

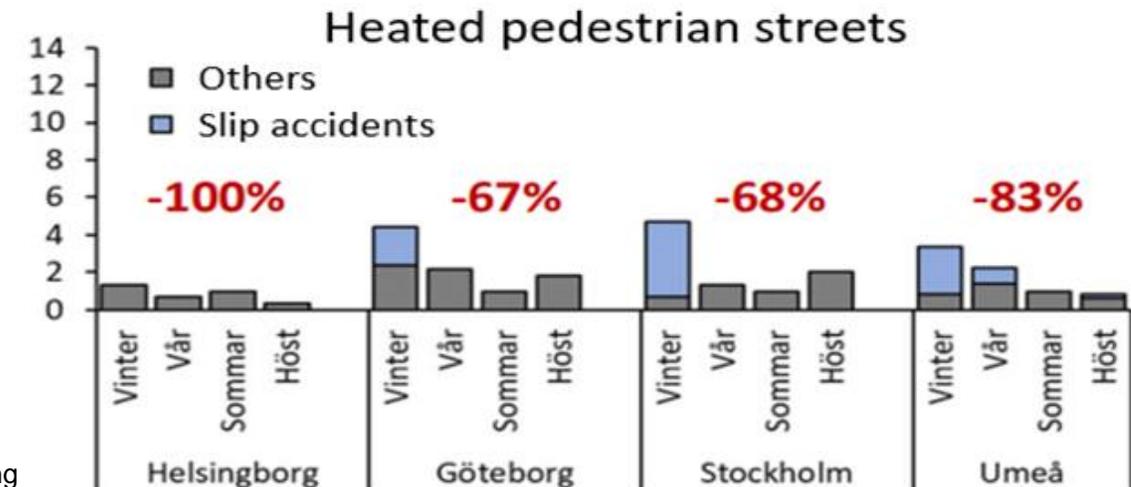
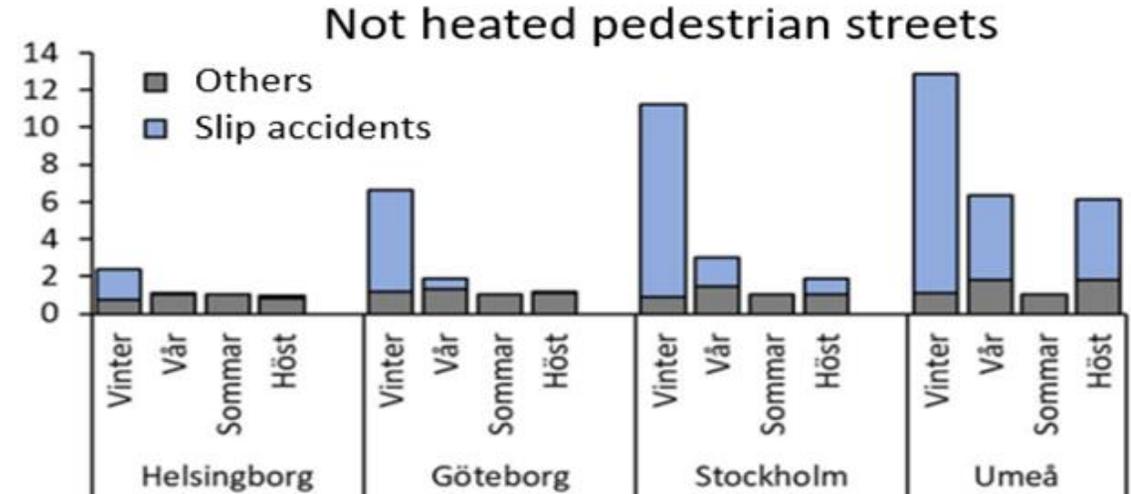
Mehr Sicherheit durch oberflächennahe Geothermie

G. Beck, A. Jäger, C. Knepel, G. Mederl, P. Osgyan, L. Staudacher, H. Steger, R. Zorn



Mehr Sicherheit durch Freiflächenheizsysteme

- Sturzunfälle auf Fußgängerstraßen waren in vier Städten in Schweden um 67–100 % geringer als auf unbeheizten Fußgängerstraßen (Carlsson et al 2016)
- Die Kosten dieser Sturzunfälle für die Gesellschaft belaufen sich auf Milliarden SEK, während die Präventivmaßnahmen nur Millionen SEK betragen (Trafikverket 2018 a)



Quelle:

[1] Olof Andersson et. al. State-of-the-Art: Sweden; IEA ES Task 38 "Ground Source De-Icing and Snow Melting Systems for Infrastructure"

Motivation

Globaler Markt für Systeme zur Schnee- und Eisfreihaltung US\$ 5,7 Mrd. 2020

[2] <https://www.zionmarketresearch.com/news/snow-melting-system-market>

Markt in Deutschland für Systeme zur Schnee- und Eisfreihaltung € 490 Mio. 2023

[3] German Snow Melting System Market, Zion Market Research 2022

Betrieb fast ausschließlich mit konventioneller Energie, sehr häufig Widerstandsheizungen

[4] M. Würtele, P. Sprinke, W. Eugster, Geothermie sorgt für Verkehrssicherheit, Studie im Auftrag des Ministeriums für Verkehr Energie und Landesplanung des Landes Nordrhein-westfalen, Düsseldorf 2005

Typische Betriebszeiten sind eher kurz (z.B. Weichenheizung ≈ 400 h/a)

Typische Anschlussleistungen sind hoch: $200 - 1000$ W/m² (ICE Weiche ≈ 50 kW)

Diese Systeme müssen zwingend versorgt werden, da sie kritische Infrastruktur am Laufen halten



Mit Erdwärme versorgte Heizsysteme vermeiden oder reduzieren die benötigte Spitzenleistung erheblich und reduzieren damit die Netzlast und die erforderliche Netzreserve .

ENERGIEEFFIZIENTE BEHEIZUNG VON OBERFLÄCHEN MIT CO₂-ERDWÄRMESONDEN - GERDI -

Projektziele

- Entwicklung von Oberflächenheizsystemen zur Eisfreihaltung
- direkte Versorgung mit Wärme aus dem Untergrund
- keine zusätzliche Hilfsenergie
- Technik einen großen Schritt näher an den Markt bringen

