

38. Oldenburger Rohrleitungsforum

ZFSV als alternatives Bettungsmaterial im Fernwärmeleitungsbau: Ein Überblick

Dr.-Ing. Bernd Wagner | Oldenburg | 05.02.2026

Rolle der Fernwärme [1]:

„Die Fernwärme ist einer der zentralen Schlüssel zum Erreichen des klimaneutralen Gebäudebestandes und für die urbane Wärmewende...“

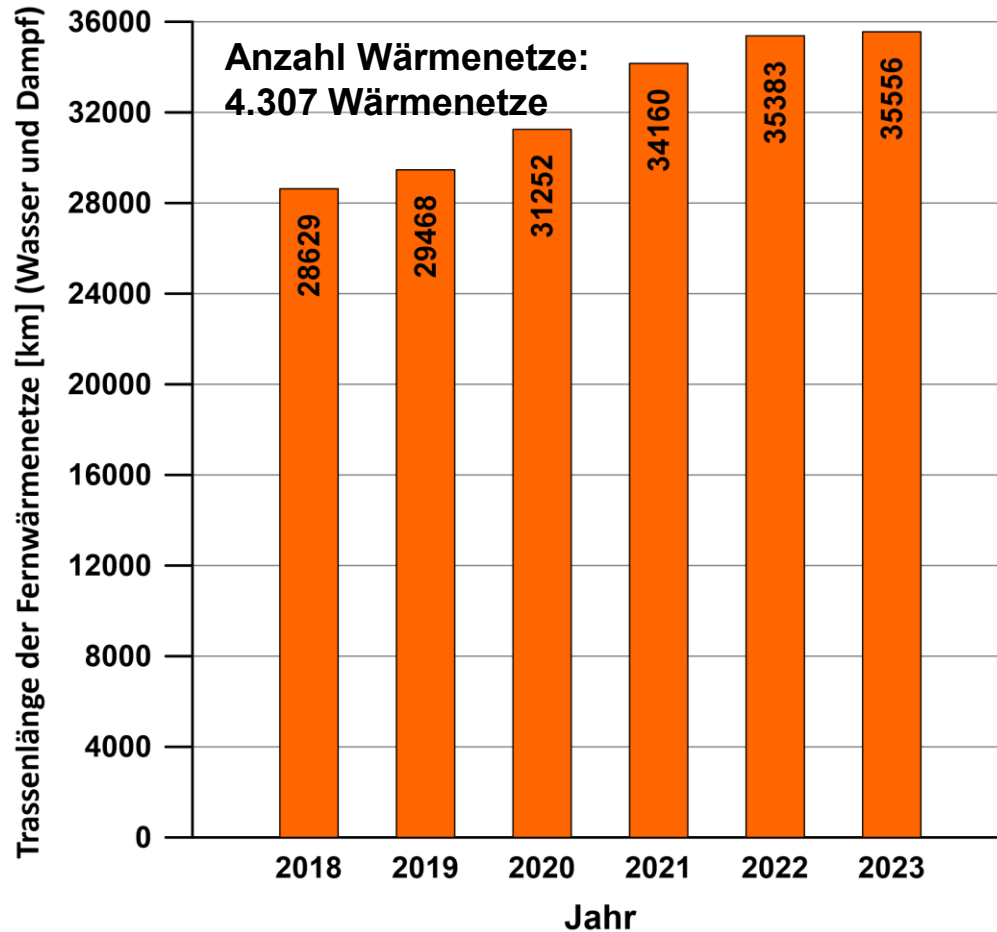


Abbildung 1: Anzahl Wärmenetze und Trassenlänge der Fernwärmenetze Jahre 2018 - 2023
Quelle: eigene Darstellung nach [2]

Perspektiven:

- » bis 2045 eine **Verdreifachung der Anzahl der angeschlossenen Gebäude** (mittelfristig 100.000 Anschlüsse pro Jahr) [3]
 - » „...Die Analysedaten der **kommunalen Wärmepläne** zeigen, dass der überwiegende Teil der Kommunen in den Zielszenarien mit einem **erheblichen Ausbau der Wärmenetze** zur Erreichung der Klimaneutralität **in der Wärmeversorgung plant...**“ [4] (mit eigenen Hervorhebungen)
- ⇒ **Wärmenetzen und deren Bau kommt ein erheblicher Beitrag an der Wärmewende und damit der Energiewende zu**

- Abnehmende Verfügbarkeit von Sand [5] und steigende Anforderungen der Kreislaufwirtschaft

 - zunehmende weltweite Nachfrage nach Sand, eine endliche Ressource
 - abnehmende Anzahl an Gewinnungsstellen
 - abnehmende Deponierungsmöglichkeiten für Aushub, steigende Entsorgungskosten und steigende Anforderungen aus der Kreislaufwirtschaft, speziell Ersatzbaustoffverordnung [6]

