

SKEWS – Saisonaler kristalliner Erdwärmesondenspeicher am Campus Lichtwiese, TU Darmstadt

Geothermie-Forum Hessen, 15.09.2021



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Graduate School of
Energy Science
and Engineering

Bastian Welsch
Kristian Bär
Ingo Sass

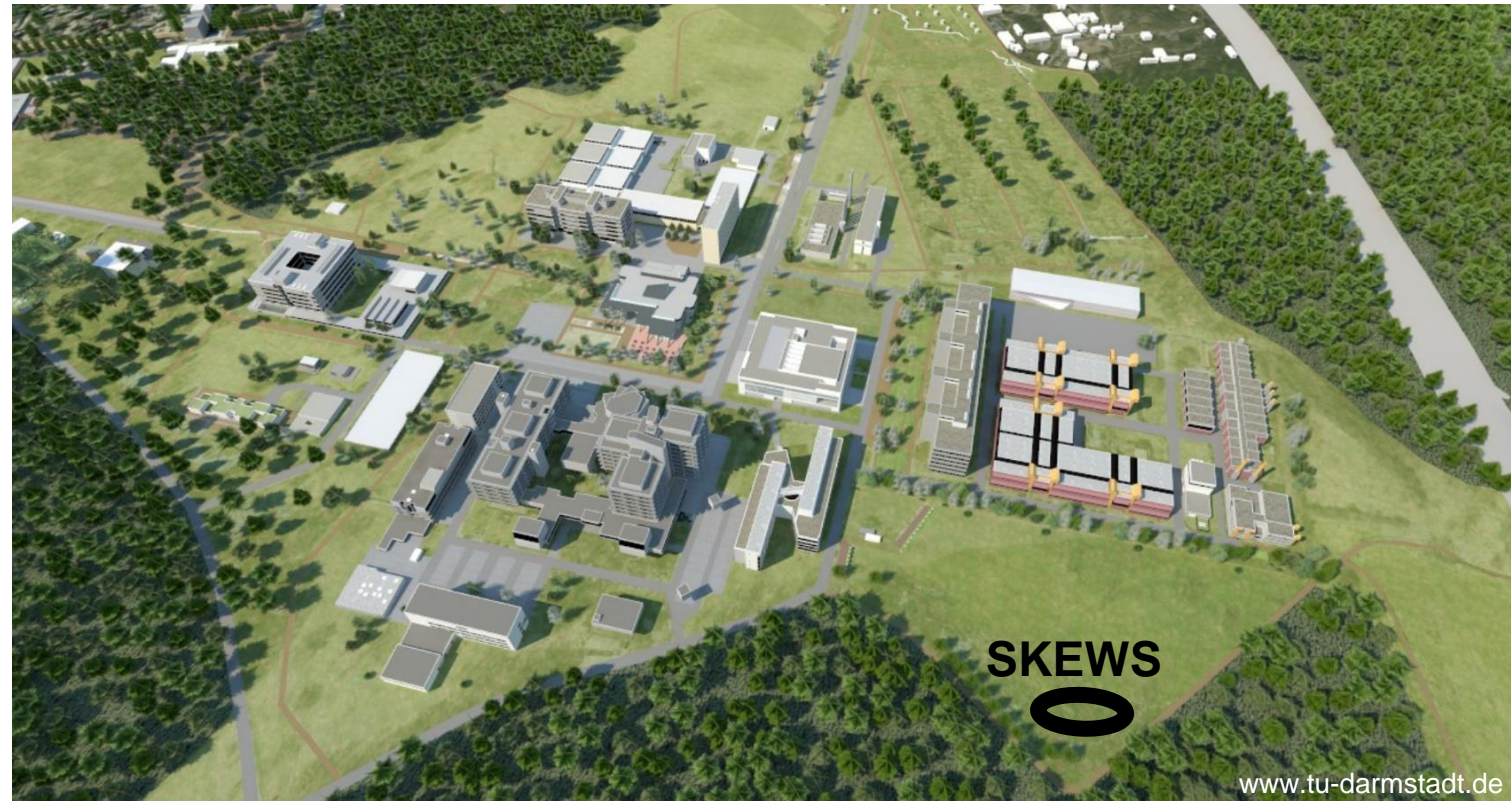
Fachgebiet
Angewandte Geothermie

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

FKZ: 03EE4030A



ANGER
seit 1863

**Handke
Brunnenbau**
Von Brunnenbau bis
zur Tiefenbohrung
*Sonderbohrung *Hohlbohrung *Gründungsabdichtung
*Tiefenbohrung *Sonderbohrung

Geotechnik Lehr
Am Taubenbaum 23 a
61231 Bad Nauheim
info@geotechnik-lehr.de
www.geotechnik-lehr.de

