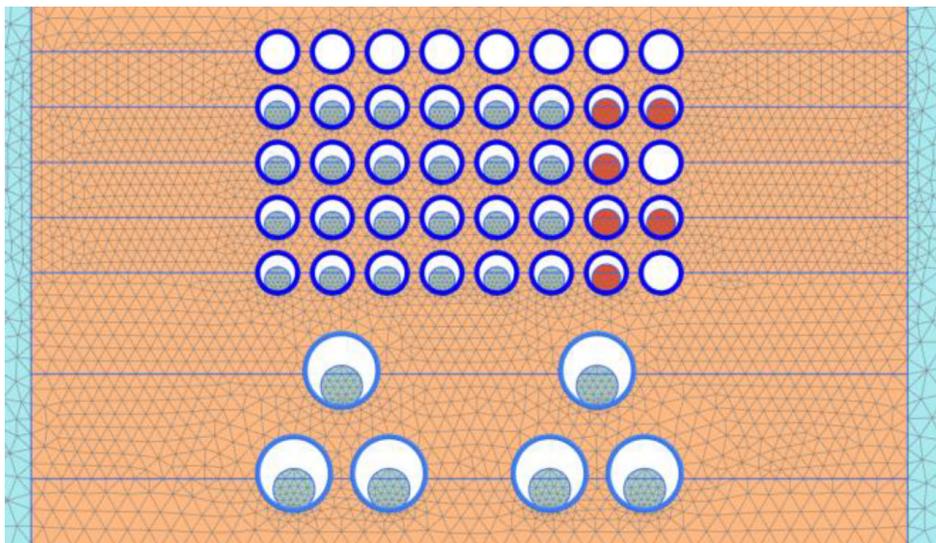


Quelle: Ing. Büro LOGIC, Projekt Offenbach M-DC, hydrogeologisches Modell 110 kV Trasse

Erfahrungen und Hilfsmittel für die Planung des Einsatzes von thermisch stabilisierendem RSS® Flüssigboden TS

FEM Modelle – ein planerisches Hilfsmittel zur Berechnung eines Temperaturfeldes unter Last:

Darstellung der Einbausituation in Form eines FEM Modells als Grundlage der Temperaturfeldberechnung, jedoch in modifizierter Form auch geeignet zur Berechnung des statisch relevanten Lastfalles Auftrieb im Flüssigboden. Denn dieser Lastfall ist infolge des temporär thixotropen Verhaltens des Flüssigbodens nicht wie eine normale Statik nach Archimedes zu berechnen, da Flüssigboden kein newtonsches Fluid ist.



Erfahrungen und Hilfsmittel für die Planung des Einsatzes von thermisch stabilisierendem RSS® Flüssigboden TS

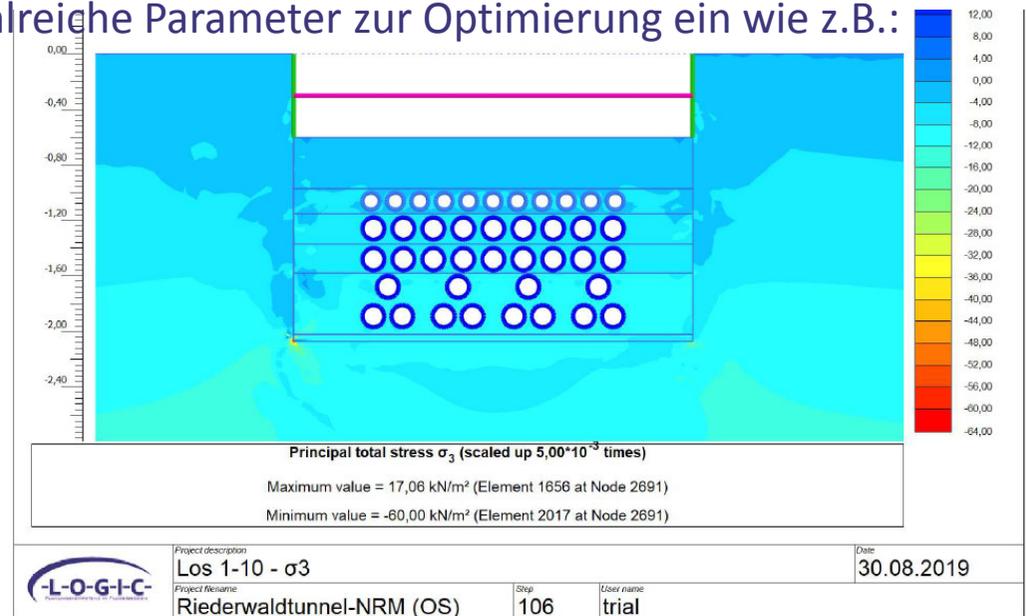
FEM Modelle – ein planerisches Hilfsmittel zur Berechnung eines Temperaturfeldes unter Last und zum Nachweis der statischen Eigenschaften speziell für den Lastfall Auftrieb im Flüssigboden:

Darstellung der Einbausituation in Form eines FEM Modells als Grundlage der Temperaturfeldberechnung, jedoch in modifizierter Form auch geeignet zur Berechnung des statisch relevanten Lastfalles Auftrieb im Flüssigboden. Denn dieser Lastfall ist infolge des temporär thixotropen Verhaltens des Flüssigbodens nicht wie eine normale Statik nach Archimedes zu berechnen, da Flüssigboden kein newtonsches Fluid ist.