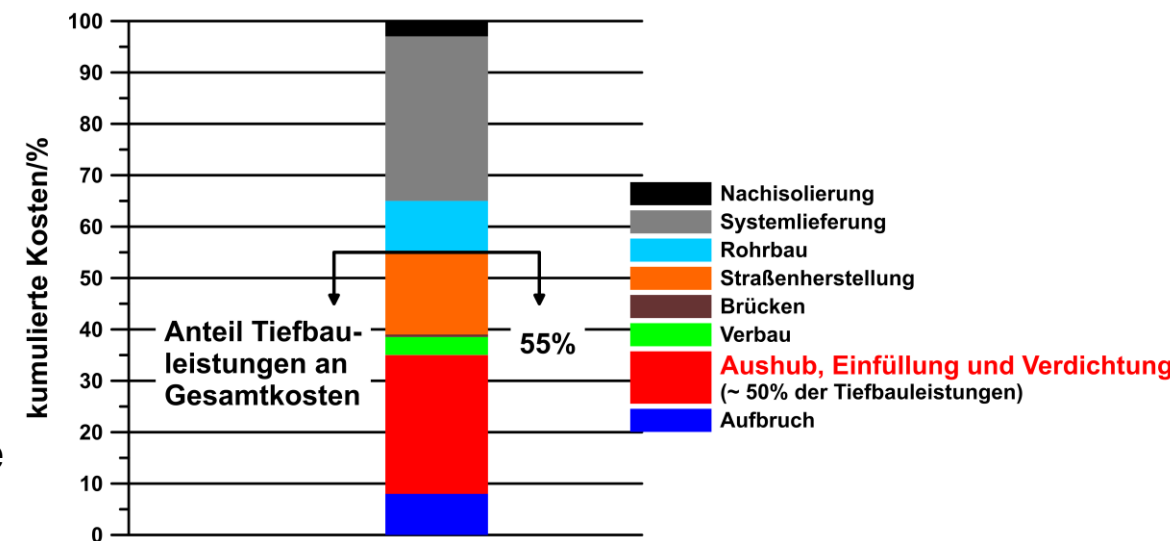


Abbildung 2: Kostenanteile einzelner Bauleistungen an den Gesamtkosten einer Transportleitung DN 600
Quelle [7], verändert

⇒ Alternativen zur Verfüllung mit Sand in der Leitungszone werden erheblich an Bedeutung gewinnen

Alternativer innovativer Baustoff und Bauweise für die Verfüllung in Fernwärmenetzen:

Zeitweise fließfähige selbstverdichtende Verfüllbaustoffe (ZFSV)



fließfähiger ZFSV: nach dem Anmischen sofort verarbeitbar



spartenübergreifender Einsatz

ansteifen

erstarren

erhärten



fester ZFSV: mechanisch belastbar

	Produkt C-ST	Menge [kg/m³]
Ausgangsstoff	ST*	1308 (keine Eigenfeuchte)
Zusatzstoff I	CEM I 42,5 R	38
Zusatzstoff II	alkalisch aktivierter Bentonit	40
Anmischwasser	Leitungswasser OTH.R	479
w/f [-]	0,3456	---

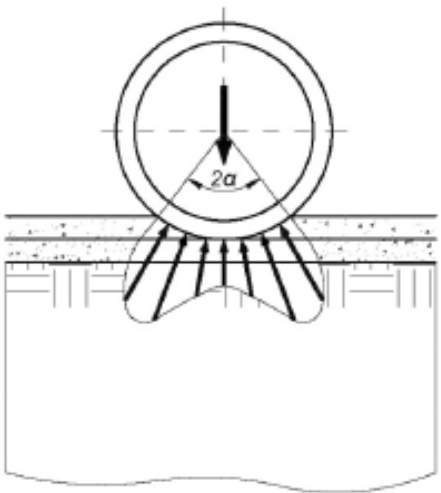
Abbildung 3: Grundlagen und Bestandteile ZFSV mit Rezepturbeispiel
Quelle: eigene Aufnahmen, Rezepturbeispiel auf Basis von [8], dortige Tabelle 3, verändert

Aufgaben Bettung nach [9], [10] und [11]:

Lagerung des Rohres im Verfüllbaustoff

- **vertikal/Querschnitt**
 - stützt und trägt das Rohr
 - beeinflusst Tragverhalten und Rohrbeanspruchung
- **axial/Längsschnitt**
 - **axiale Temperaturdehnung durch axiale Bettung behindern** mittels
 - **Reibung** und/oder **Adhäsion**