**STEP
OILTOOLS**

IAG Leibniz-Institut für
Angewandte Geophysik

HLUG
Für eine lebenswerte Zukunft

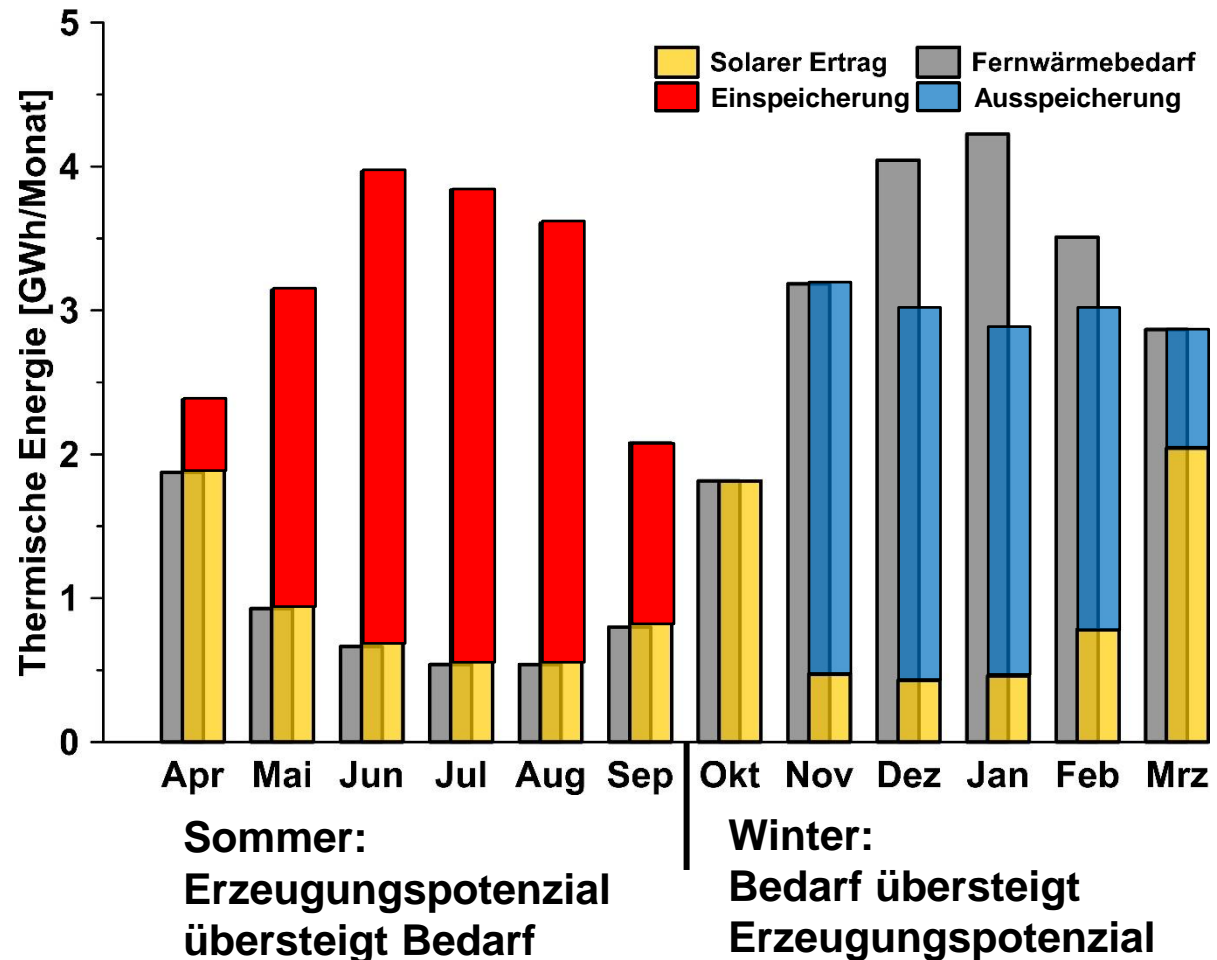
NKT Photonics

FRANK

HEIDELBERGCEMENT

www.tu-darmstadt.de

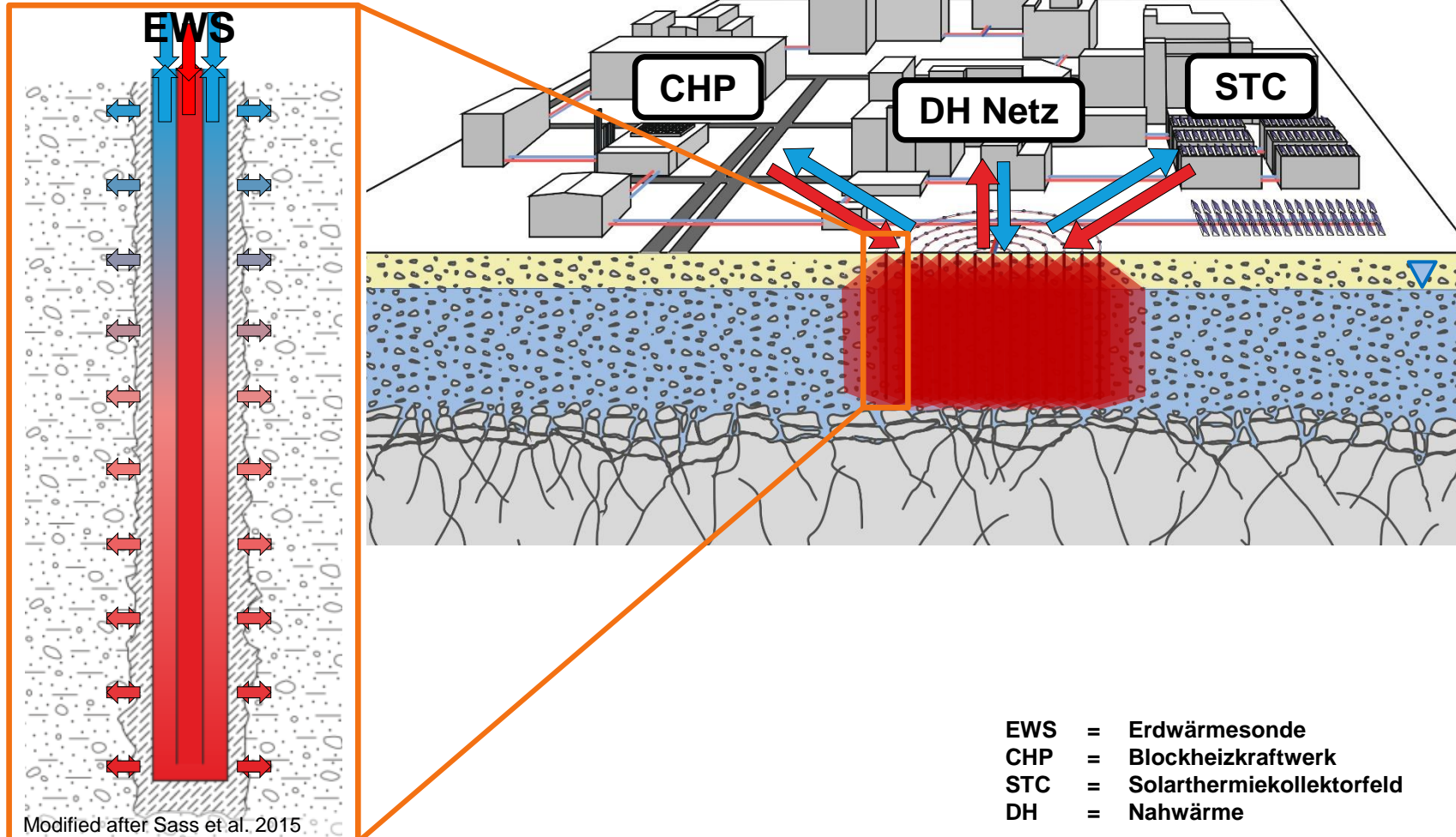
Zeitlicher Versatz von Bedarf und Erzeugung



**Saisonale Wärmespeicherung:
Verlagern der Überschusswärme
in den Winter**

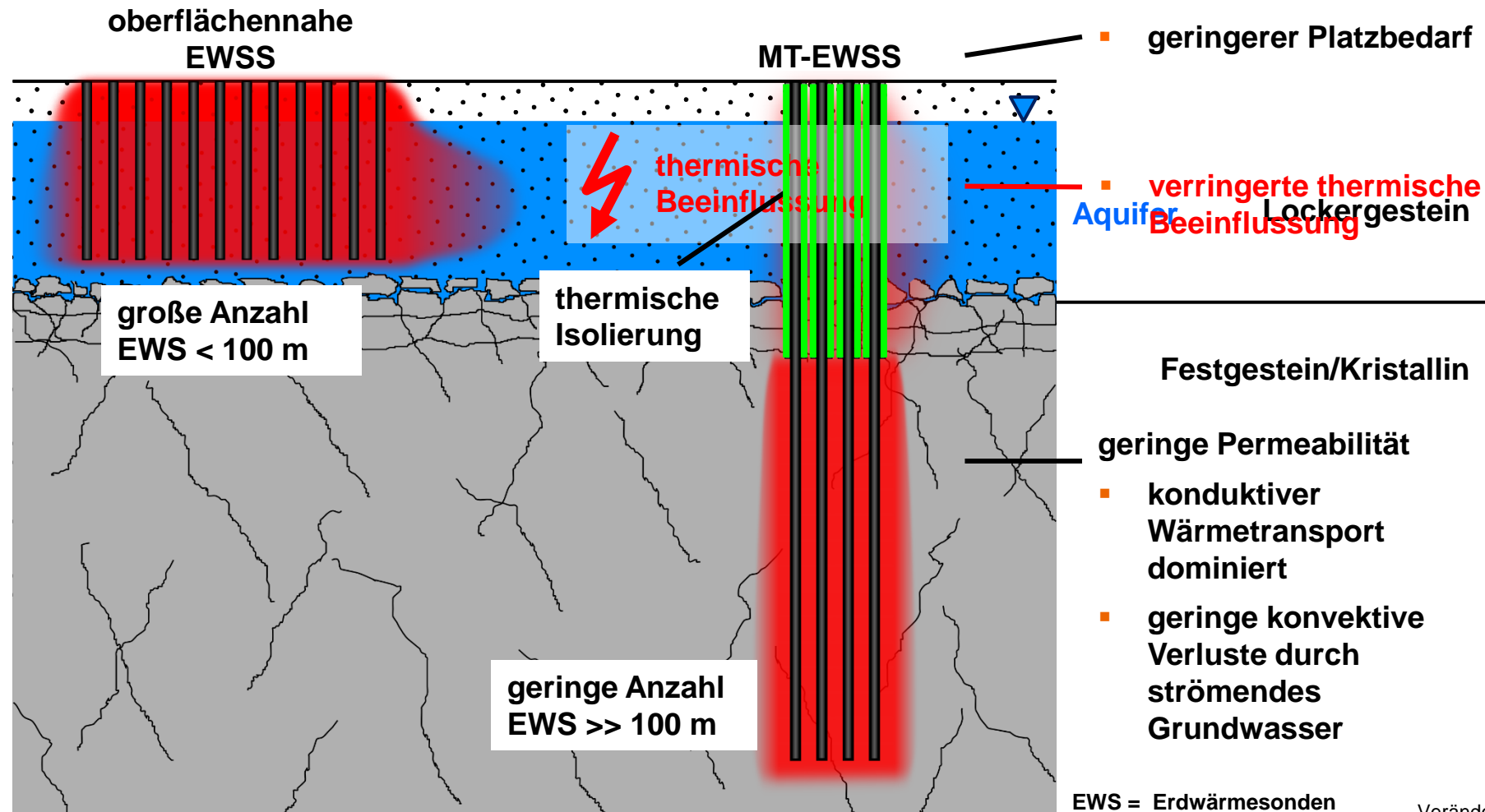
Funktionsprinzip Erdwärmesondenspeicher (EWSS)

