

# 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 Eckhardt<sup>1</sup>**

**Markus Schedel<sup>1,2</sup>**

**Hung Pham<sup>1</sup>**

**Ingo Sass<sup>1,2</sup>**

Technische Universität Darmstadt

<sup>1</sup>Fachgebiet Angewandte Geothermie

<sup>2</sup>Darmstädter Exzellenz-Graduiertenschule für Energiewissenschaft und Energietechnik

Gefördert durch:

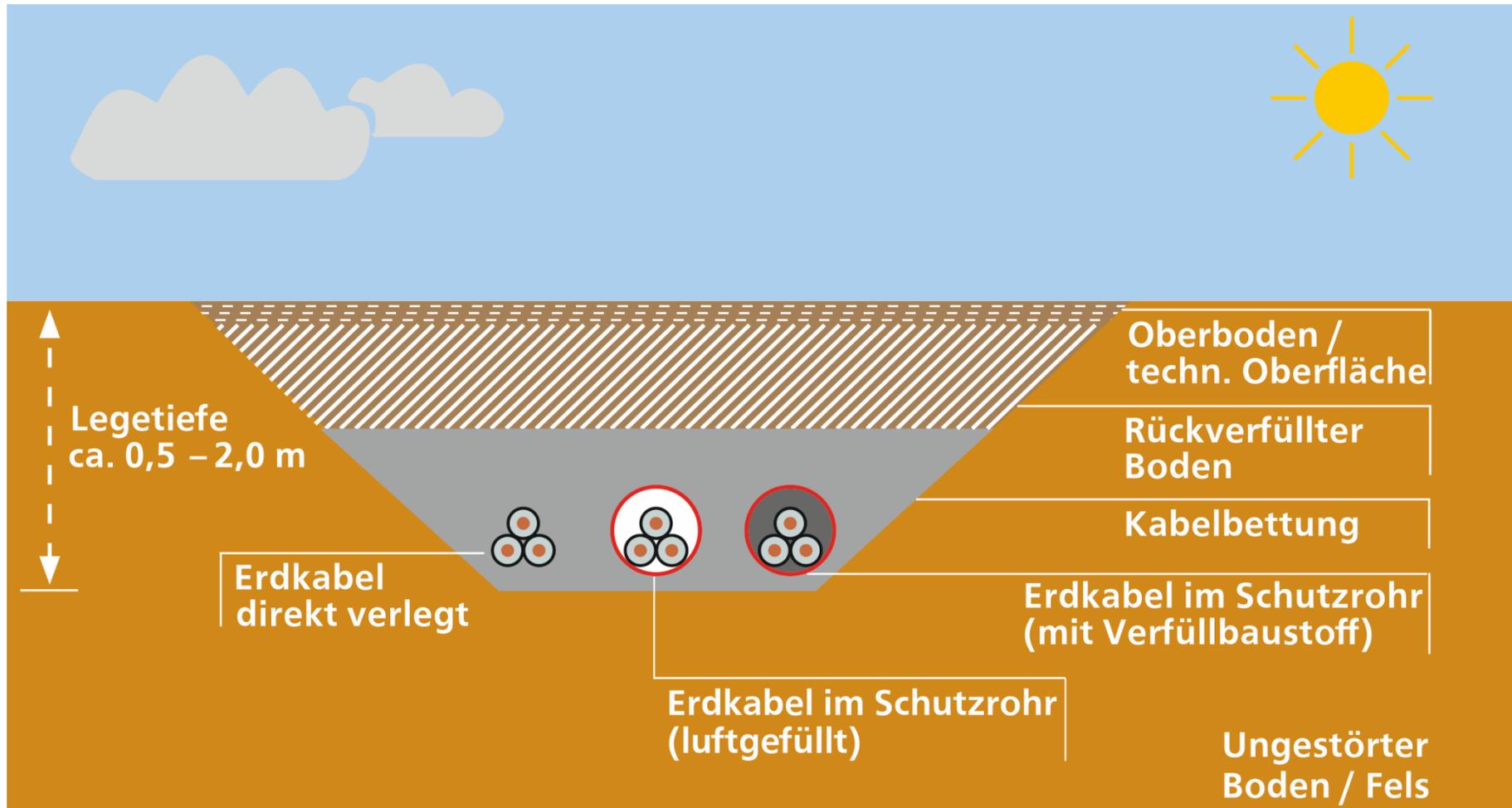


Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

FKZ: 0350051