Richtig



Falsch

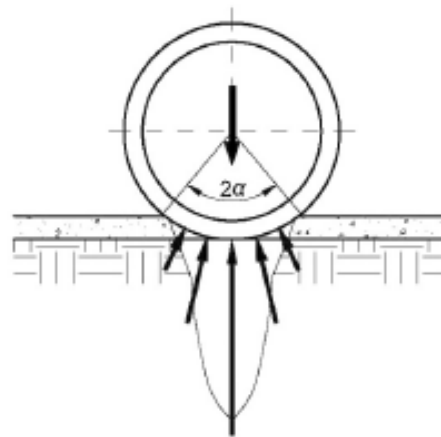
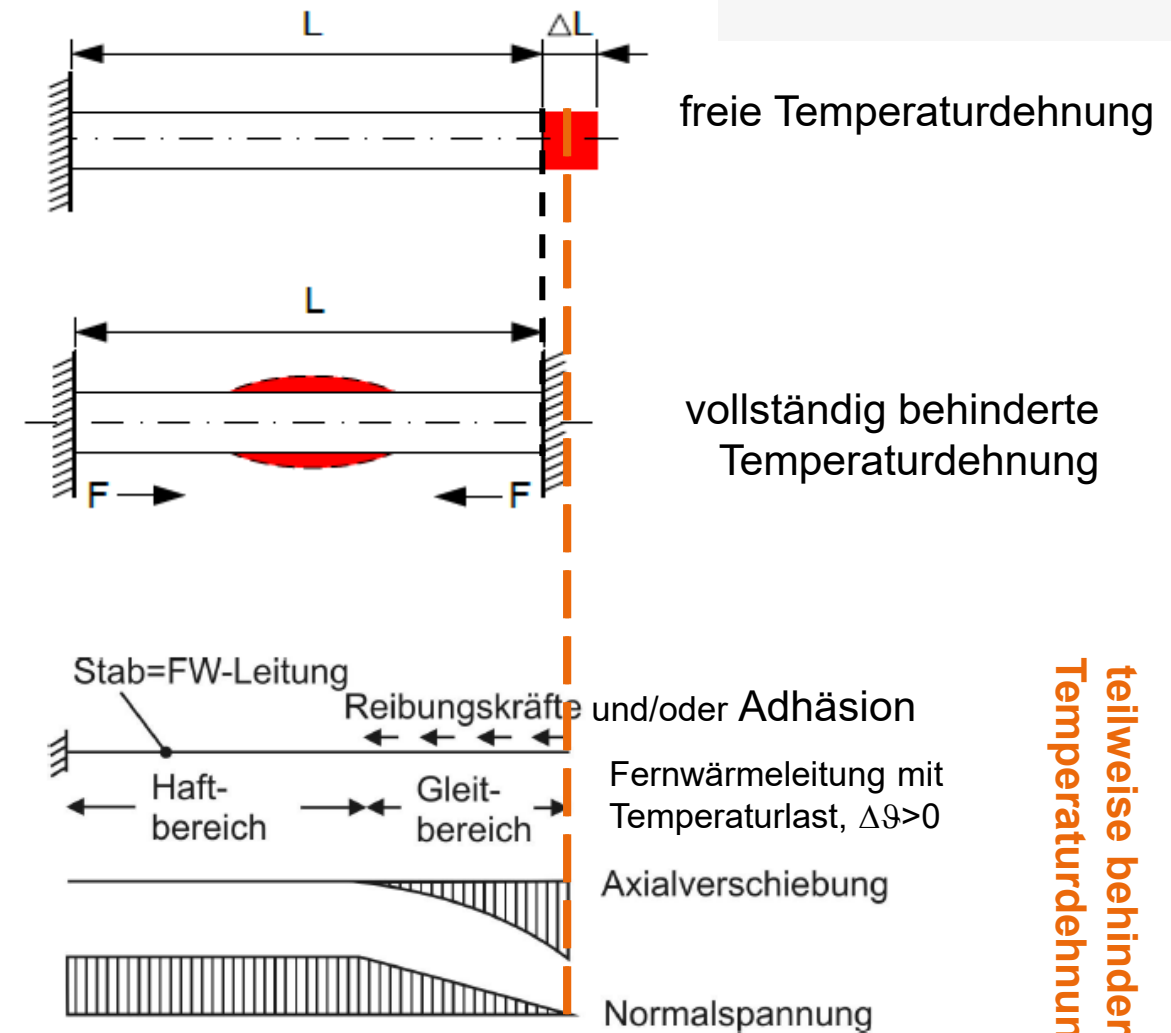