Wintereinsatz der Erdwärmesondenspeicher



- EWS = Erdwärmesonde
- CHP = Blockheizkraftwerk
- STC = Solarthermiekollektorfeld
- DH = Nahwärme

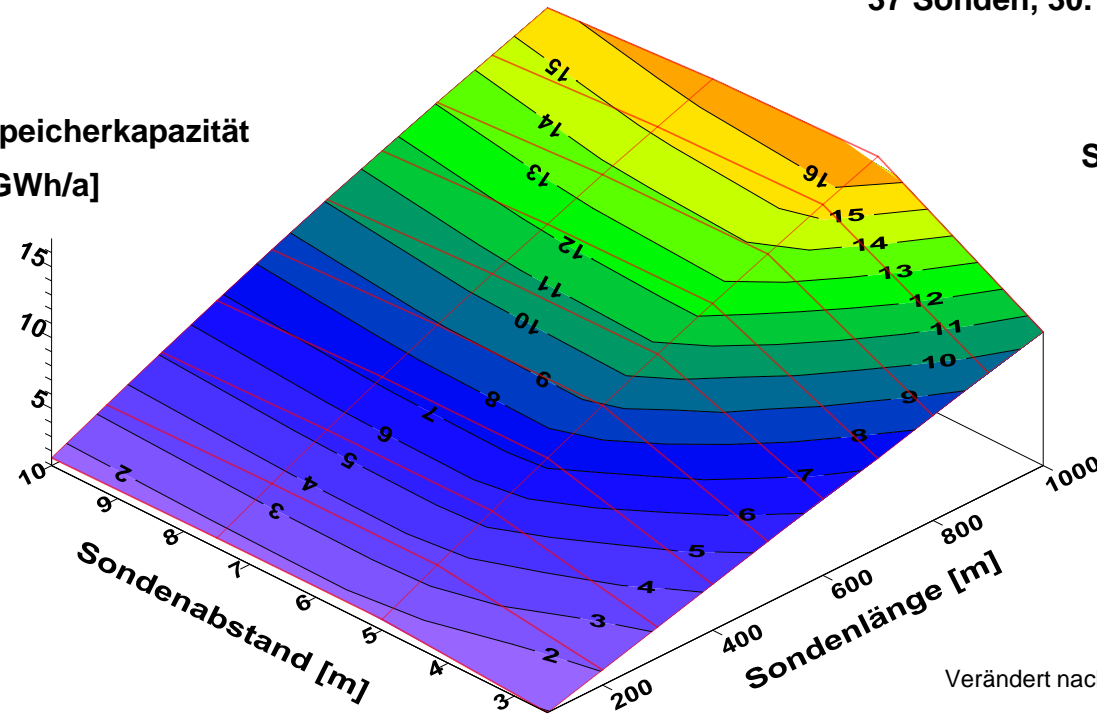
Vorteile mitteltiefer Erdwärmesondenspeicher (MT-EWSS)



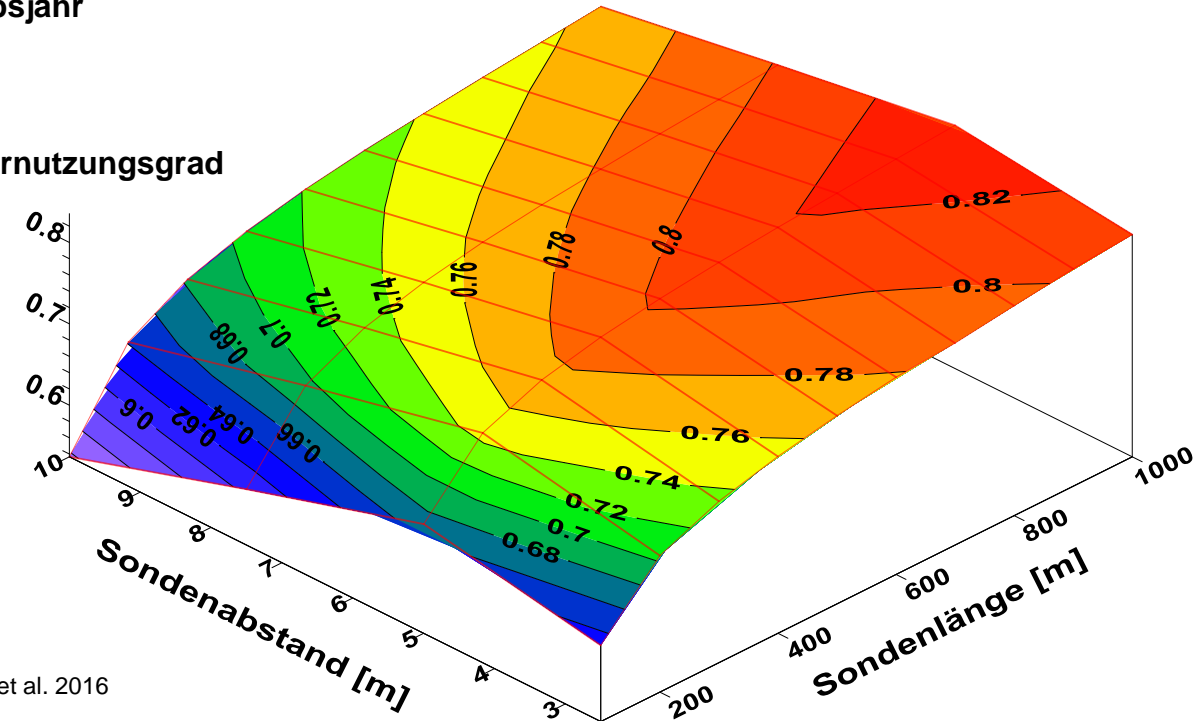
Ergebnisse numerischer Simulationen zu MT-EWSS

37 Sonden, 30. Betriebsjahr

Speicherkapazität
[GWh/a]



Speichernutzungsgrad

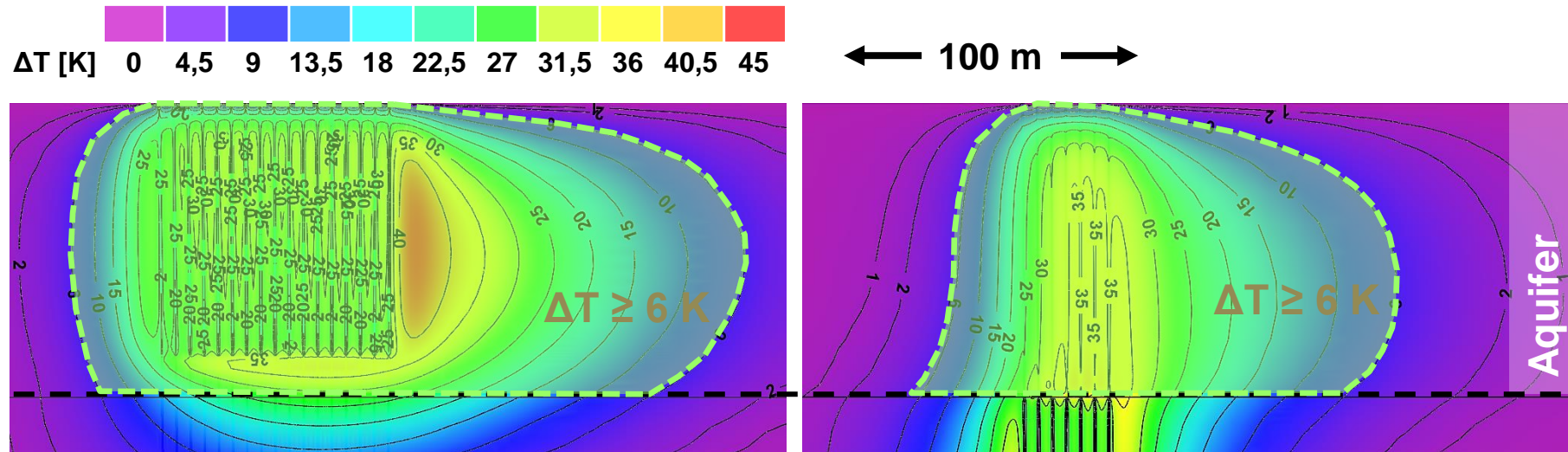


Verändert nach Welsch et al. 2016

- Hohe Speicherkapazitäten möglich
- Hohe Nutzungsgrade erreichbar
- Aber: hohe Präzision beim Bohren erforderlich

