

Untersuchungen zur Beständigkeit von Bettungsmaterialien für erdverlegte Energiekabel bei zyklischen Belastungen

Fachsektionstagung Ingenieurgeologie 2021, 17. März 2021



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Graduate School of
Energy Science
and Engineering

Session: Geothermie

Maximilian Eckhardt¹
Markus Schedel^{1,2}
Hung Pham¹
Ingo Sass^{1,2}

Technische Universität Darmstadt

¹Fachgebiet Angewandte Geothermie

²Darmstädter Exzellenz-Graduiertenschule für Energiewissenschaft und Energietechnik

Gefördert durch:

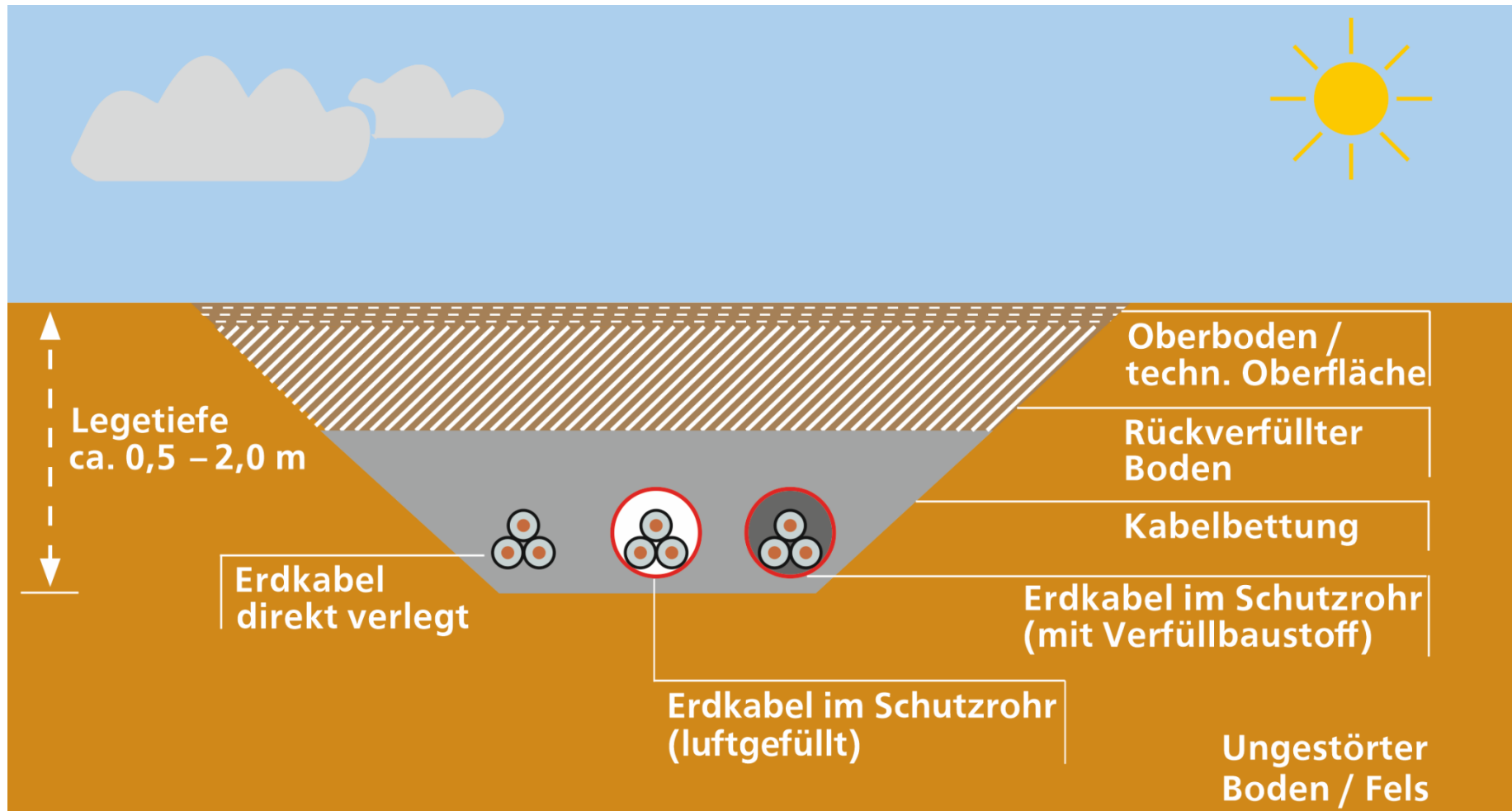


Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

FKZ: 0350051

Schematischer Aufbau einer Erdkabel-Trasse



Zwei grundsätzliche Anforderungen an Kabelbettungsmaterialien

Mechanischer Kabelschutz

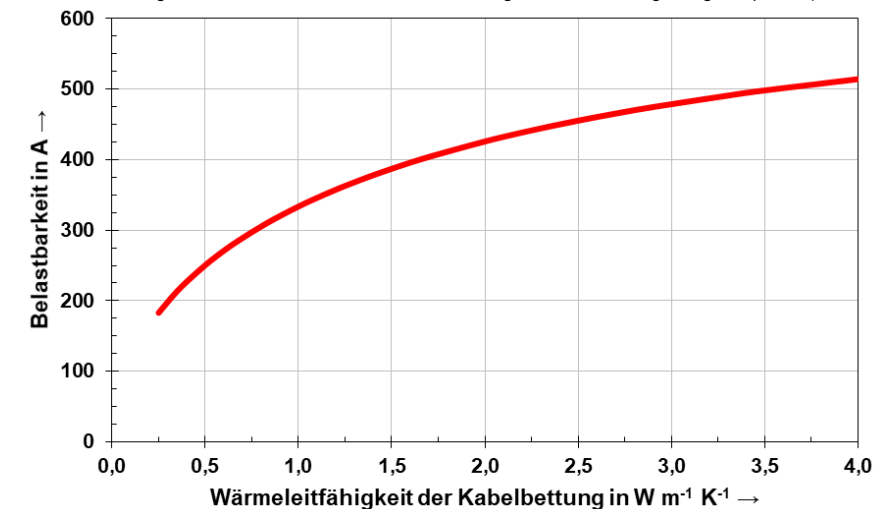
- Dauerhafte Positionierung im Kabelgraben