Konsortium



baugrund süd

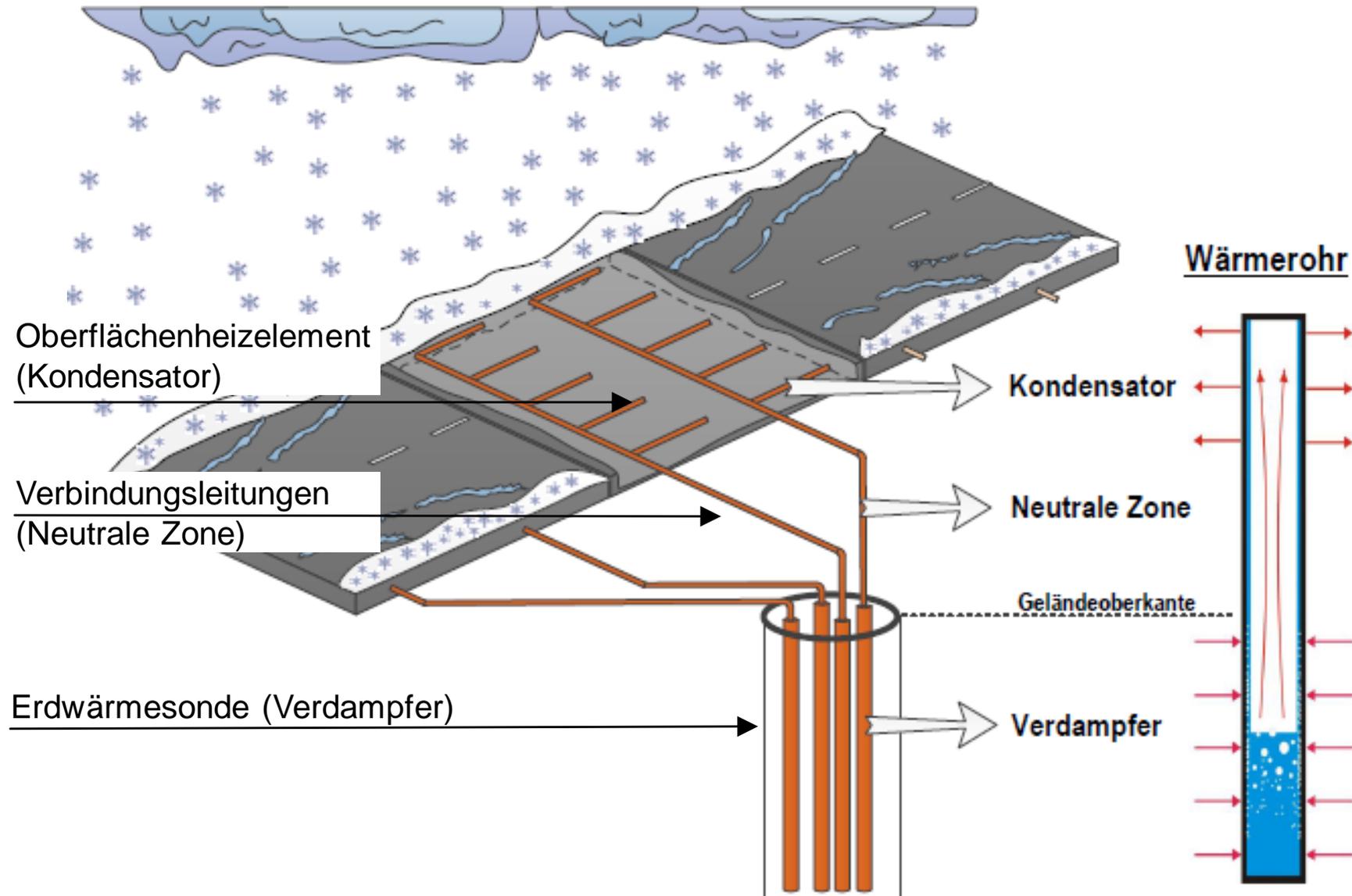


Gefördert durch:



FKZ: 03ETW001A-D
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

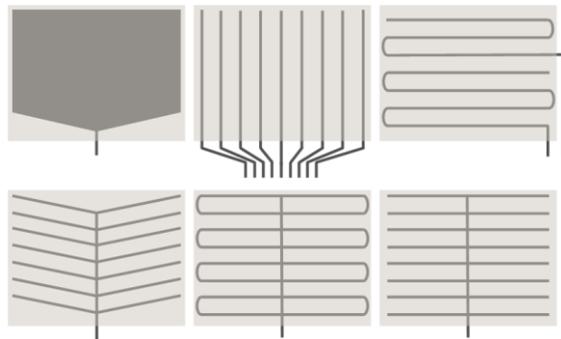
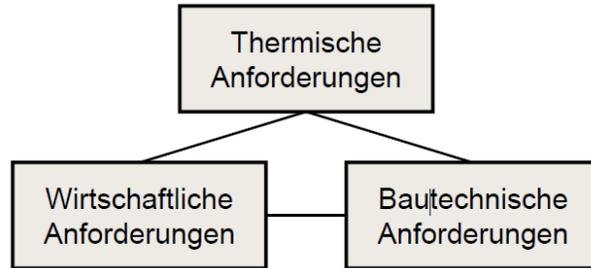
Funktionsweise



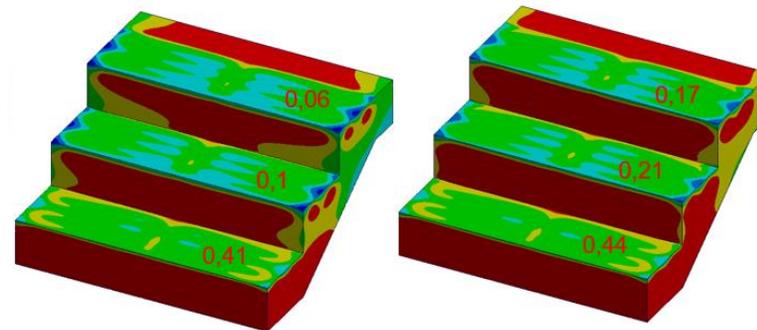
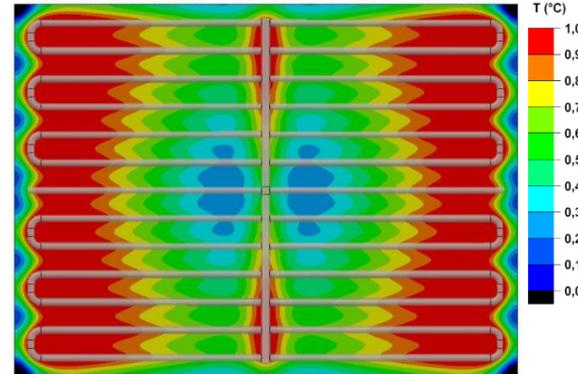
- AP1: Entwicklung von Flächenheizelementen für Low-Ex-Heizsysteme
- AP2: Untersuchungen zur Wärmeübertragung in einer CO₂ - Erdwärmesonde
- AP 3: Entwicklung eines Simulationsmodells für Oberflächenheizsysteme