Mitteltiefe Speicher verringern die Beeinträchtigung flacher Grundwasserleiter

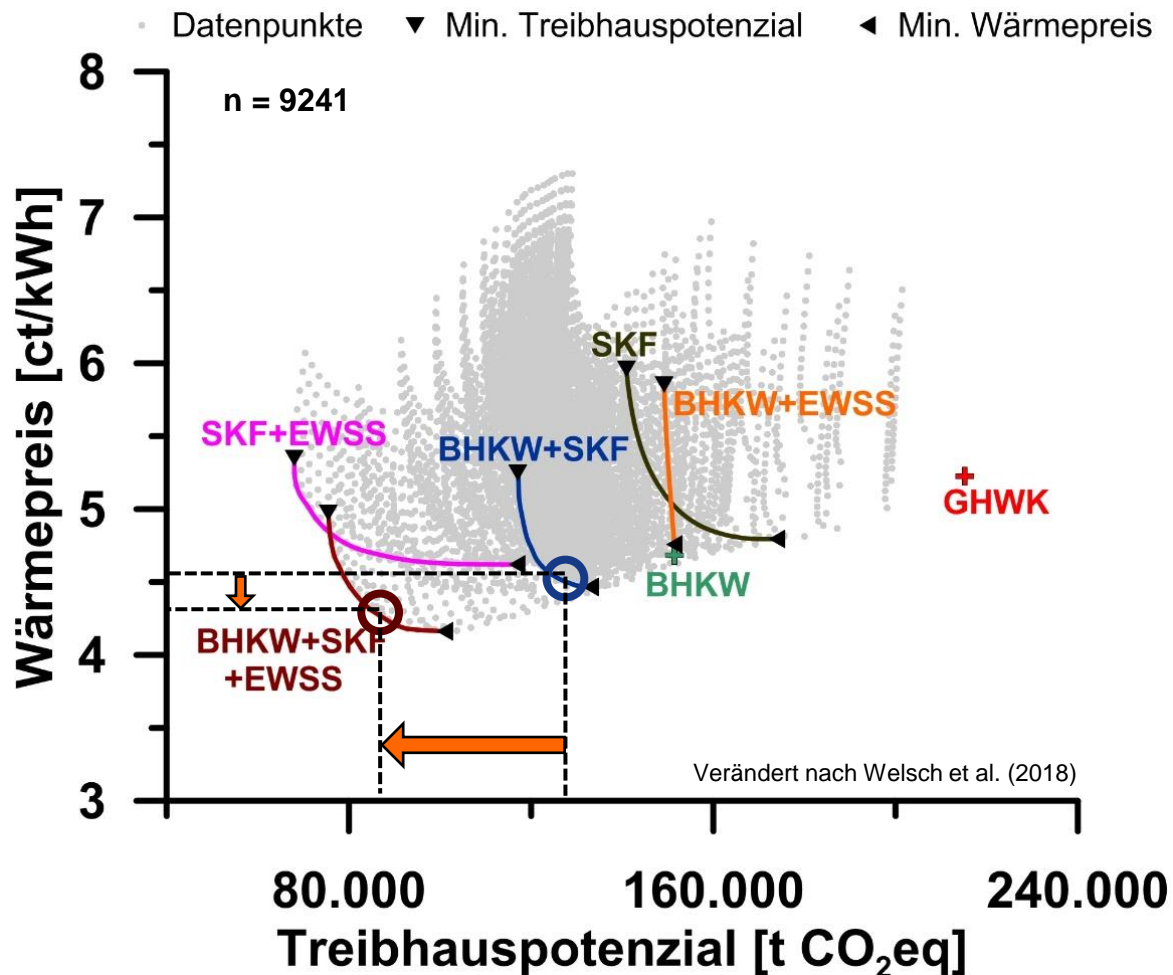
Temperaturanstieg nach 30 Jahren Betrieb



	EWSS	MT-EWSS	Abnahme
Spezifischer Wärmeverlust	390 $\frac{\text{Wh}}{\text{kWh}_{\text{extr}}}$	50 $\frac{\text{Wh}}{\text{kWh}_{\text{extr}}}$	-87%
Beeinträchtigtetes Aquifervolumen ($\Delta T \geq 6 \text{ K}$)	$2,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	$0,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	-70%

Verändert nach Welsch et al. 2019

Verringerung der CO₂-Emissionen und Wärmekosten durch EWSS



Zukunftsszenario

Energiepreise	↗
Emissionsfaktor für Netzstrom	↘
Subventionen	✓

Vergleich zu bestem System ohne Speicher

- ↘ Verringerung Emissionen um 32 %
- ↘ Verringerung der Wärmegestehungskosten um 5,3 %

EWSS Erdwärmesondenspeicher

BHKW Blockheizkraftwerk

SKF Solarthermiekollektorfeld

GHKW Gas-Heißwasserkessel

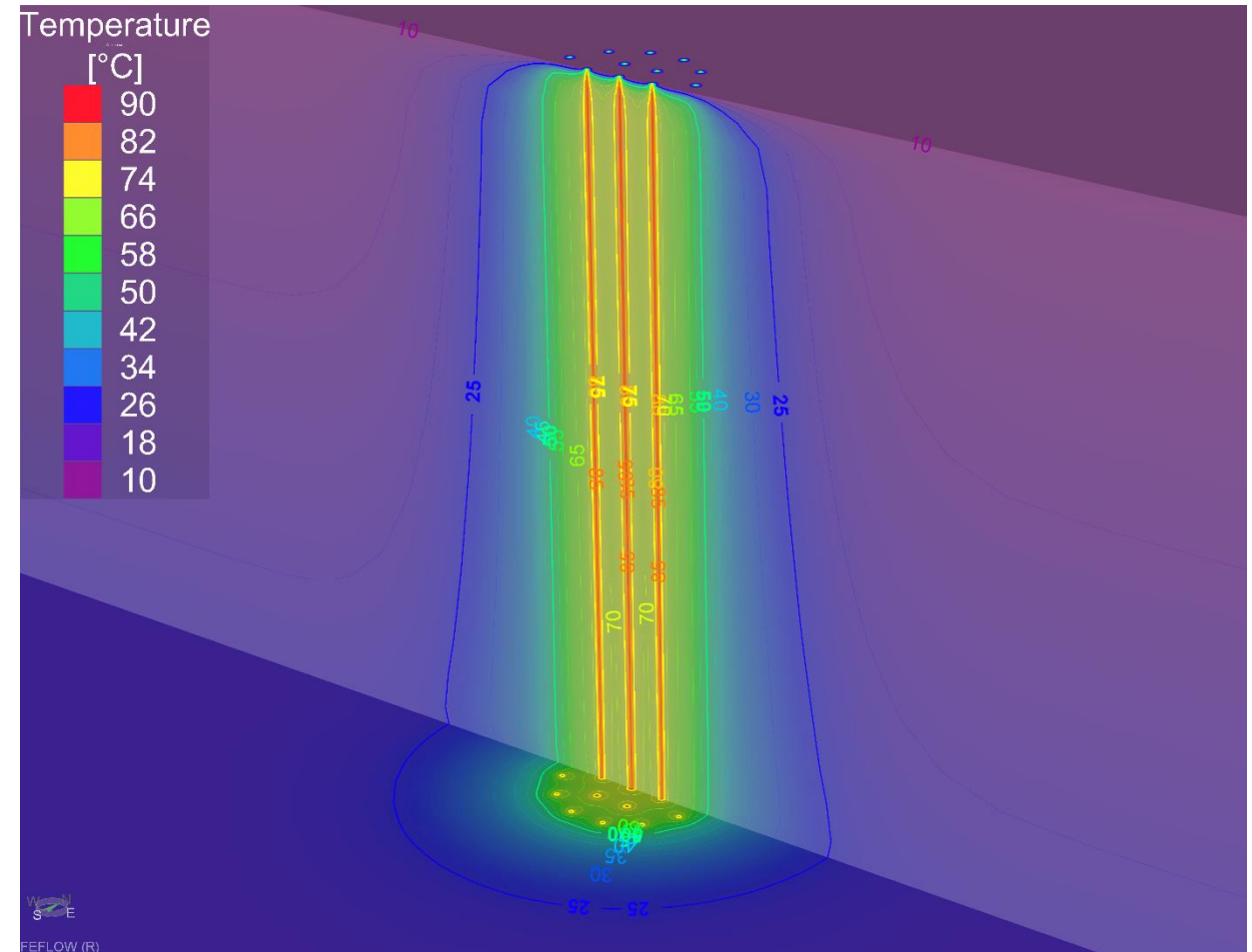
Zusammenfassung der Ergebnisse der theoretischen Vorarbeiten zu MT-EWSS

- MT-EWSS eignen sich für die saisonale Wärmespeicherung.
- MT-EWSS verringern die thermischen Auswirkungen auf oberflächennahe Grundwasserleiter erheblich.
- MT-EWSS sind kosteneffizient und können die Treibhausgasemissionen erheblich reduzieren.