- Schutz vor mechanischen Spannungsspitzen (z. B. Punktlasten) beim Einbau oder nachträglicher Befahrung der Trasse



Thermische Anbindung an Umgebung

- Abführung elektrischer Verlustleistung (als abgegebene Wärme)
- Stromtragfähigkeit durch maximal zulässige Leitertemperaturen beschränkt
- Übertragungsleistung steigt mit adäquater Wärmeableitung
- Abschnitte mit den „schlechtesten“ thermischen Eigenschaften beschränken die Übertragungskapazität der gesamten Trasse

Belastbarkeit berechnet nach IEC 60287 (MS-Kabel NA2XS2Y 12/20 kV in Trefoil-Konfiguration bei konstantem Betrieb; 0,7 m Legetiefe; 20 °C Umgebungstemperatur)



Dauerhafte Beständigkeit von Bettungseigenschaften unklar

Relevante Bettungseigenschaften (thermisch, hydraulisch, mechanisch) grundsätzlich bekannt und gut untersucht

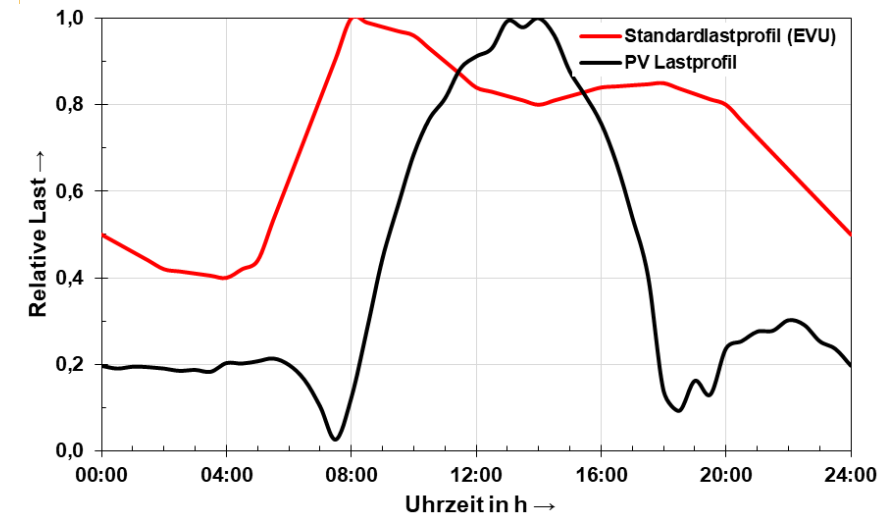
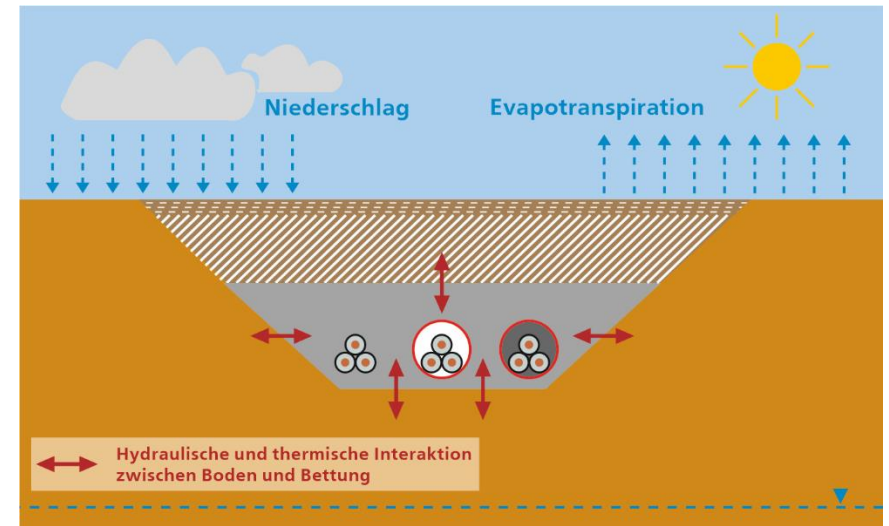
Aber: Nur geringe Kenntnisse zur Langzeitbeständigkeit