Entwicklung von Flächenheizelementen

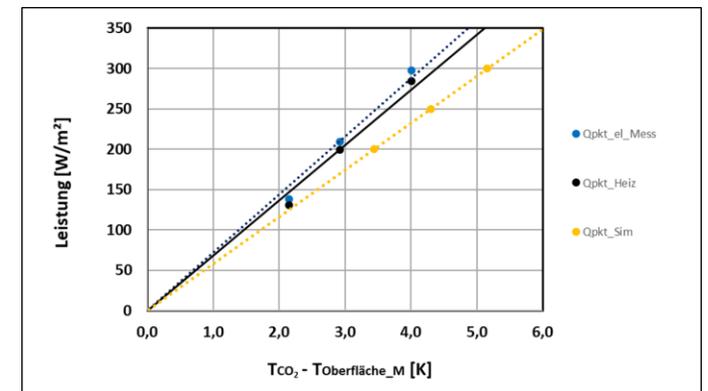
Vorauswahl



Nummerische Simulation

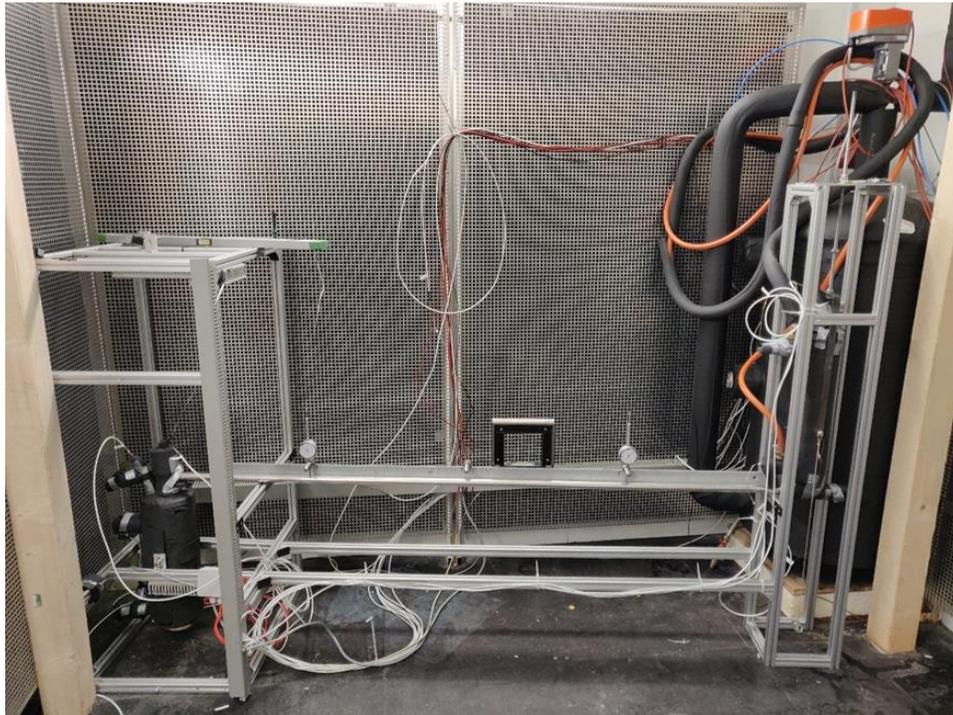


Experimentelle Überprüfung

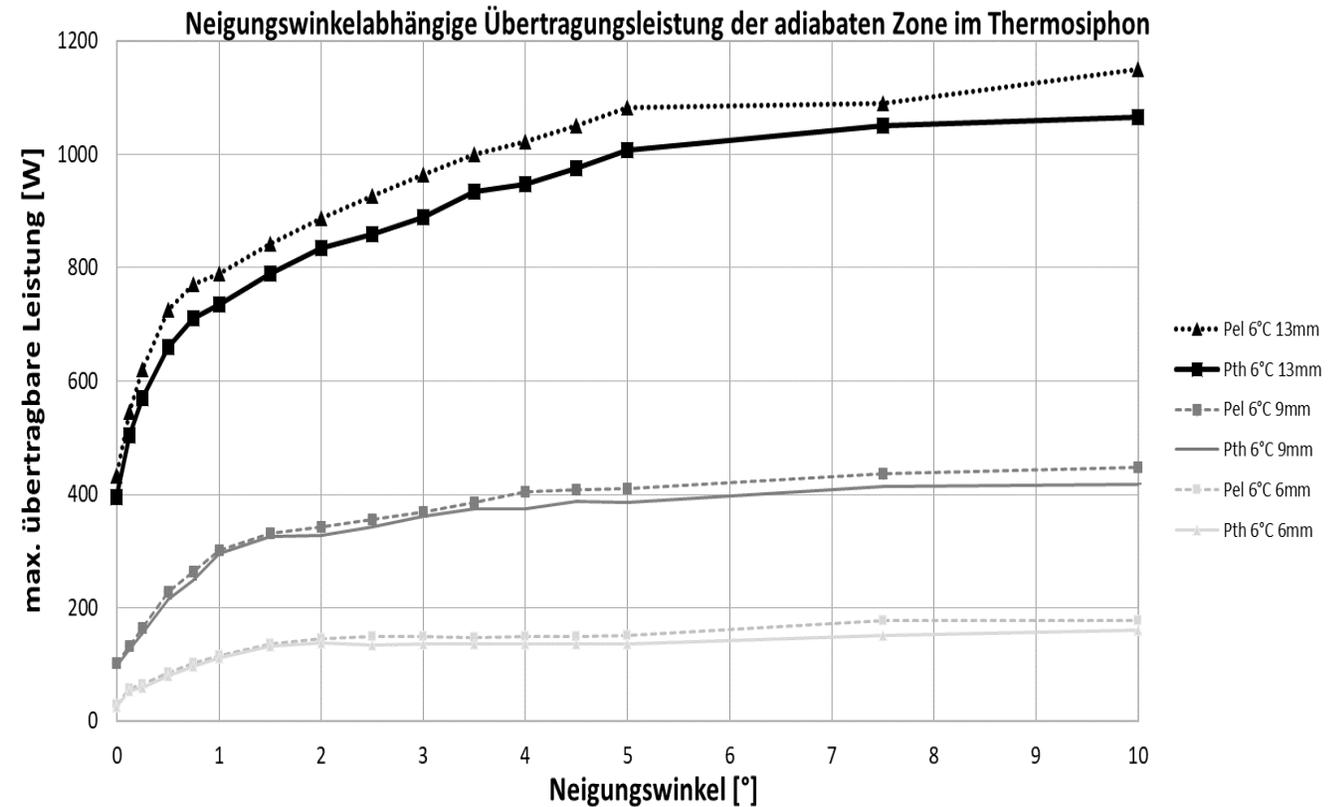


Wechselwirkungsgrenze geneigter Rohre

Prüfstand

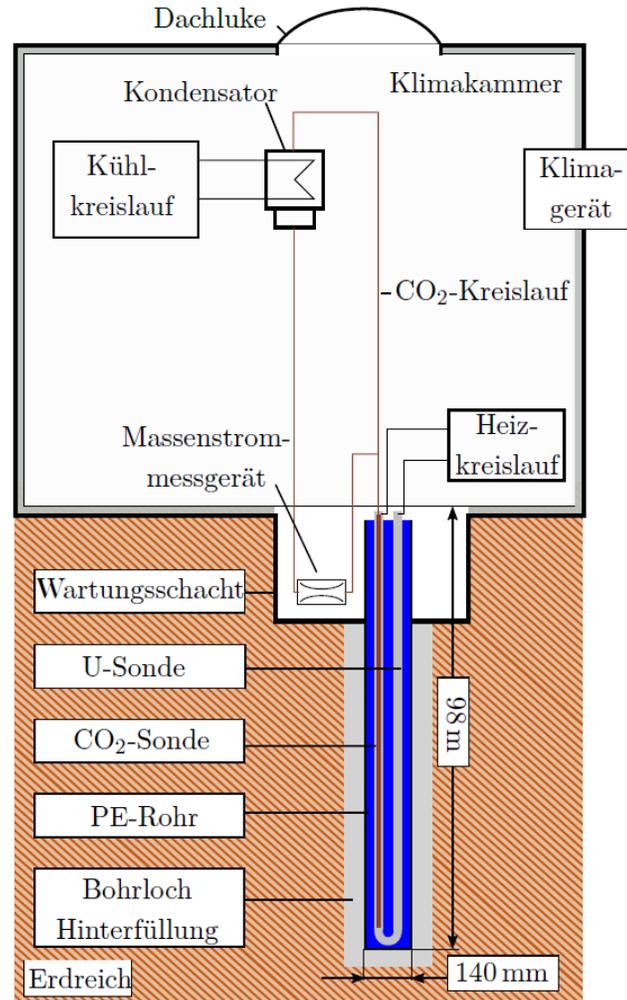


Ergebnisse



Wechselwirkungsgrenze im Verdampfer