Im FEM Modell der Temperaturfeldberechnung gehen zahlreiche Parameter zur Optimierung ein wie z.B.:

- Rezepturparameter Wärmeleitfähigkeit
- Rezepturparameter Wärmeübergangswiderstand
- Parameter des Kabels und der elektrischen Last
- Parameter des Umgebungsbodens
- Hydrologische Parameter
- Geometrische Parameter der Trasse

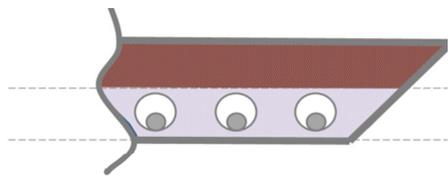
USW.



Erfahrungen und Hilfsmittel für die Planung des Einsatzes von thermisch stabilisierendem RSS® Flüssigboden TS

Fachplanung – Hilfsmittel zur gezielten Planung der Vorteile der thermisch stabilisierenden Bettung:

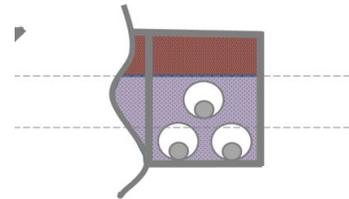
Die Möglichkeiten des RSS® Flüssigbodenverfahrens, kompetent auf der Grundlage einer Fachplanung vorbereitet und ausgeführt, können mittels der dafür entwickelten und inzwischen praxisbewährten Hilfsmittel und Methoden, die Kosten des Baus und des Betriebs einer Kabeltrasse signifikant reduzieren. An Hand der vom Vortragenden begleiteten Trassenbaustellen und der dort dokumentierten Abläufe und Erfahrungen kann diese Aussage quantifiziert und die damit verbundenen Erfahrungen genutzt werden. Diese stehen inzwischen über ein Ausbildungsangebot interessierten Fachleuten zur Verfügung.



Aktuell üblicher RQ – horizontal parallele Verlegung
In Sand als Bettungsmaterial



Quelle: Ing. Büro LOGIC, Projekt Raesfeld, AMPRION, 380 kV



alternativer RQ in Dreiecksverlegung in thermisch stabilisierendem RSS® Flüssigboden TS



Quelle: Ing. Büro LOGIC, Projekt Audorf, TENNET, 220 kV bis 380 kV

Nutzung der thermischen Stabilisierung mit Hilfe von thermisch stabilisierendem RSS® Flüssigboden TS

Erfahrungen mit Hoch- und Höchstspannungstrassen und thermisch stabilisierendem RSS® Flüssigboden TS



KELSTERBACH
380 kV – 420 kV



RAESFELD
380 kV

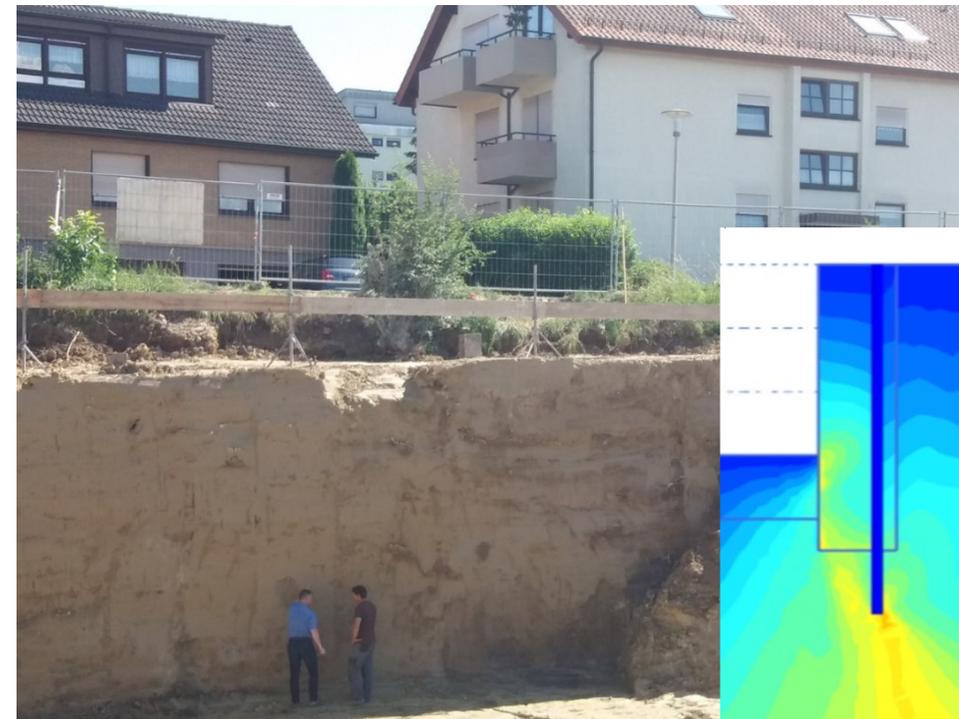
Quelle: Archiv RSS Flüssigboden® Baustellen