Natürliche Einflussfaktoren

- (Hydraulische) Baugrundbedingungen beim Einbau
- Variable Umweltrandbedingungen

Betriebsbedingte Belastungen durch Erwärmung der Kabel

- Üblicherweise zyklische Lastveränderungen
- Lokale Austrocknung kann Destabilisierung des Kornverbandes bewirken
- Thermische Anbindung zwischen Kabel und Bettung kann verschlechtert werden



Untersuchungsansatz zum Einfluss von Belastungszyklen auf Bettungseigenschaften

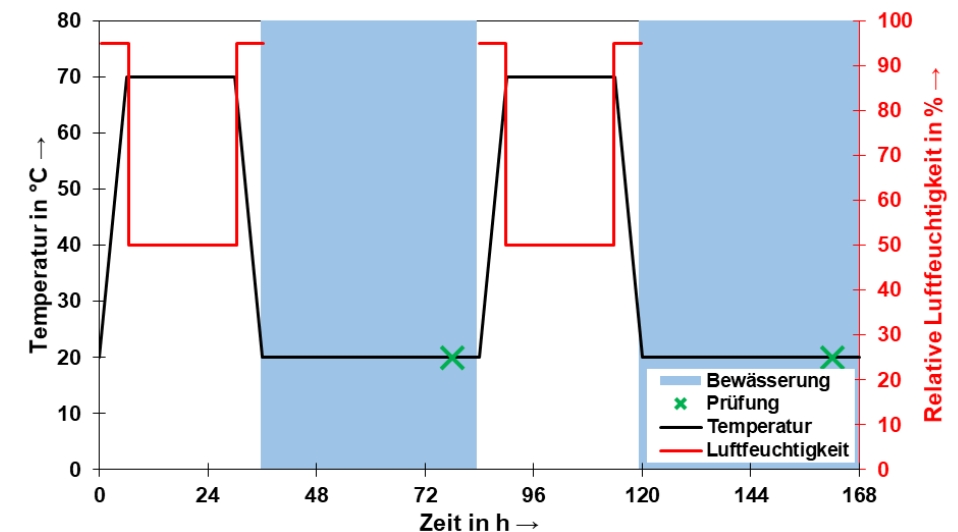
Natürliche und betriebsbedingte (zyklische) Belastungsszenarien bewirken v. a. thermische und hydraulische Belastung der Bettung

Untersuchung der Einflüsse auf Bettungsmaterialien durch wiederholte Belastung bei maximal erwartbaren Temperaturbedingungen

Belastung von Prüfkörpern mittels Trocknungs- und Wiederbefeuchtungszyklen in Klimaprüfschrank

Anschließend systematische Untersuchung relevanter mechanischer, thermischer und hydraulischer Eigenschaften:

- Porosität
- Einaxiale Druckfestigkeit
- Wasserrückhaltevermögen
- Hydraulische Leitfähigkeit
- Wärmeleitfähigkeits-Wassergehalts-Beziehung