Abbildung 4: Spannungsverteilung bei richtiger und falscher Bettung
Quelle: [11], dortiges Bild 11



teilweise behinderte Temperaturdehnung

Abbildung 5: freie und (teilweise) behinderte Temperaturdehnung
Quelle: [12], dortige Bilder 7.15 und 7.16, verändert und [13], dortiges Bild 1, verändert

2015



Heft 32 [14]

2017



Heft 43 [8]

2017



Dissertation Wagner [7]

2019



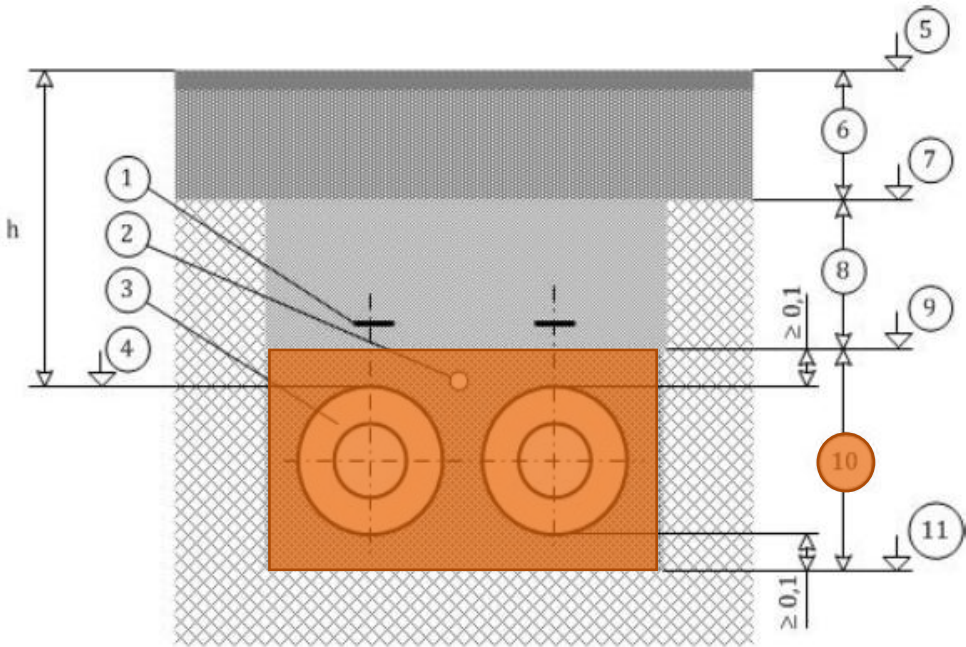
Heft 50 [15]

Einsparpotentiale nachgewiesen, Materialverständnis, Qualitätssicherung, statische Berechnungsansätze

AGFW FW 401-12 [16]

Verfüllbaustoffe nach Abschnitt 5.4.2 Verfüllen der Leitungszone

- Sande und Kies
- ZFSV → explizit zugelassen einschließlich Anforderungen
- Rezyklierte Gesteinskörnungen und -gemische
→ explizit zugelassen einschließlich Anforderungen



Legende	
①	Trassenwarnband
②	Begleitkabel oder Kabelschutzrohre
③	KMR
④	OK Leitung / Rohrscheitel
⑤	OK Gelände bzw. Fahrbahn
⑥	Oberbau (ggf.)
⑦	OK Planum (ggf.)
⑧	Verfüllzone
⑨	OK Leitungszone
⑩	Leitungszone
⑪	Grabensohle
h	Überdeckungshöhe

Abbildung 6: Leitungszonen (Maße in [m])
Quelle: [16], dortiges Bild 6, verändert

ZFSV – Anforderungen Einsatz im FW-Leitungsbau

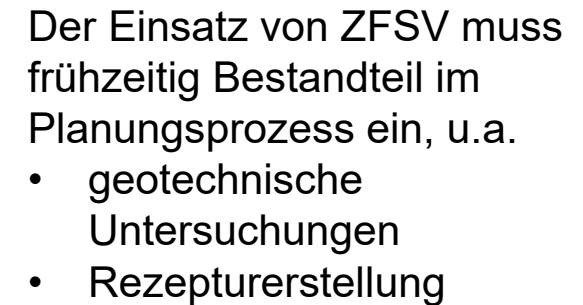


Abbildung 7: Anforderungen und Einflussgrößen Bettungsmaterial
Quelle: eigene Darstellung