Aber

- Der Nachweis der technischen Machbarkeit ist noch nicht erbracht.

➔ Forschungsprojekt SKEWS

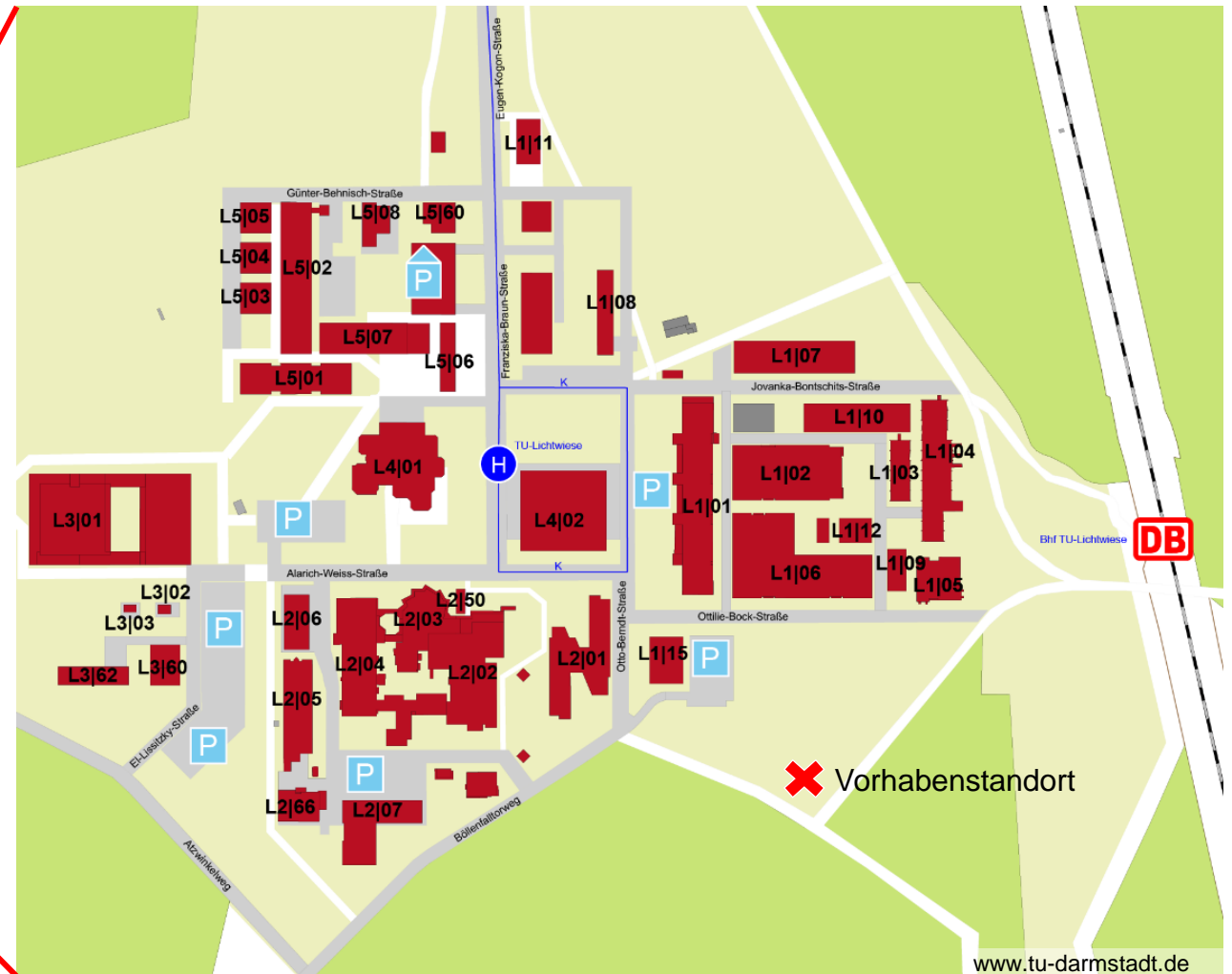


Numerisches Modell eines Erdwärmespeichers

SKEWS – Projektstandort Campus Lichtwiese, TU Darmstadt



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Projektkonsortium



Projektleitung

FG
Angewandte
Geothermie

Projektverbundpartner

FG Geothermie
*Wiss.
Begleitung*

Geotechnik
Lehr
*Messtechnik
und Regelung*

Step Oiltools
Bohrspülung

H. Anger's
Söhne
Bohrarbeiten

Handke
Brunnenbau
Sondenausbau

Assoziierte Partner

Leibniz-Institut
für
Angewandte
Geophysik

Hessisches
Landesamt für
Naturschutz,
Umwelt und
Geologie

GSC Energy
Science and
Engineering
TU Darmstadt

FG Massivbau
TU Darmstadt

NKT
Photonics

Dezernat Bau
und techn.
Betrieb
TU Darmstadt

Heidelberg
Cement

Frank GmbH

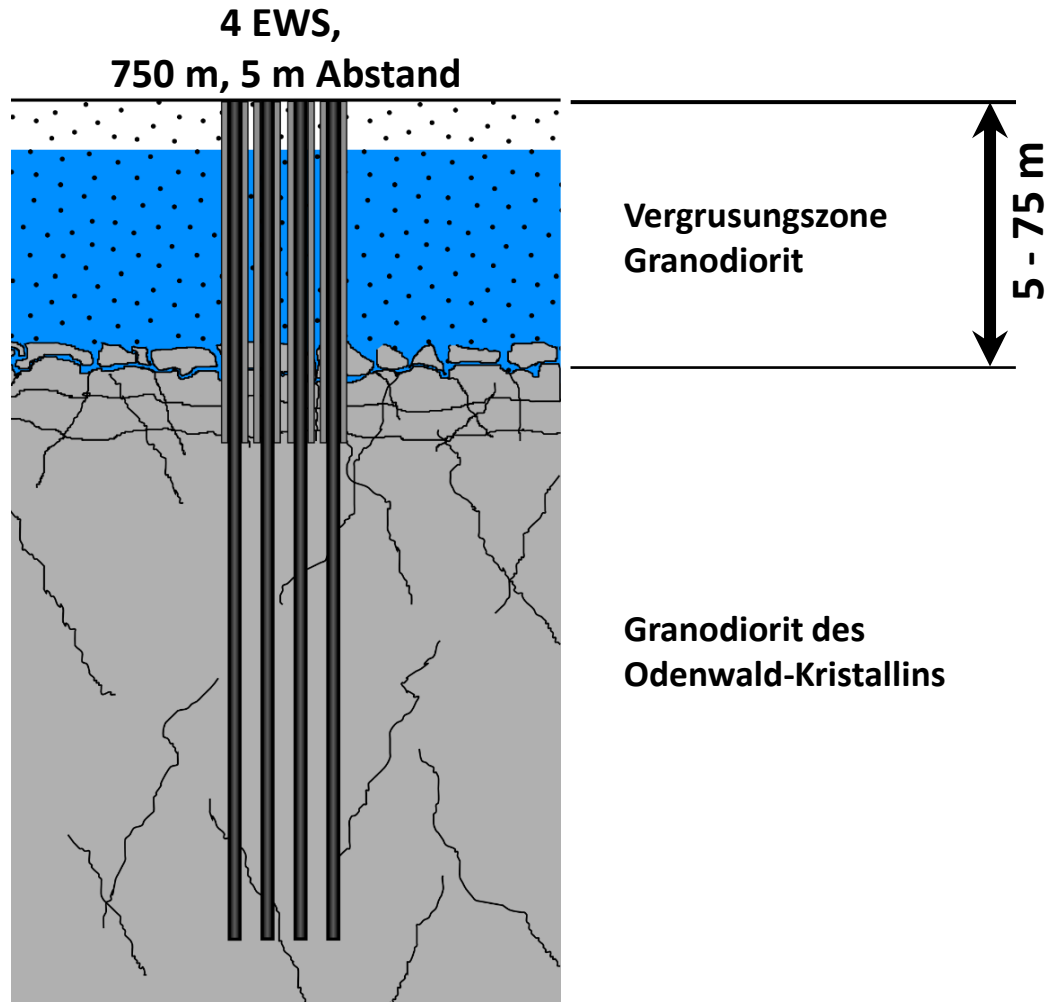
Arbeitspakete



Bauplanung, Projektmanagement, Kommunikation, Veröffentlichung, ...