# Schematischer Aufbau einer Erdkabel-Trasse



# Zwei grundsätzliche Anforderungen an Kabelbettungsmaterialien

## Mechanischer Kabelschutz

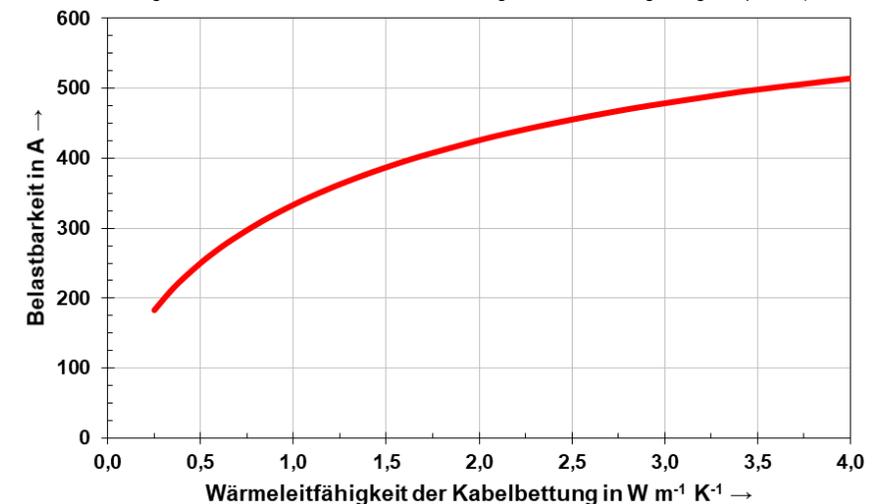
- Dauerhafte Positionierung im Kabelgraben
- Schutz vor mechanischen Spannungsspitzen (z. B. Punktlasten) beim Einbau oder nachträglicher Befahrung der Trasse



## 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

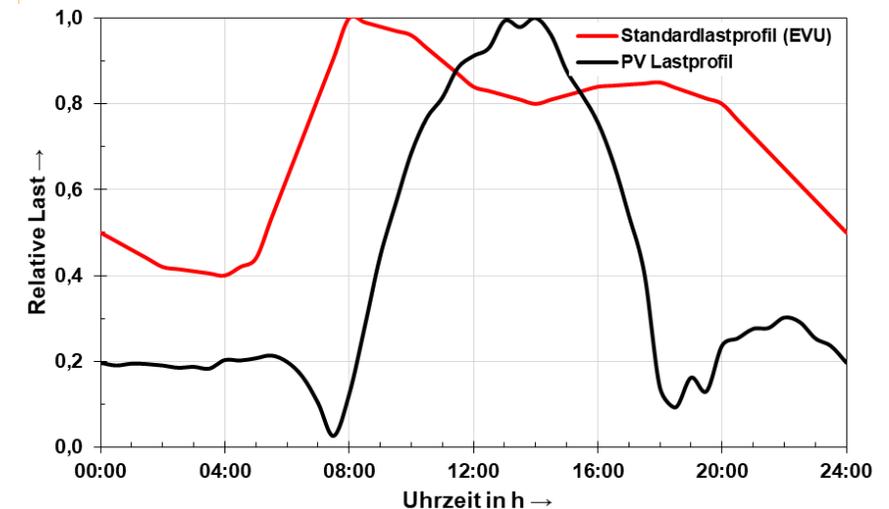
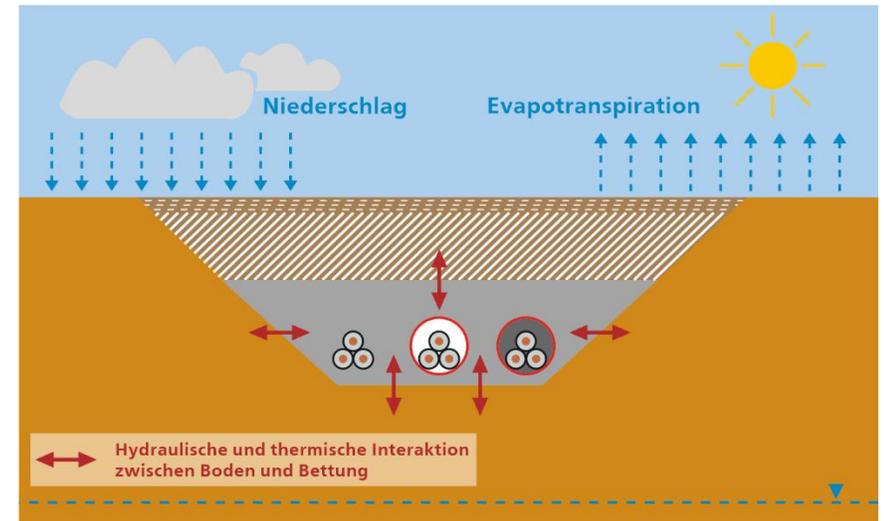
Aber: Nur geringe Kenntnisse zur Langzeitbeständigkeit