- » **Herstellung aus** Boden aus **Baustellenaushub** (Baugrundgutachten) **oder** aus **Aufbereitungsanlagen/ Gewinnungsbetrieben**
 - » **Anforderungen** an die **Rezeptur** und **rechtzeitige Rezepturerstellung** sowie Zeitpunkt der Überbaubarkeit
 - » Mischanlage und Standort der Mischanlage (zentral/dezentral, **Fahrzeiten**)
 - » **ggf. Auftriebssicherung** oder mehrlagiger Einbau mit zugehöriger (Rohr)Statik
 - » **rechtzeitiges Ziehen Verbau** für vollständige Grabenverfüllung (Statik Rückbauzustand)
 - » Fernwärme: Dehnpolster nicht und andere Rohre/Bereiche/Bauwerke nicht unplanmäßig verfüllen
 - » ggf. Informationsveranstaltung für Bieterunternehmen und/oder Anwohner
 - » Herstellung ZFSV
 - » Lieferung ZFSV
 - » Einbau ZFSV
- } Bestandteil der Ausschreibung durch entsprechende Leistungspositionen
- **Ingenieurbüros und qualitätssichernde Institutionen verfügen über Know-how und erbringen entsprechende Unterstützungsleistungen**

¹⁾ zum Teil nach [17]

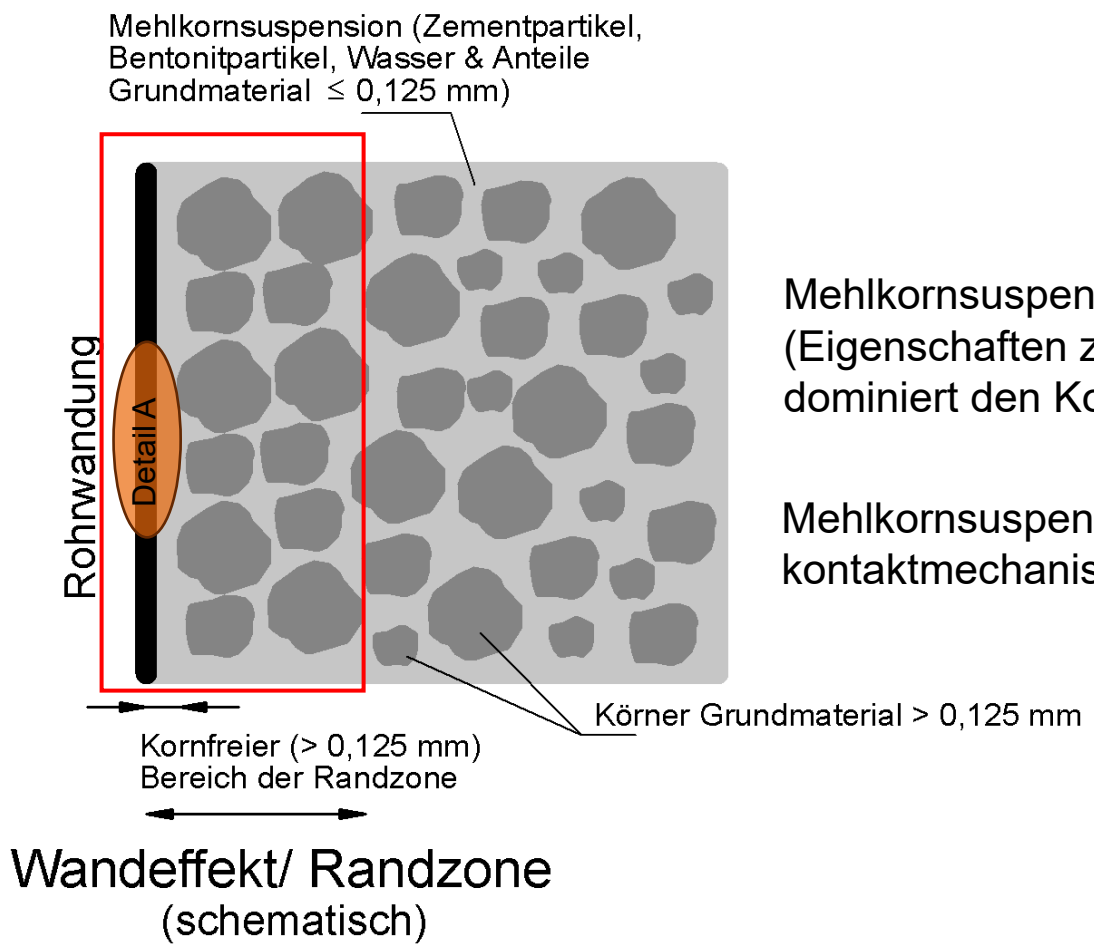
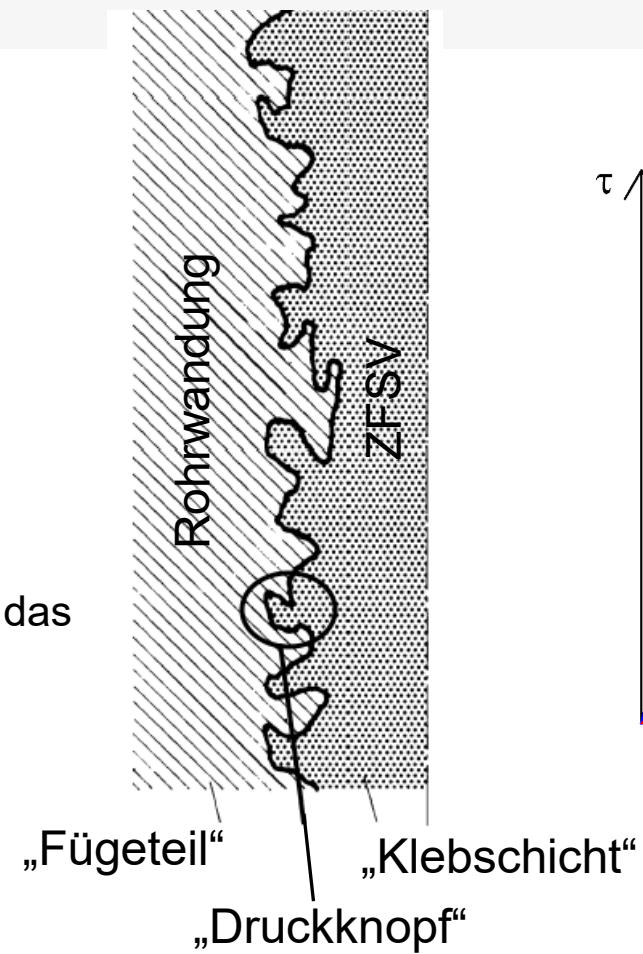