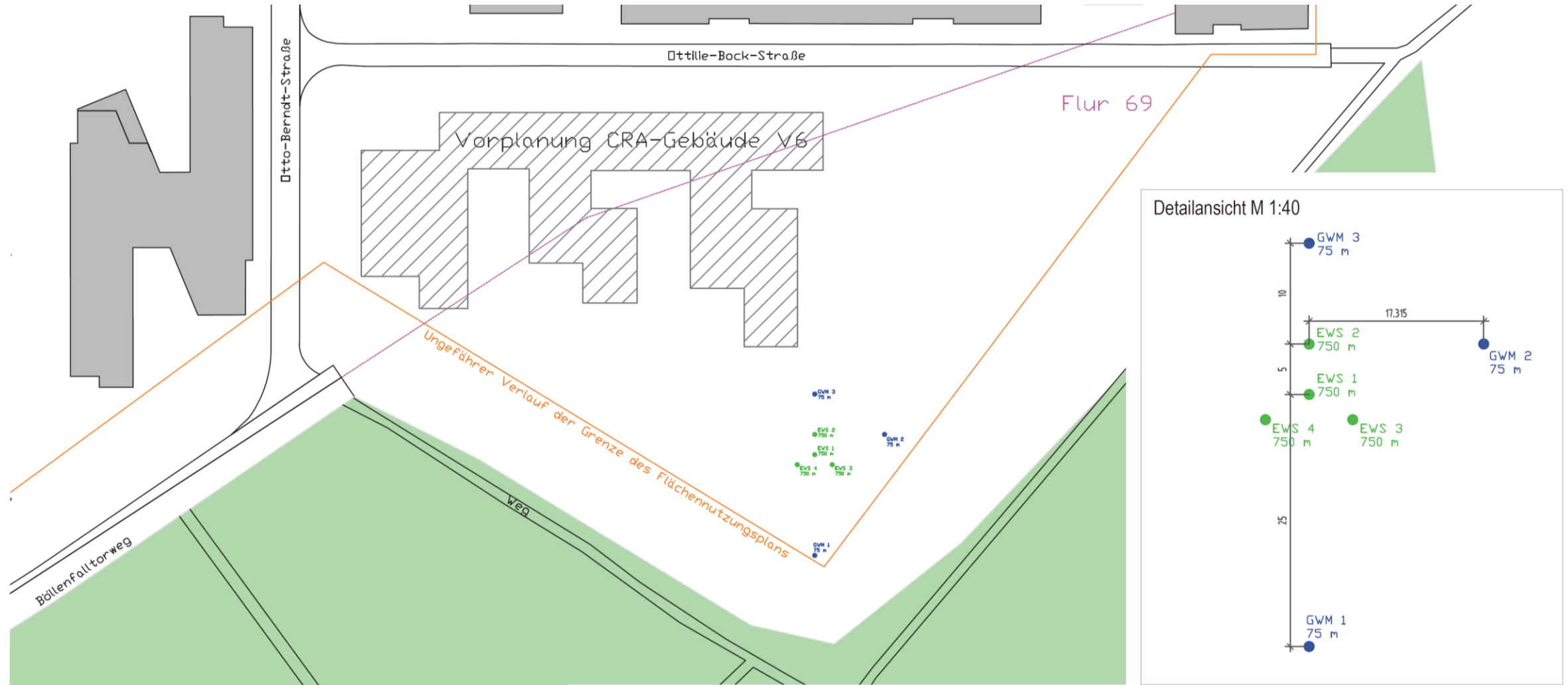
Bau der Anlage	Geowissenschaftl. und bautechnische Datenerhebung	Experimenteller Betrieb	Numerische Modellierung und Systembewertung
<ul style="list-style-type: none"> • Bohrplatz • Grundwassermessstellen • Mitteltiefe Bohrungen • Installation der Steigleitungen • Hydraulischer Anschluss der Sonden 	<ul style="list-style-type: none"> • Geophysikalische Untersuchungen • Hydrogeologische und hydrochemische Überwachung • Bohrungsbezogene Daten (ROP, Energiebedarf usw.) • Daten zu den Kosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Enhanced Geothermal Response Test • Simulation von Lade- und Entladezyklen • Überwachung des Betriebsverhaltens 	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung und Parametrisierung von Modellen • Validierung • Upscaling • Wirtschaftliche und ökologische Bewertung

Bau des Speichers



- Bau eines MT-EWSS als Demonstrator im technischen Maßstab
 - System zu klein für eine effiziente Speicherung
- Demonstration des hydraulischen Imlochhammer-Bohrverfahrens für MT-EWSS
- Geringer Frischwassereinsatz durch Kreislaufführung der Bohrspülung
- Einbau einer patentierten, isolierten Steigleitung

Vorplanung des SKEWS-Speichers



Umfassende geophysikalische Untersuchung

ANGER
seit 1863

**Handke
Brunnenbau**

**STEP
OILTOOLS**

Geotechnik Lehr
Am Taubenbaum 20 a
61231 Bad Nauheim
www.geotechnik-lehr.de



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Kooperation mit LIAG und HLNUG

Voruntersuchung

- Geoelektrik, Hammerschlagseismik, Georadar
- Vibrationsseismik

Bohrlochmessung

- Grundwassermessstellen
- EWS: Im offenen und verrohrten Bohrloch

Seismische Tomographie

- Oberflächennah: zwischen GWM und den Standrohren der Sondenbohrungen
- Zwischen den mitteltiefen Abschnitten der Sondenbohrungen

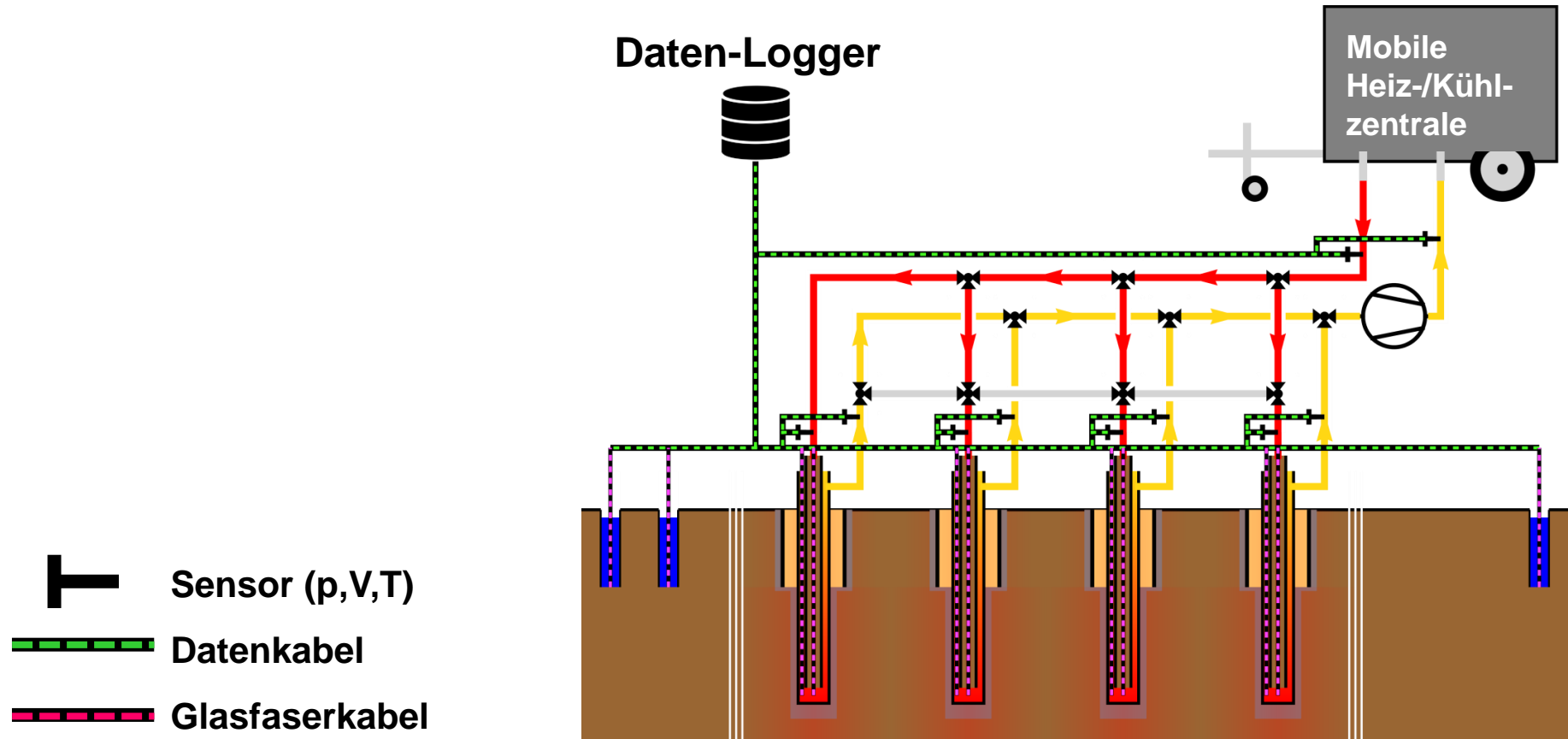
➔ Einzigartiger Datensatz für das kristalline Grundgebirge