## 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

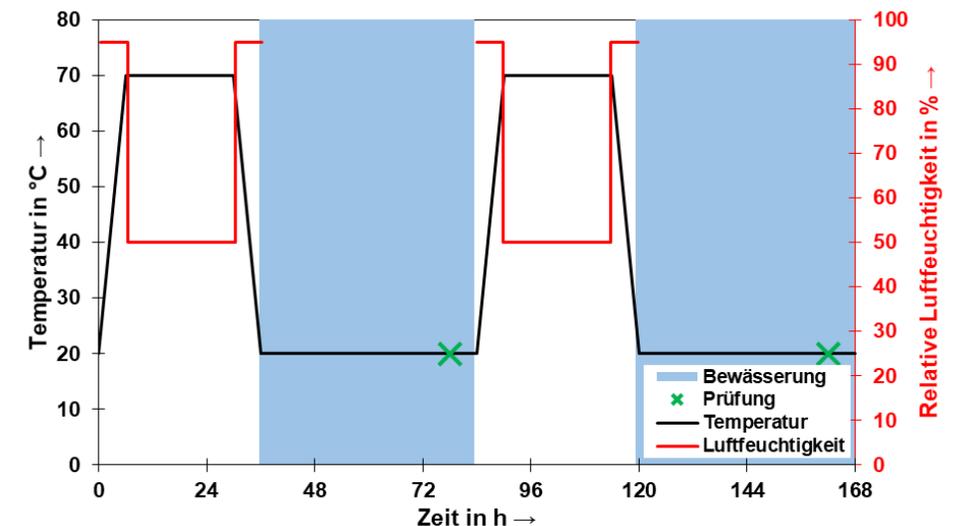
Natürliche und betriebsbedingte (zyklische) Belastungsszenarien bewirken v. a. thermische und hydraulische Belastung der Bettung

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

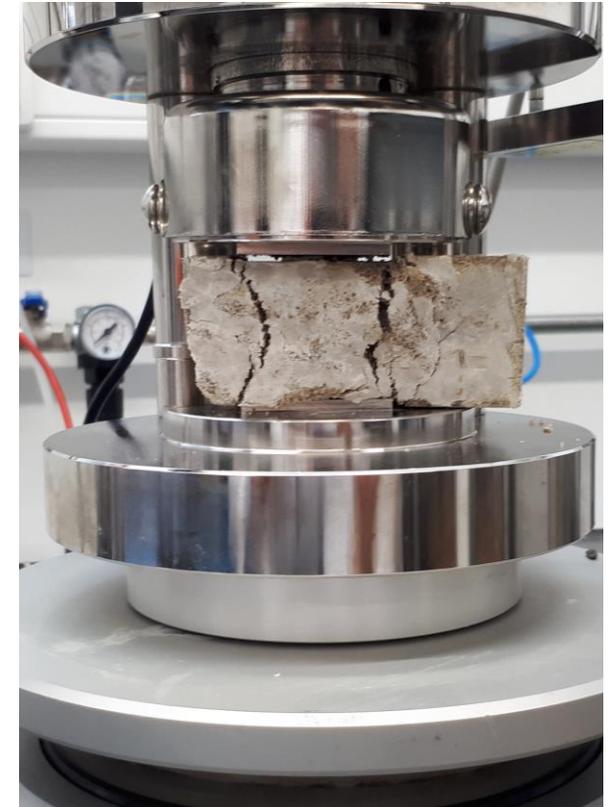
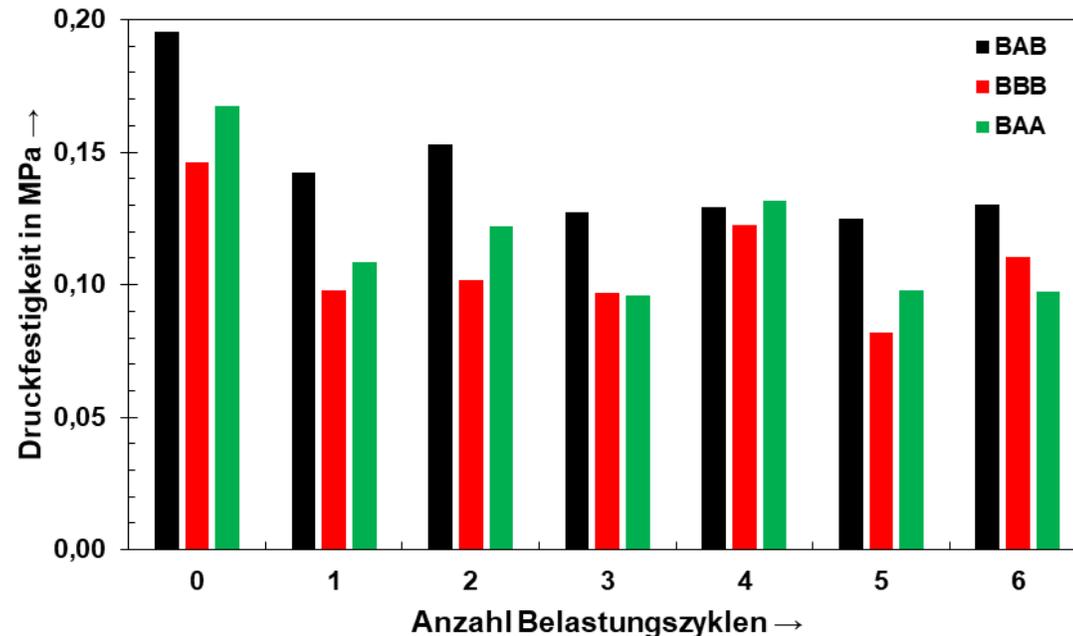