Prüfstand

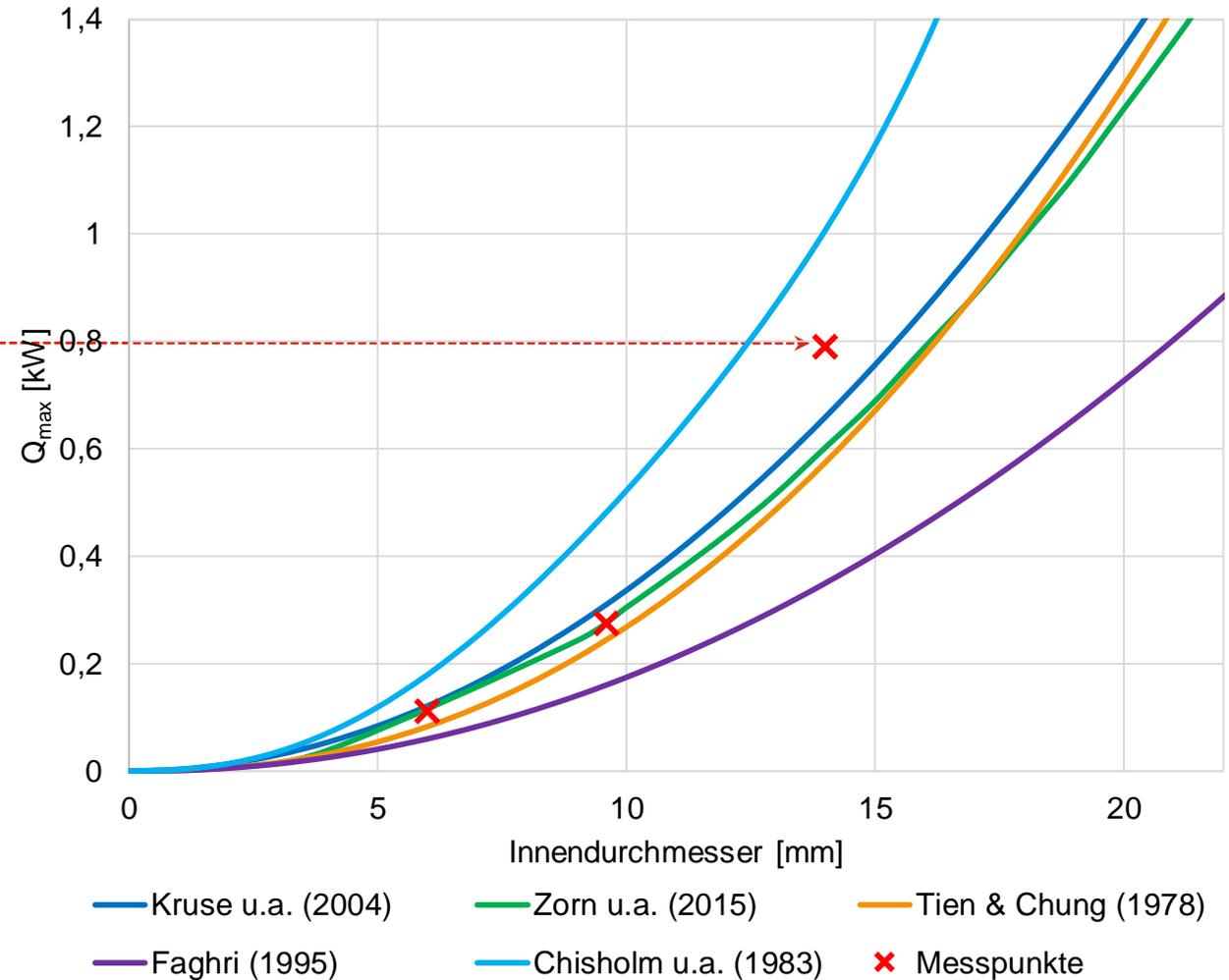
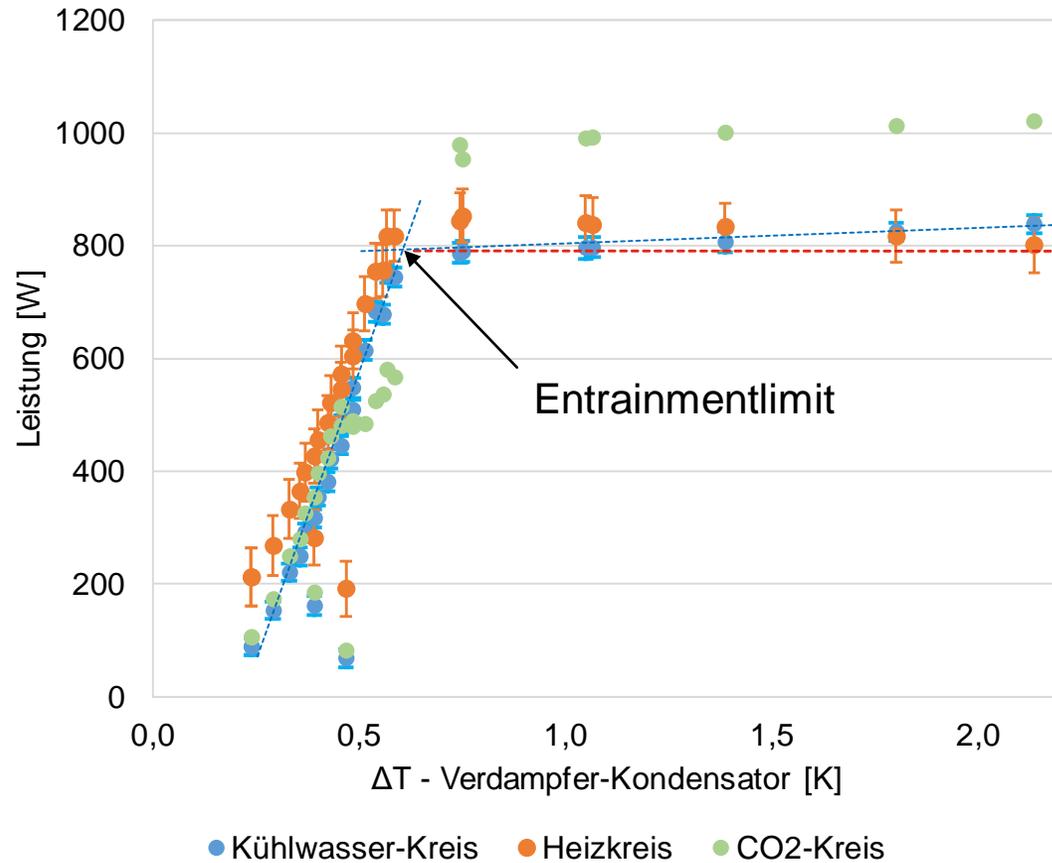


- Heizkreislauf: Vorgabe Verdampfertemperatur + Leistungsmessung
- Kühlkreislauf: Vorgabe Kondensatortemperatur + Leistungsmessung
- CO₂-Kreislauf: Leistungsmessung
- Klimatisierter Prüfstand, um Wärmeeintrag zu vermeiden
- Vermessung bis zu 95 m langer Sonden bis 22 mm Außendurchmesser