➔ Entwicklung eines Discrete Fracture Network (DFN) Modelles

Vibrationsseismische Untersuchungen auf der Lichtwiese, Darmstadt, März 2021

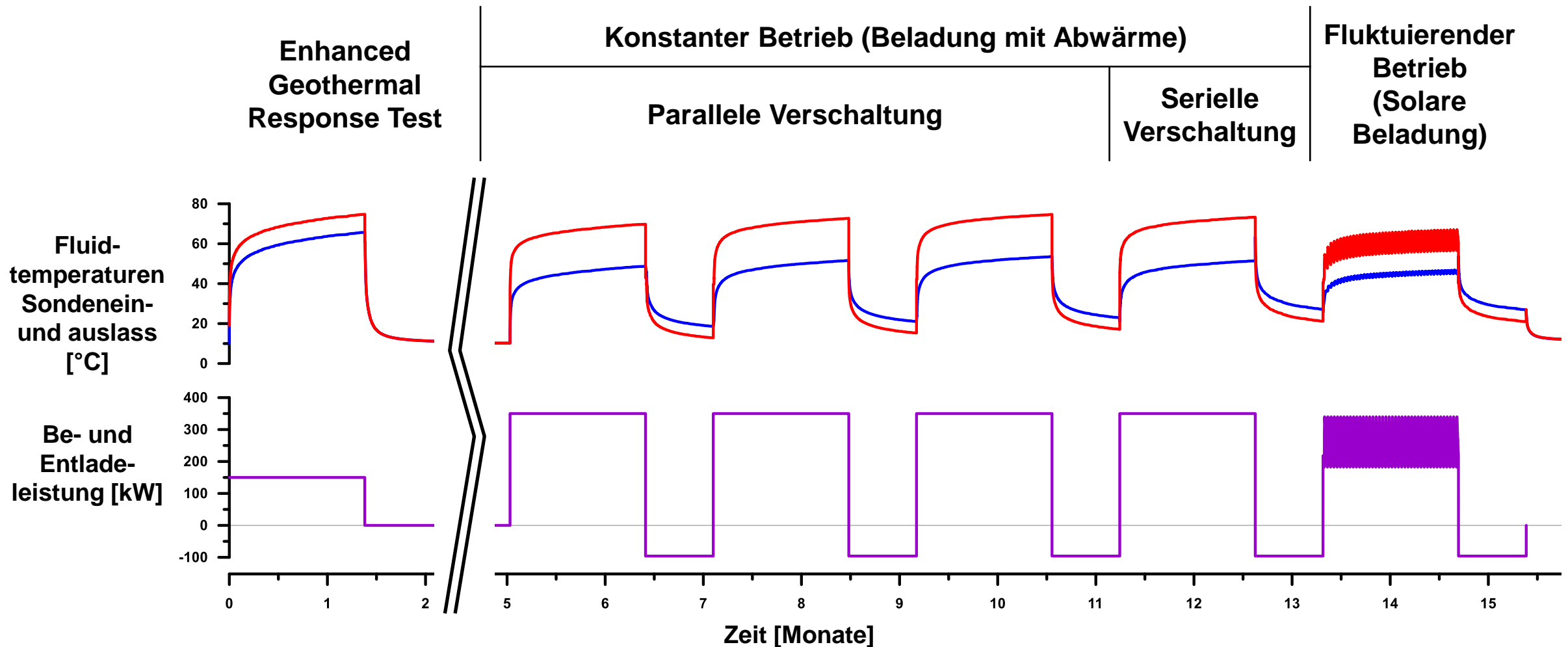


Monitoringkonzept

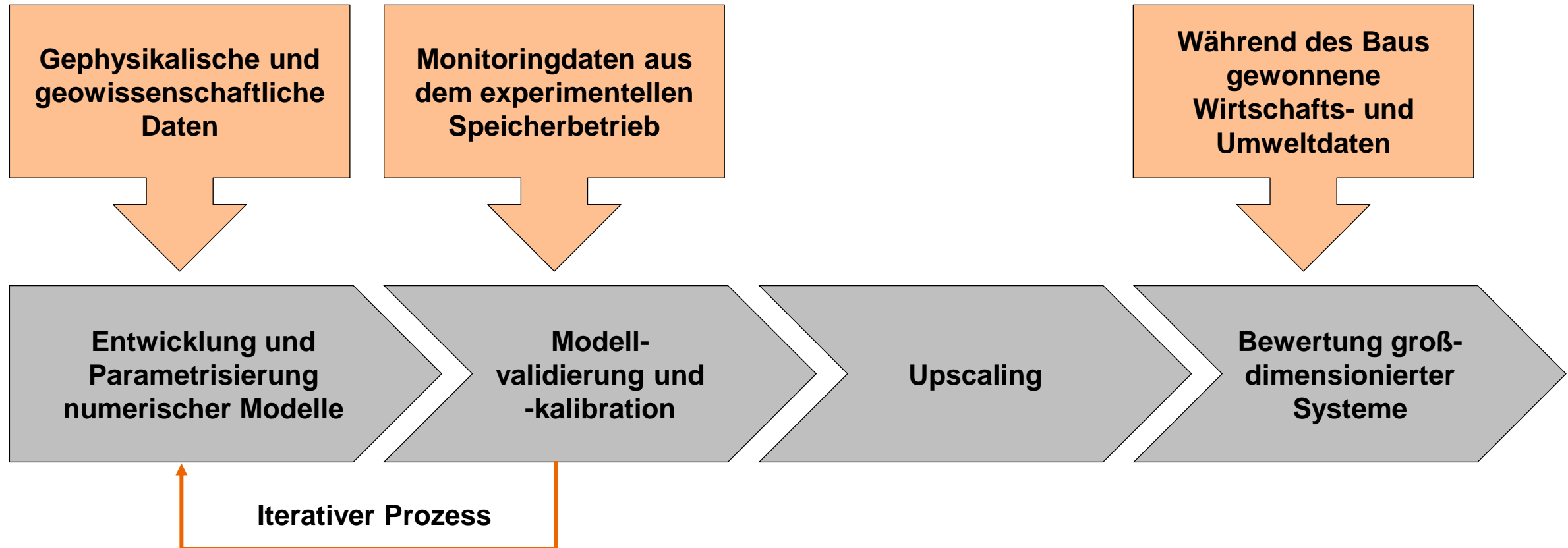


- **Mitteltiefe EWS: faseroptische Kabel für die Messung von Temperatur, Akustik und Dehnung**