# Einfluss zyklischer Belastung auf mechanische Eigenschaften

Untersuchung von Baustoffprismen nach zunehmender Anzahl an Belastungszyklen

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

Bei weiteren Belastungszyklen keine zusätzliche Festigkeitsabnahme erkennbar



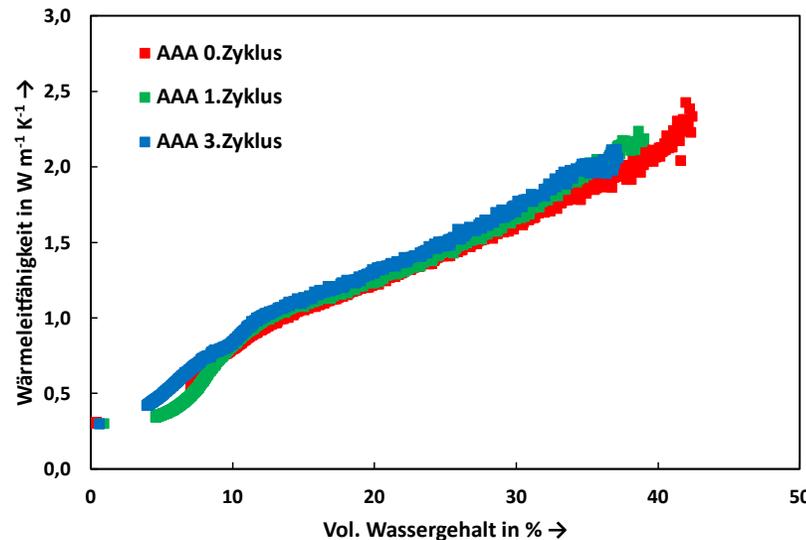
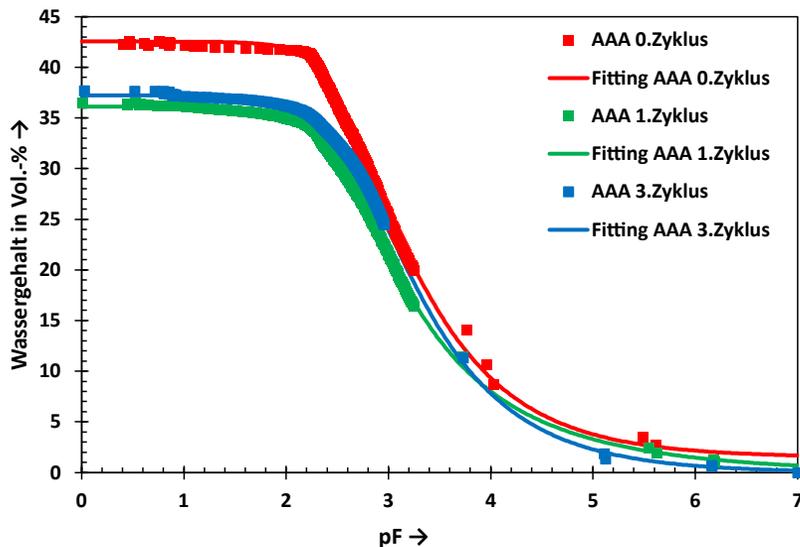
# Einfluss zyklischer Belastung auf hydraulische Eigenschaften

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](mailto:eckhardt@geo.tu-darmstadt.de)**

**Technische Universität Darmstadt**

**FG Angewandte Geothermie**

**Schnittspahnstrasse 9**

**D-64287 Darmstadt**

**Tel.: +49 6151 16-25742**