Wechselwirkungsgrenze im Verdampfer

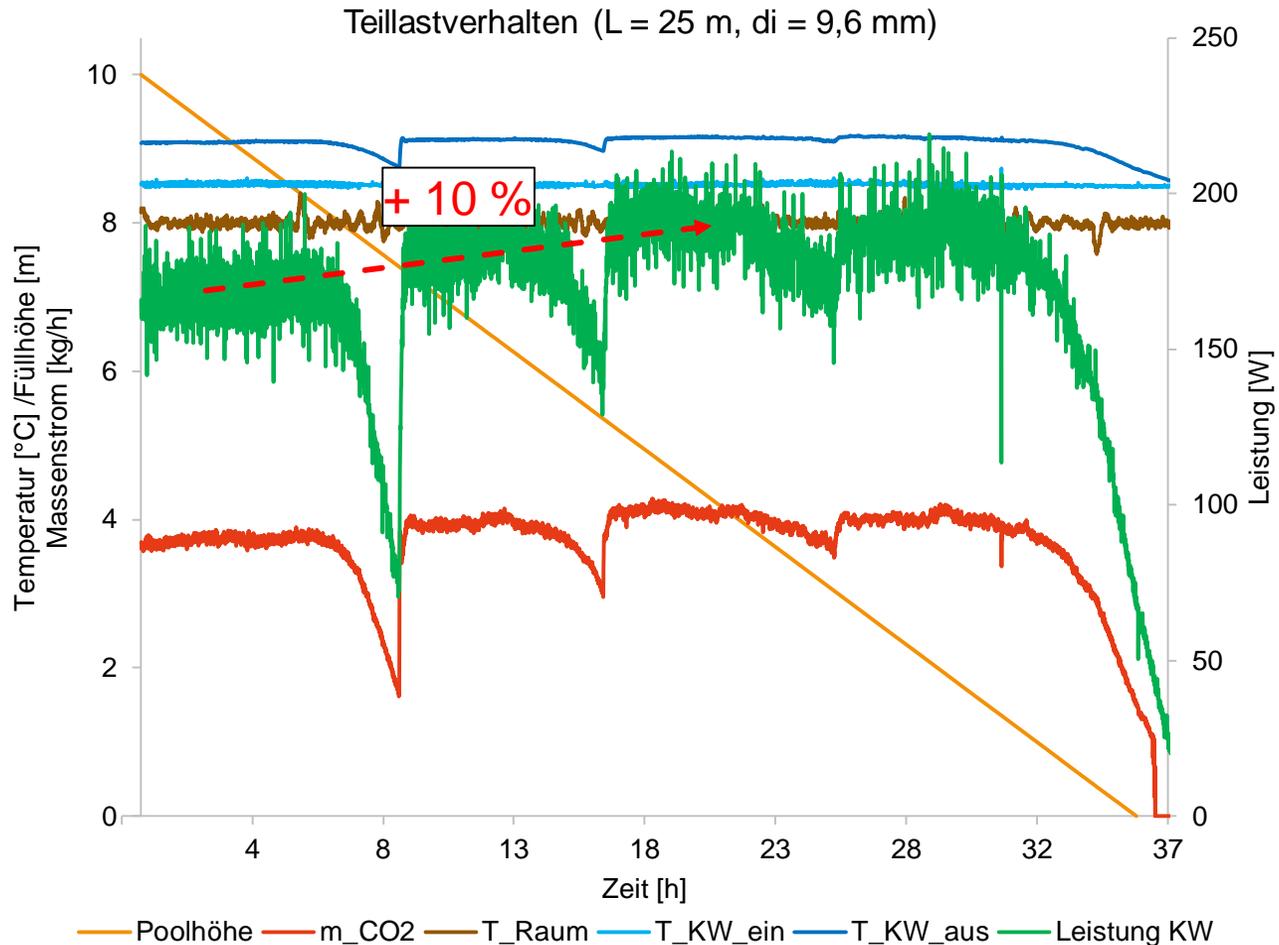
Ergebnisse – Durchmesserabhängigkeit

Entrainmentlimit ($L = 25 \text{ m}$, $d_i = 14 \text{ mm}$)



Wechselwirkungsgrenze im Verdampfer

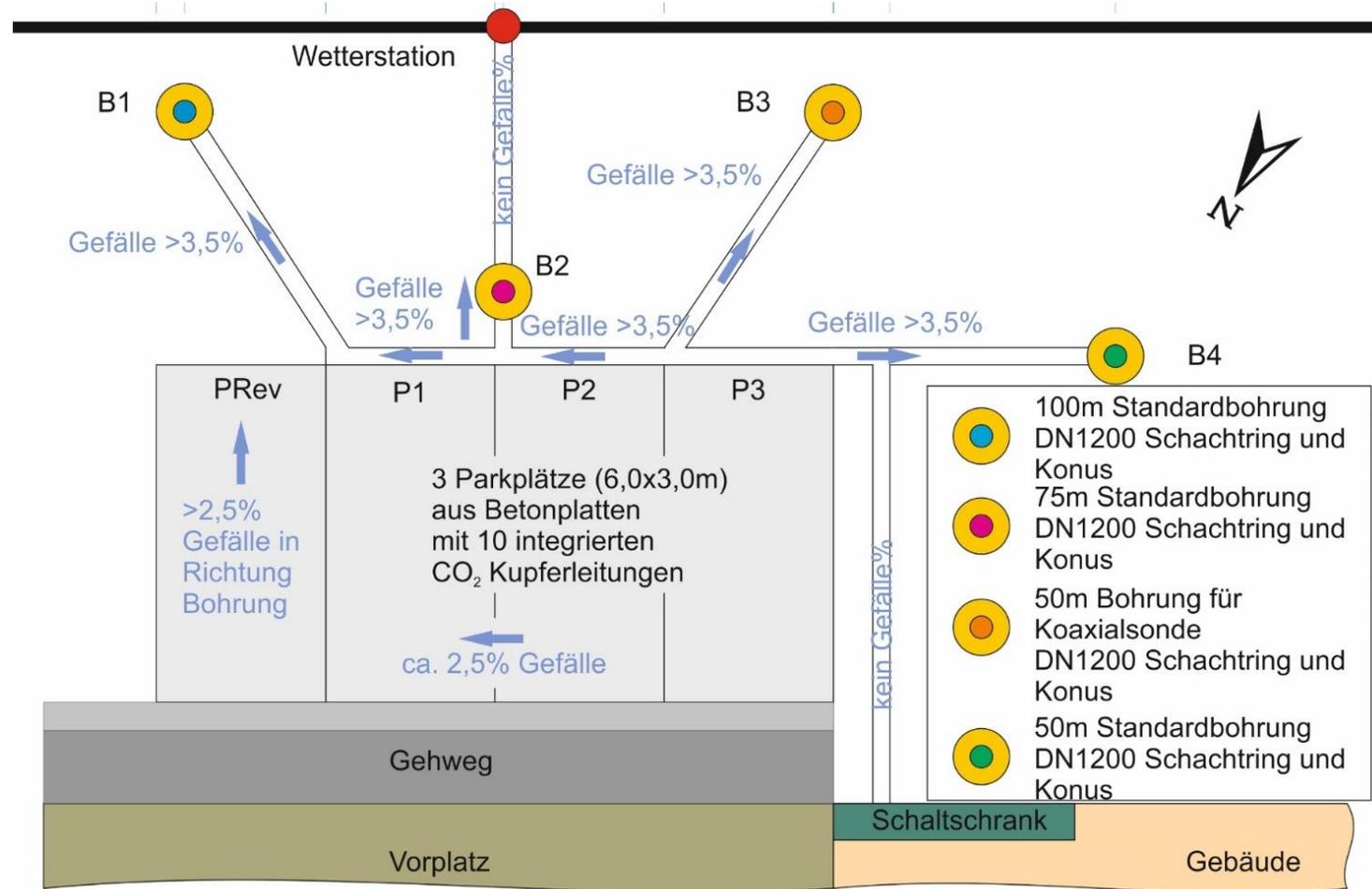
Ergebnisse – Längen- und Füllstandsabhängigkeit