Jahr	Bauvorhaben/Auftraggeber	Umfang
2006	<u>Herlasgrün</u>	110 kV
2007	Umspannwerke mit SAG Chemnitz	110 kV
2008	Stuttgart - <u>Katherinenhospital</u>	110 kV
2009	Rheinfelden - Evonik	110 kV
2010	Kelsterbach - GIL SIEMENS	420 kV
2010	<u>Osterrath</u> - Amprion	110 kV
2011	F&E Proj. mit HSR, GIL SIEMENS	420 kV
2013/2014	<u>Audorf</u> - Tennet	220 kV
2014/2015	BA I, <u>Froloo</u> - Basel - TWB/EBM	150 kV
2014	Raesfeld - AMPRION	380 kV
2014	Bremen - Tennet	110 kV
2015	Ganderkesee - Tennet	380 kV
2015	BA II, <u>Froloo</u> - Basel - TWB/EBM	150 kV
2015	F&E Proj. - Berlin - GIL SIEMENS	420 kV
2015	F&E Proj. - Unterstützung HTWD	th. Sim.
2015/2016	Hamm - <u>Westnetz</u>	110 kV
2018	Nürnberg - <u>Sandreuth</u>	110 kV
2019	<u>Riederwaldtunnel</u>	110 kV
2019	Osburg Thalfang - <u>Westnetz</u>	110 kV
2019	Griesheim - GIL SIEMENS (<u>Rez'n/GS</u>)	HGÜ
2019	Offenbach - ENO (Planung)	110 kV

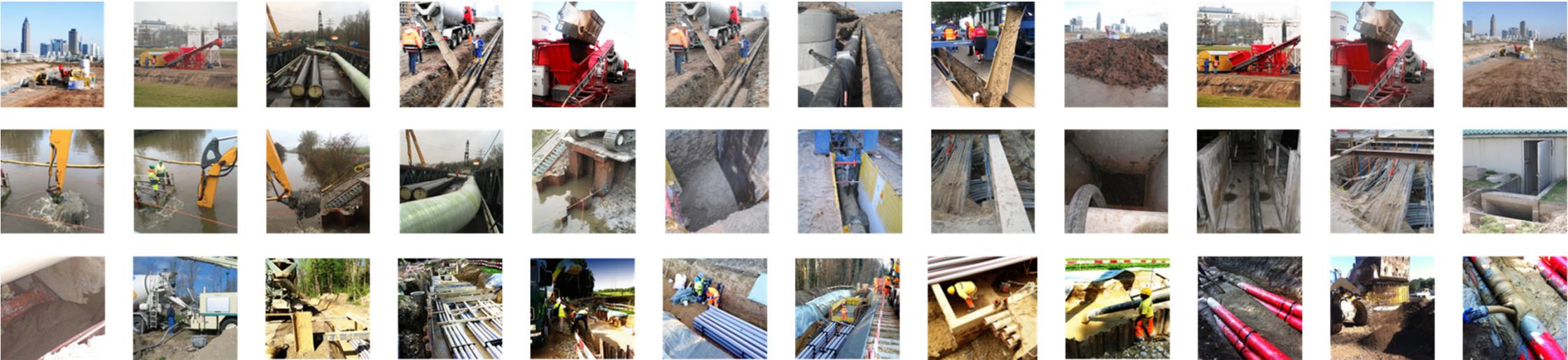
Erfahrungen und Hilfsmittel für die Planung des Einsatzes von thermisch stabilisierendem RSS® Flüssigboden TS

Das RSS® Flüssigbodenverfahren allgemein:

- Kennt über 170 verschiedene Anwendungen aus allen Bereichen des Tiefbaus
- Es begann mit dem Kanal- und Rohrleitungsbau und lässt heutzutage keinen Bereich des Tiefbaus mehr aus
- Es stellt daher nicht mehr nur eine Neuentwicklung eines Produktes oder einer Methode, sondern eine technologische Neuorientierung des gesamten Tiefbaus dar
- Es lohnt sich also, sich mit dem Thema zu beschäftigen.
- Das erforderliche Fachwissen für die Beherrschung der vielen neuen technologischen und technischen Lösungen im Tiefbau und selbst teilweise im Hochbau, z.B. Baugruben kann inzwischen beim Verfahrensentwickler und an verbundenen Bildungseinrichtungen erworben werden.
- Die Forschung und Entwicklung geht weiter und immer neue Anwendungen und Lösungen kommen dazu.
- Ich möchte Sie daher einladen, diesen spannenden Weg mitzugehen und sowohl in der Forschung und Entwicklung sowie der Bauausführung den Staffelstab aufzunehmen.



VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT



Olaf Stolzenburg
Institutsdirektor
Forschungsinstitut für Flüssigboden GmbH und
Fachplaner für Flüssigboden und komplexe
unterirdische Systeme im IB LOGIC
www.fi.fb.de
o.stolzenburg@fi-fb.de