Abbildung 8: Wandeffekt bei ZFSV
Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an [18], [19] und [20], dortige Bilder 2.2 und 2.8, eigene Aufnahme



⇒ mechanische Adhäsion (begrenzter Größe)

Abbildung 9: Detail A – Prinzip der mechanischen Adhäsion
Quelle: [21], dortige Abbildung 6.8, verändert

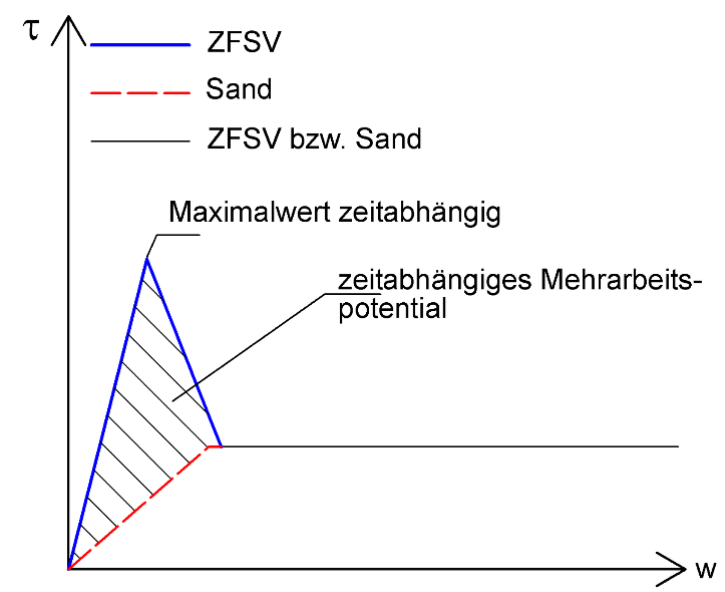


Abbildung 10: Vergleich der idealisierten **Kontakt-Widerstands-Arbeits-Linien (KWAL)** für ZFSV und Sand
Quelle: eigene Darstellung

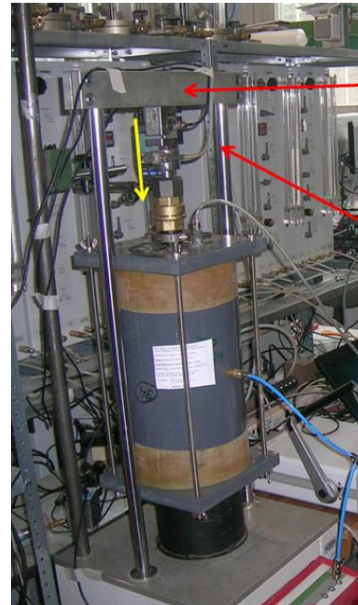
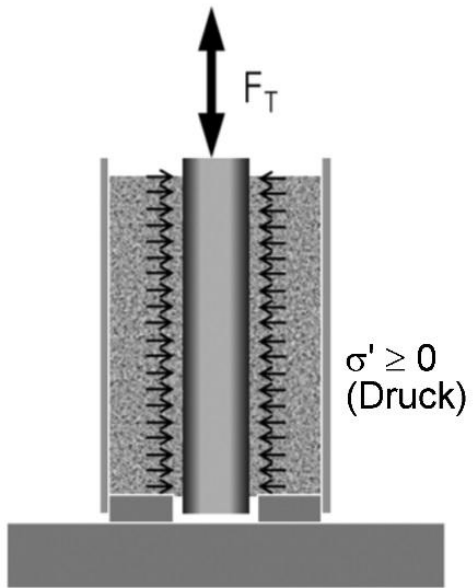