- Versuche mit 25m, 50m und 75m langen Sonden
→ Keine Längenabhängigkeit feststellbar
- Versuche mit 10m bis 0m Füllstand in Vollast
→ Keine Füllstandsabhängigkeit feststellbar
- In Teillast etwas höhere Leistungen bei niedrigeren Füllständen, Leistungsabfall ab 1m

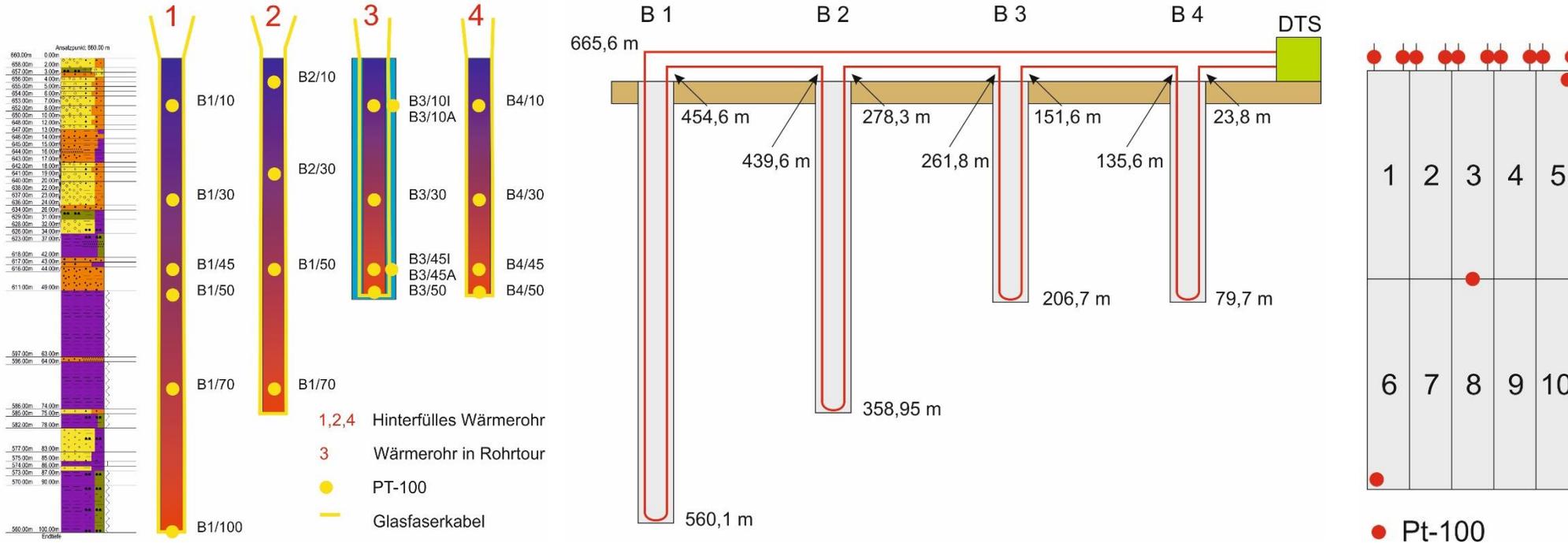
Demonstrator - Standort

- Bad Wurzach bei BauGrund Süd
- 3 Parkplätze beheizt – einer unbeheizt
- 4 Bohrungen
- 2 Einbauvarianten
- Umfangreiche Messtechnik



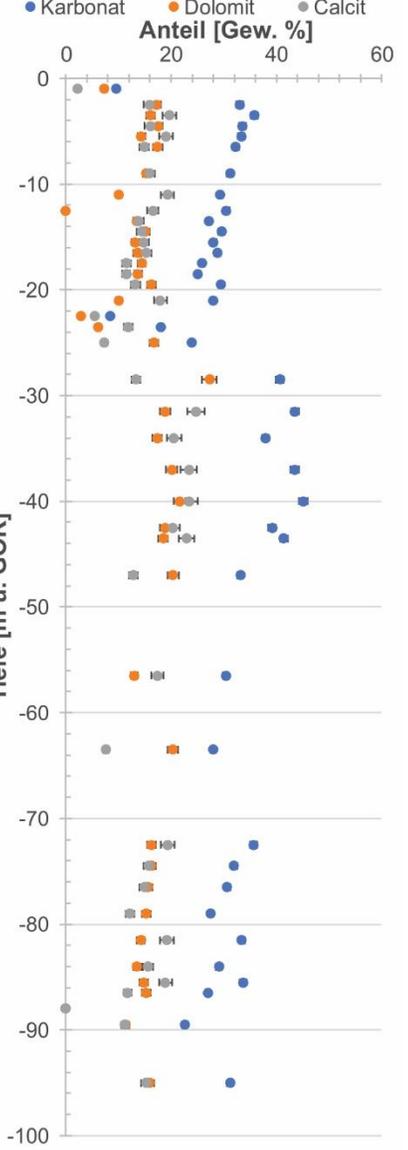
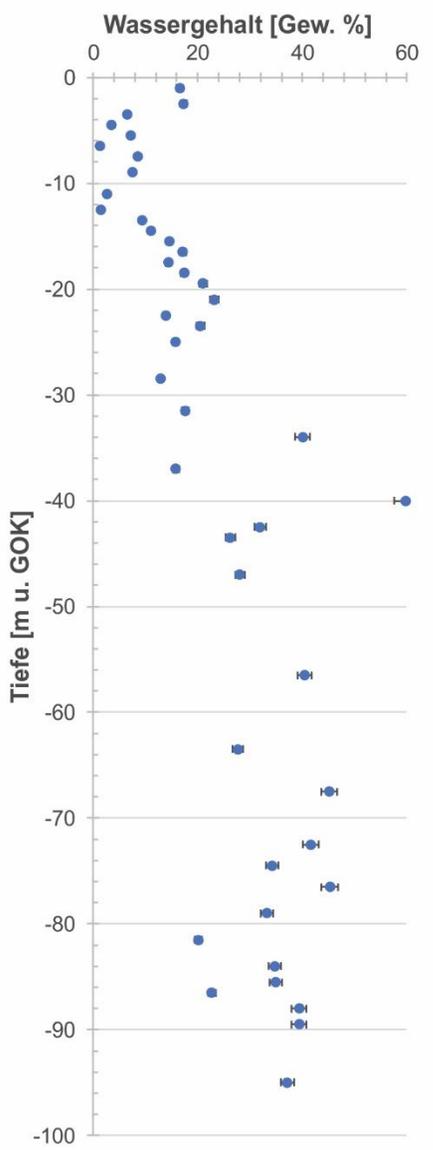
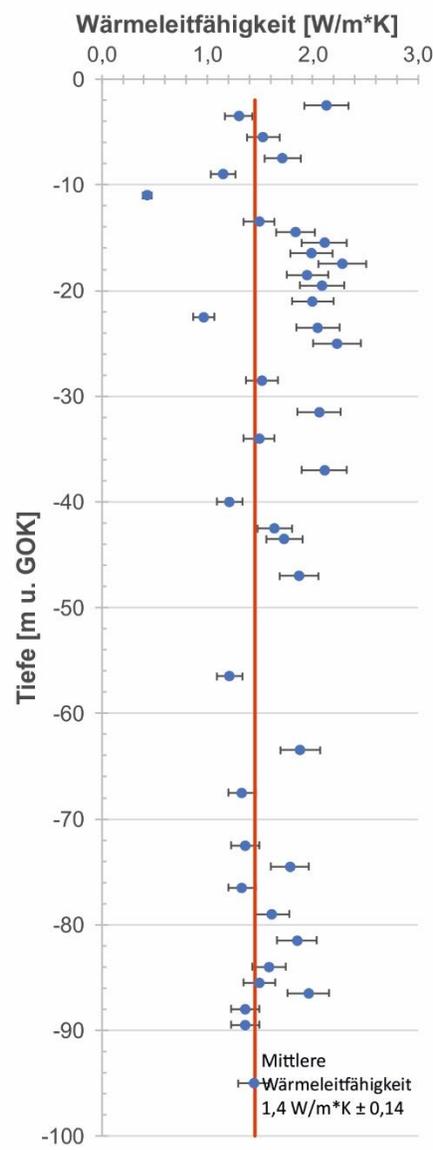
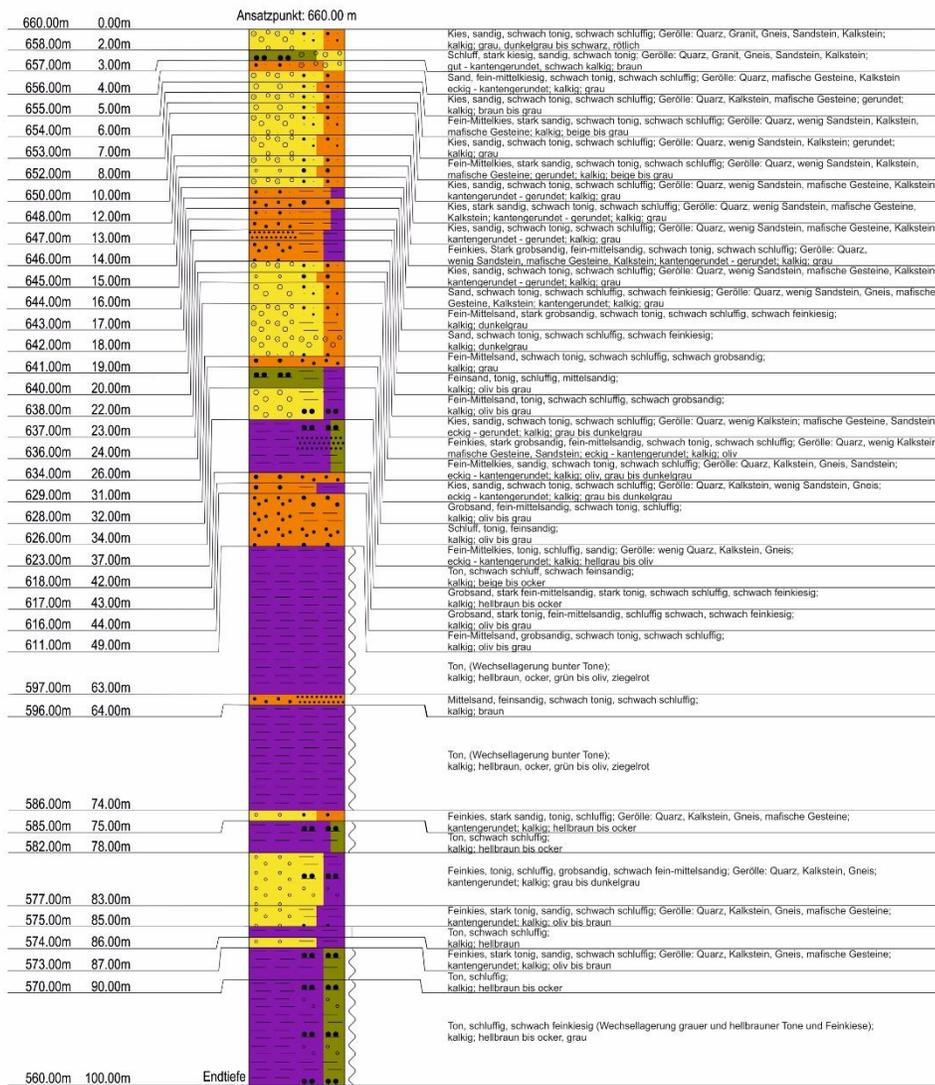
0 50m