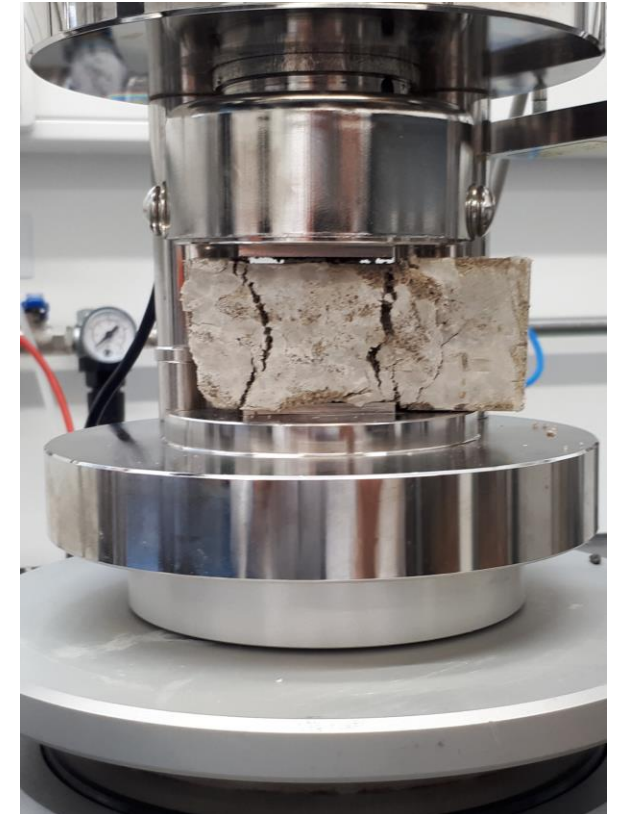
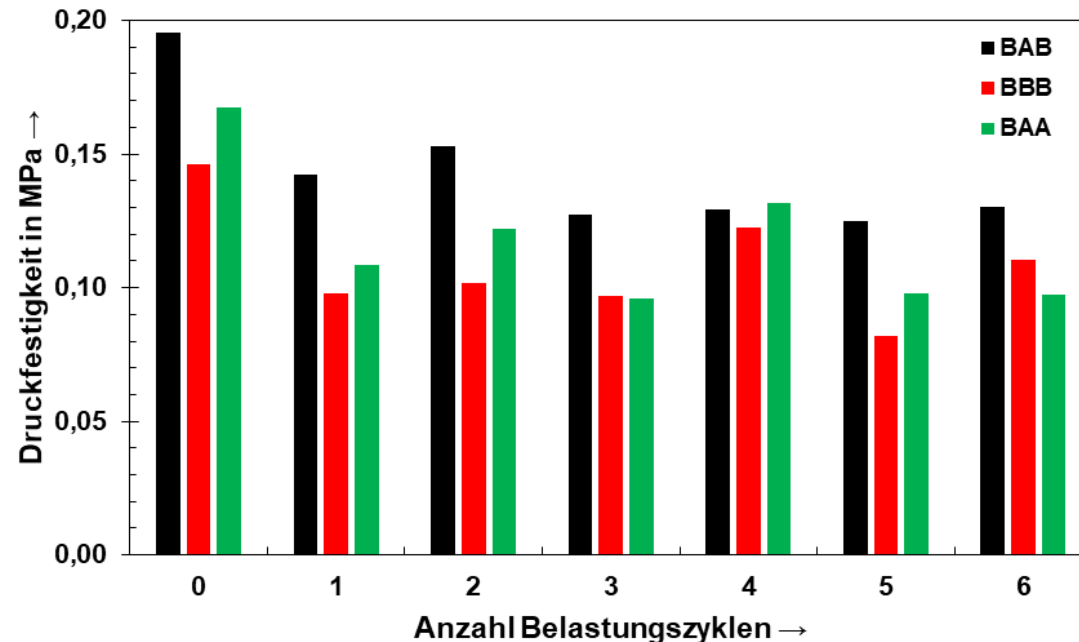


Einfluss zyklischer Belastung auf mechanische Eigenschaften

Untersuchung von Baustoffprismen nach zunehmender Anzahl an Belastungszyklen

Reduzierte einaxiale Druckfestigkeit nach erster Belastung (mittlere Abnahme 30 %)