Abbildung 11: Prinzip und Schema
Durchführung Stabscherversuch Re-SIST
Quelle: [8], Abbildung 59 und eigene Aufnahmen

Stabscherversuch: Regensburger Stab-Interface-Scher-Test (Re-SIST)

Qualitätsanforderungen FW	Planung (Auswahl)	Ausführung (Auswahl)
• M-ZFSV [22] • AGFW FW 401-12 [16] • AGFW, Heft 68 [23] • Gütesicherungs- und Qualitätsgemeinschaften	• Anforderungen • Einbaueigenschaften • Einbaubedingungen • Eigenschaften Endprodukt • Eignungsprüfung • ...	• Dokumentation/Lieferschein • Vor-Ort-Überwachung • Eigenüberwachung • Fremdüberwachung • ...

Tabelle 1: Übersicht wichtige Aspekte der Qualitätssicherung beim Einsatz von ZFSV für den Fernwärmeleitungsbau
 Quelle: eigene Darstellung, Planung und Ausführung anhand von [24]

Bereitstellung der Projektergebnisse auf der Projektwebpage des AGFW zum **frei zugänglichen Download inklusive vorlaufender Ergebnisse**

www.agfw.de/zfsv

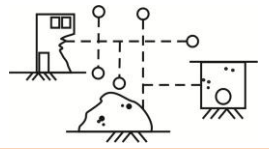


Für den eiligen Leser:

vorangestellte **Executive Summary**

» Ausgewählte Kernthesen/Ergebnisse

- ZFSV können im Fernwärmeleitungsbau nun stark vereinfacht und sicher eingesetzt werden
- Aus Sicht des Projektkonsortiums steht mit ZFSV ein weiteres, generell abgesichertes Bettungsverfahren für insbesondere Kunststoffmantelrohre (als dominierendes System in der Fernwärme) als Alternative zur Verfüllung mit Sand zur Verfügung



- Teilvorhaben: Wegbereitung und Abbau von Hemmnissen für alternative Bettungsmaterialien & deren Kreislaufwirtschaft im Fernwärmeleitungsbau

- Projektlaufzeit: 01.11.2025 – 31.10.2028 (36 Monate)

- Förderkennzeichen: 03EN3125 B

- Gefördert durch:



Arbeiten des AGFW:

- Identifizierung technischer Randbedingungen & kreislaufwirtschaftliche Anforderungen
- Bestimmung geeigneter ABM und deren Verfügbarkeit
- Unterstützung Weiterentwicklung und Optimierung kontaktmechanischer Untersuchungen
- Abstimmung mit der Branche & Vorbereitung von Regelwerksverbesserungen für ABM

- Projektpartner:



- [1] Prognos AG: Gutachten „Perspektive der Fernwärme – Aktualisierung des Gutachtens „Perspektive der Fernwärme – Aus und Umbau städtischer Fernwärme als Beitrag einer sozial-ökologischen Wärmepolitik“ aus dem Jahr 2020“. Frei zugänglich: <https://www.agfw.de/strategien-der-waermewende/perspektive-der-fw-7070-4040/>, Juni 2024 (letzter Zugriff am 22.01.2026)
- [2] AGFW, Hrsg.: AGFW-Hauptbericht 2024. Frei zugänglich: <https://www.agfw.de/zahlen-und-statistiken/agfw-hauptbericht>, Dezember 2025 (letzter Zugriff am 22.01.2026)
- [3] Pressemitteilung des BMWK: Mehr Tempo bei der Transformation der Wärmeversorgung Wärmenetze klimaneutral um- und ausbauen, 12.06.2023, (<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/0612-erklaerung-fernwaeme-gipfel.html>) (letzter Zugriff am 22.01.2026)
- [4] BSSR, Hrsg.: Basisanalyse kommunaler Wärmepläne. Frei zugänglich: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/analysen-kompakt/2025/ak-11-2025.html>, November 2025 (letzter Zugriff am 22.01.2026)
- [5] Bergner, M.: Sandverfügbarkeit und Aushubdeponierung: Ein Überblick, PowerPoint- Präsentation im Rahmen des Seminars „Infrastruktur – Leitungsbau mit zeitweise fließfähigen selbstverdichtenden Verfüllbaustoffen“, 25.04.2023, Regensburg
- [6] Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke. Frei zugänglich: <https://www.gesetze-im-internet.de/ersatzbaustoffv/> (letzter Zugriff am 22.01.2026)
- [7] Wagner, B.: Ein Beitrag zur axialen Bettung von Kunststoffmantelrohren der Fernwärme in Zeitweiße fließfähigen, selbstverdichtenden Verfüllbaustoffen (ZFSV), Diss, Technische Universität Bergakademie Freiberg, 2017
- [8] AGFW, Hrsg.: EnEff:Wärme: Einsatz fließfähiger Verfüllstoffe zur KMR-Verlegung. Forschung und Entwicklung | Heft 43, 2017
- [9] AGFW, Hrsg.: Teil 1 – Anwendungsbereich, Gliederung, Begriffe. In: AGFW-Arbeitsblatt FW 401 – Kunststoffmantelrohre (KMR) als Verlegesysteme der Fernwärme, 2022