Demonstrator - Messtechnik



- Druck- und Temperaturmessung in jeder Sonde
- Temperaturmessung mit Hybridglasfaserkabel und PT100 im Bohrloch
- Klimastation: Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftdruck, Niederschlag (Schnee, Regen), Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Globalstrahlung und Direktstrahlung
- Wärmebildkamera, Web Cam

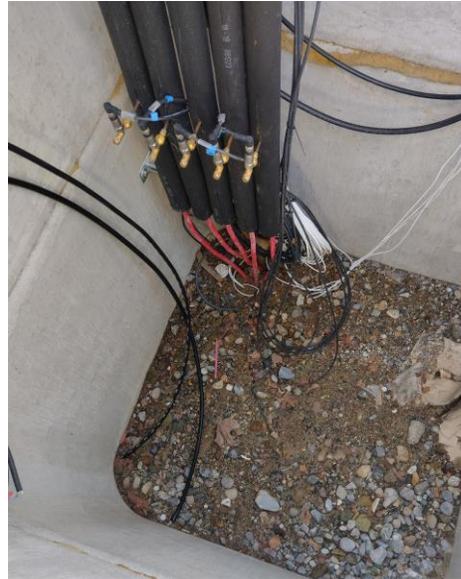
Labormesswerte der Proben der Bohrung 1 in Bad Wurzach