Bei weiteren Belastungszyklen keine zusätzliche Festigkeitsabnahme erkennbar



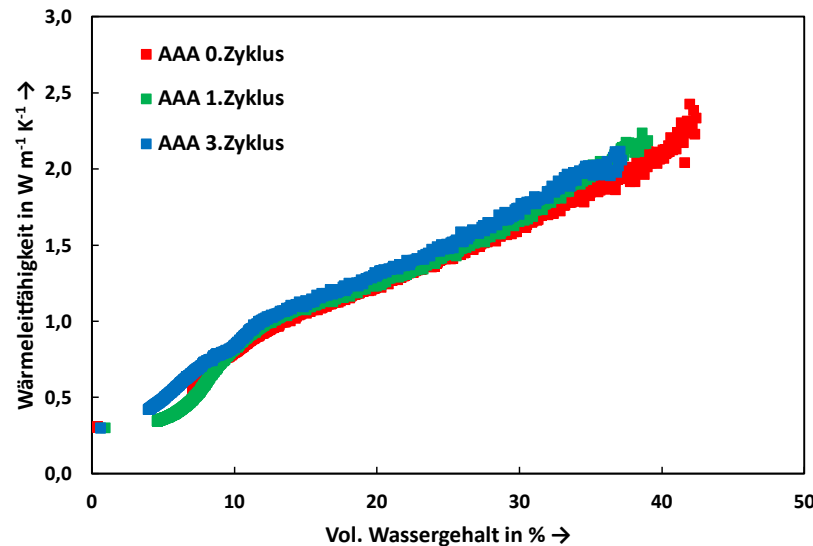
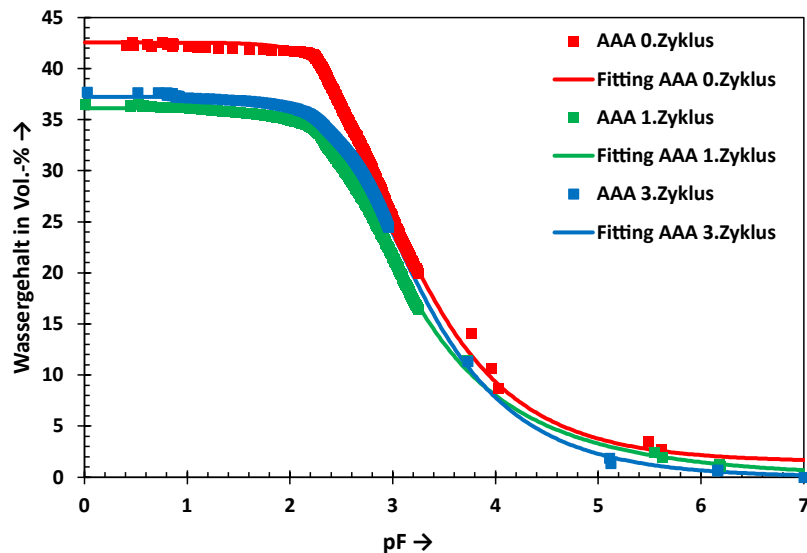
Einfluss zyklischer Belastung auf hydraulische Eigenschaften

Untersuchung von zylindrischen Prüfkörpern mit modifiziertem Verdunstungsversuch zur kombinierten Bestimmung der hydraulischen und thermischen Eigenschaften von Bettungsmaterialien

Prüfkörper wurden direkt vor Messung frei aufgesättigt

Wiederholte Austrocknung beeinflusst Wasserrückhaltevermögen

Kein signifikanter Einfluss auf Wärmeleitfähigkeits-Wassergehalts-Beziehung erkennbar



Zusammenfassung und Ausblick

Effektive thermische Bettungseigenschaften beeinflussen Belastbarkeit erdverlegter Kabelsysteme

Adäquate Bemessung der Bettung kann zu wirtschaftlichem Betrieb erdverlegter Kabeltrassen beitragen

Dauerhafte Beständigkeit der relevanten Bettungseigenschaften bzw. Beeinflussung durch zyklische Belastungsszenarien noch nicht vollständig geklärt

Bisherige Untersuchungen zeigen v. a. Einfluss von erstem Belastungszyklus

Systematische Untersuchung einzelner Einflussfaktoren soll Eingangsdaten für gekoppelte THM-Modellierung liefern

Validierung der Modelle erfolgt anschließend durch Systemversuche in Technikum-Maßstab

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



M.Sc. Maximilian Eckhardt

eckhardt@geo.tu-darmstadt.de

Technische Universität Darmstadt

FG Angewandte Geothermie

Schnittspahnstrasse 9

D-64287 Darmstadt

Tel.: +49 6151 16-25742