- [10] Arsic, I.: Über die Bettung von Rohrleitungen in Flüssigboden, Diss, Ruhr-Universität Bochum, 2009
- [11] DWA Arbeitsblatt DWA-A 139: Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), 03/2016
- [12] EnergieSchweiz, Hrsg.: Planungshandbuch Fernwärme, Version 1.2, 2018
- [13] Weidlich, I; Huther, H.: Grabenloses Bauen für Fernwärmenetze – aktuelle Forschungsergebnisse. In: 65. Deutsche Brunnenbauertage BAW-Baugrundkolloquium – Tagungsband (2014), S. 161-163
frei zugänglich: <https://izw.baw.de/publikationen/kolloquien/1/tagungsband.pdf> (letzter Zugriff am 22.01.2026)
- [14] AGFW, Hrsg.: EnEff:Wärme Kostengünstiger Fernwärmetransport für den effektiven Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung - Bautechnische Entwicklungen von Fernwärme-Transportleitungen. Forschung und Entwicklung | Heft 32, 2015
- [15] AGFW, Hrsg.: Nachhaltige Sektordurchdringung von ZFSV als Bettungsmaterial im Fernwärmeleitungsbau. Forschung und Entwicklung | Heft 50, 2019
- [16] AGFW, Hrsg.: Teil 12 – Organisation der Bauausführung, Tiefbau. In: AGFW-Arbeitsblatt FW 401 – Kunststoffmantelrohre (KMR) als Verlegesystem der Fernwärme, 2022
- [17] FGSV, Hrsg.: Hinweise für die Herstellung und Verwendung von zeitweise fließfähigen, selbstverdichtenden Verfüllbaustoffen im Erdbau - H ZFSV, 2012
- [18] König, G.; Nguyen, V. T.: Grundlagen des Stahlbetonbaus. Einführung in die Bemessung nach DIN 1045-1, 2. Aufl., Wiesbaden (Teubner) 2003
- [19] Springenschmid, Rupert: Betontechnologie für die Praxis, Berlin (Bauwerk) 2007
- [20] Geisenhanslüke, C.: Einfluss der Granulometrie von Feinstoffen auf die Rheologie von Feinstoffleimen, Diss, Universität Kassel, 2008

- [21] Habenicht, G.: Kleben. Grundlagen, Technologien und Anwendungen, 6. Aufl., Berlin, Heidelberg (Springer) 2009
- [22] FGSV, Hrsg.: Merkblatt für die Herstellung und Verwendung von zeitweise fließfähigen, selbstverdichtenden Verfüllbaustoffen (ZFSV) im Erdbau - M ZFSV, 2025
- [23] AGFW, Hrsg.: EnEff:Wärme - FW-ZFSV_4-0 - Fernwärmeleitungsbau 4.0 mit zeitweise fließfähigen selbstverdichtenden Verfüllbaustoffen für niedrige und hohe Betriebstemperaturen. Forschung und Entwicklung | Heft 68, 2025
- [24] Simon, J.: Qualitätssicherung – in der Planung, auf der Baustelle und im Labor, Power-Point-Präsentation im Rahmen des Seminars „Infrastruktur – Leitungsbau mit zeitweise fließfähigen selbstverdichtenden Verfüllbaustoffen“, 25.04.2023, Regensburg

darum fernwärme ...

denn sie ist stubenrein und hilft,
CO₂ zu vermeiden.

fernwärme 
rein ins haus.

www.fernwaerme-info.eu



Dr.-Ing. Bernd Wagner
Forschung und Entwicklung
E-Mail: b.wagner@agfw.org
Tel: +49 69 6304-348