Demonstrator - Bau



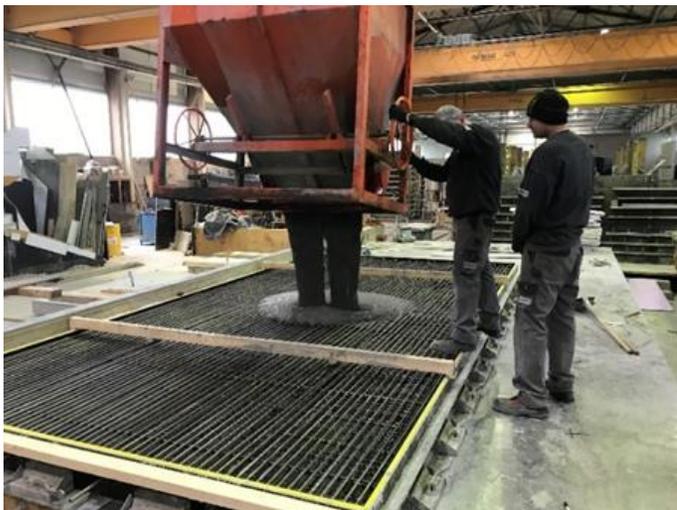
Fertigung OHE



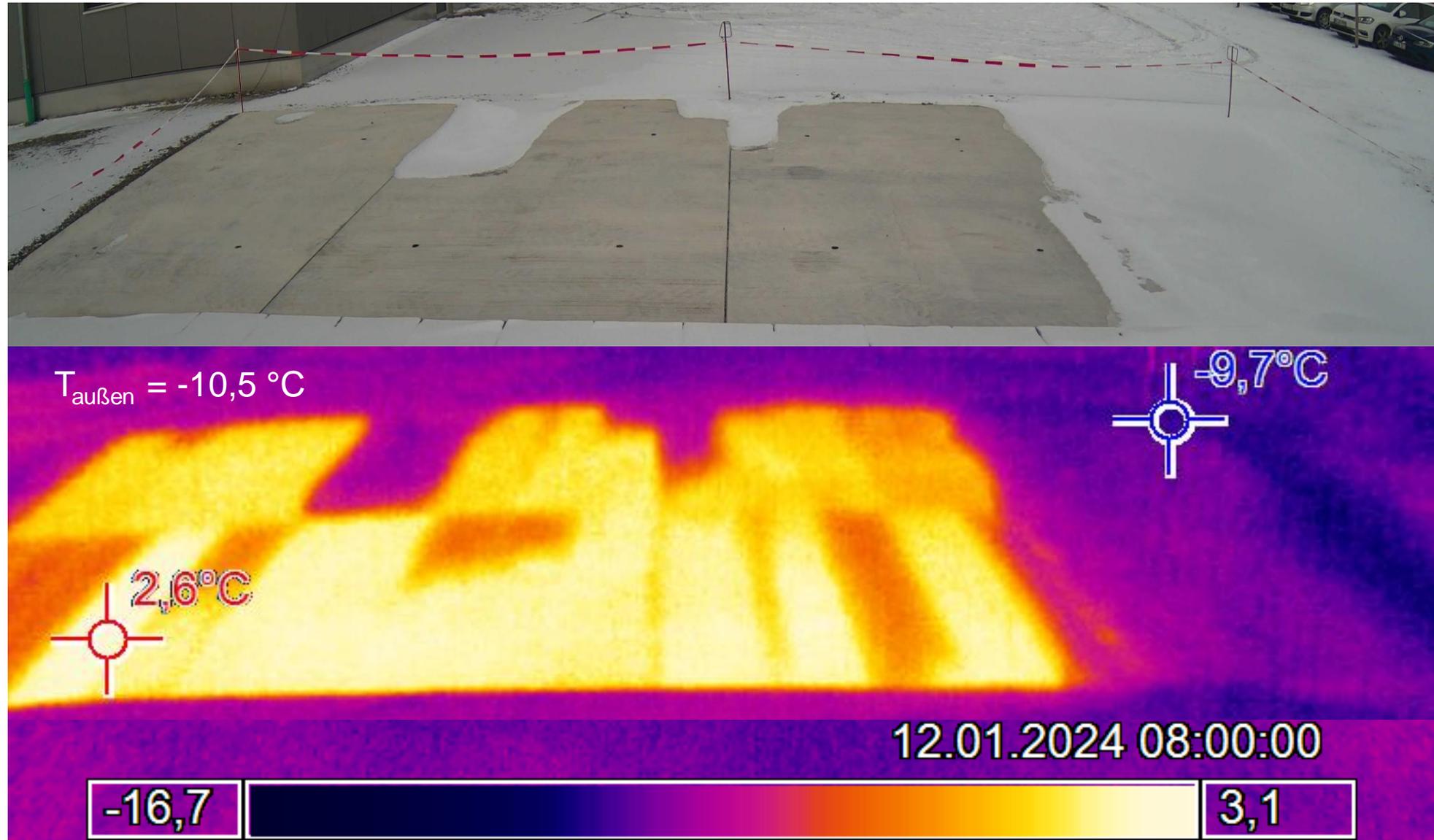
Revisionschacht



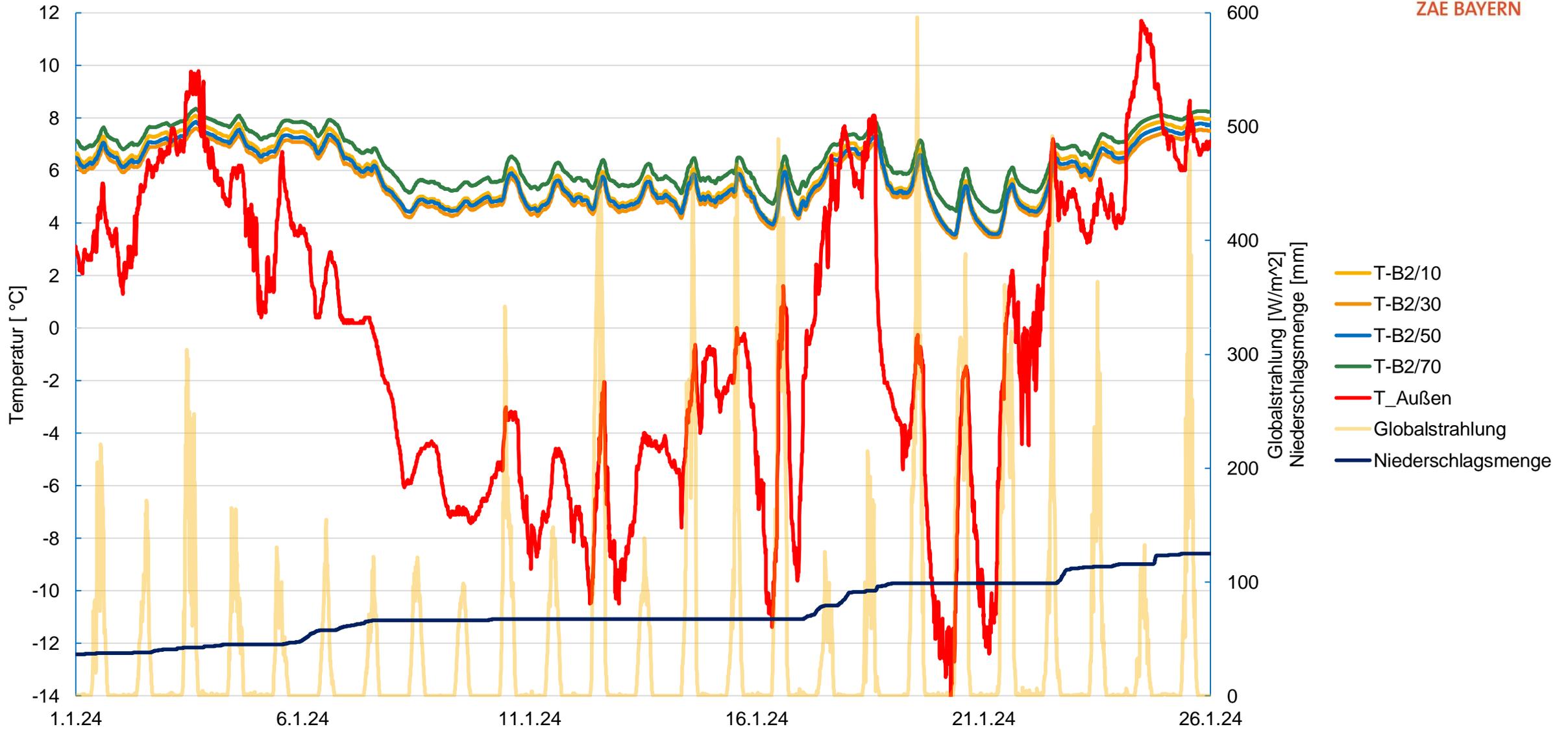
Verbindungsleitungen



Demonstrator - Betrieb



Demonstrator - Betrieb



Fazit - Zusammenfassung

- Entwicklung von funktionsfähigen Oberflächenheizelementen
- Wechselwirkungsgrenze für die Auslegung des Verdampfers gemessen
- Wechselwirkungsgrenze für die Auslegung der Verbindungsleitungen gemessen
- Funktionsfähiger Demonstrator zur Schnee- und Eisfreihaltung für die Validierung von Lastprofilen und des Auslegungsprogramms

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt

Lars Staudacher

Dipl.-Phys.

Solarenergie und Geothermie

Walther-Meißner-Str. 6 | 85748 Garching | Germany

T +49 89 329442-41

F +49 89 329442-12

lars.staudacher@zae-bayern.de

www.zae-bayern.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages
FKZ: 03ETW001A



ZAE BAYERN