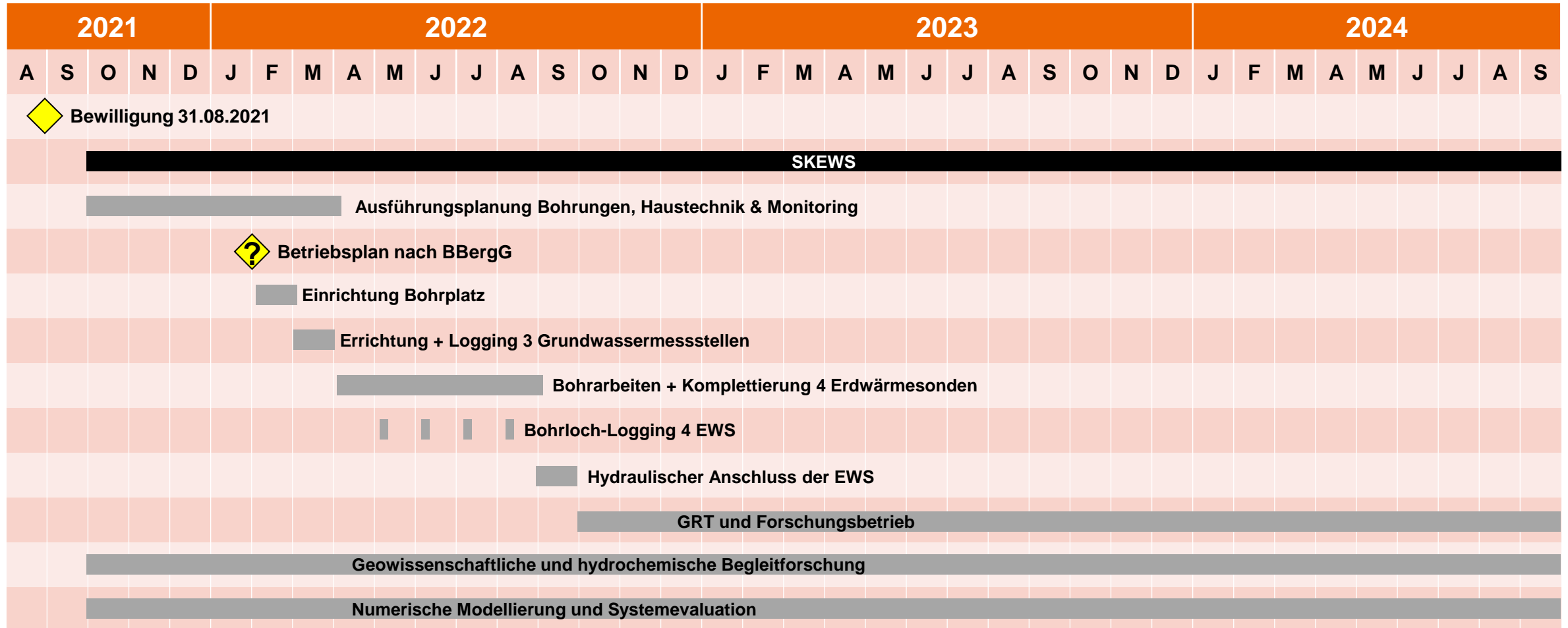
Konzept für den Experimentalbetrieb



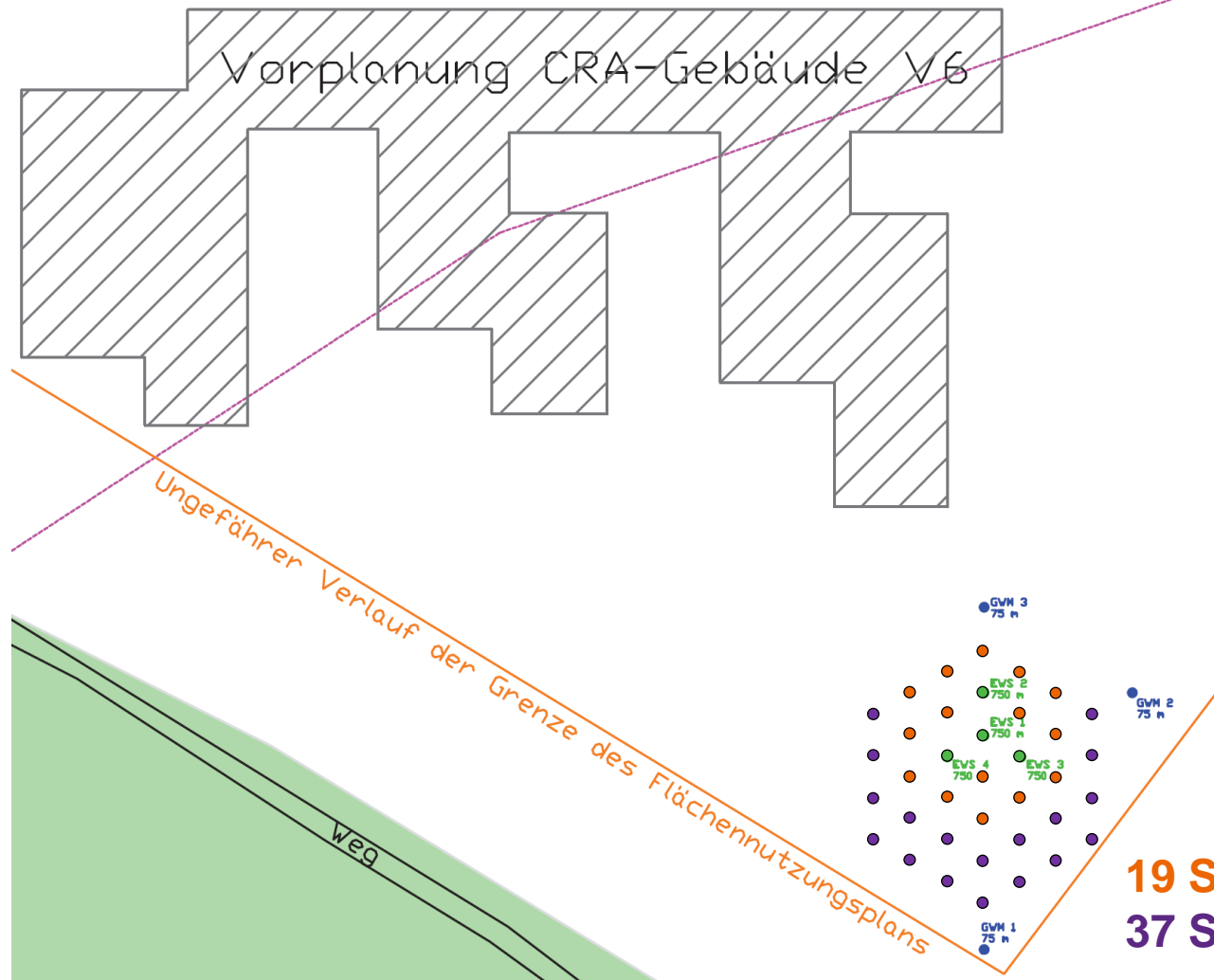
Numerische Modellierung und Bewertung



Vorläufige Zeitplanung



Nachnutzung der Anlage



- Nutzung als Demonstrator für weitere Experimente
- Nutzung der 4 EWS, Anschluss CRA-Gebäude
- Ausbau des Speichers und Einbindung in das Nahwärmenetz

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Förderung früherer und künftiger Forschung zu mitteltiefen Erdwärmespeichern



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Literatur

- Welsch B (2019): Technical, Economical and Environmental Assessment of Medium Deep Borehole Thermal Energy Storage Systems. Dissertation, TU Darmstadt
- Welsch B, Rühaak W, Schulte DO, Bär K and Sass I (2016): Characteristics of medium deep borehole thermal energy storage, International Journal of Energy Research, v. 40, no. 13, 1855–1868, doi:10.1002/er.3570.
- Welsch B, Göllner-Völker L, Schulte DO, Bär K, Sass I and Schebek L (2018): Environmental and Economic Assessment of Borehole Thermal Energy Storage in District Heating Systems, Applied Energy, v. 216, p. 73–90, doi:10.1016/j.apenergy.2018.02.011.

Forschungsprojekt SKEWS – Demonstration der technischen Umsetzbarkeit von MT-EWSS

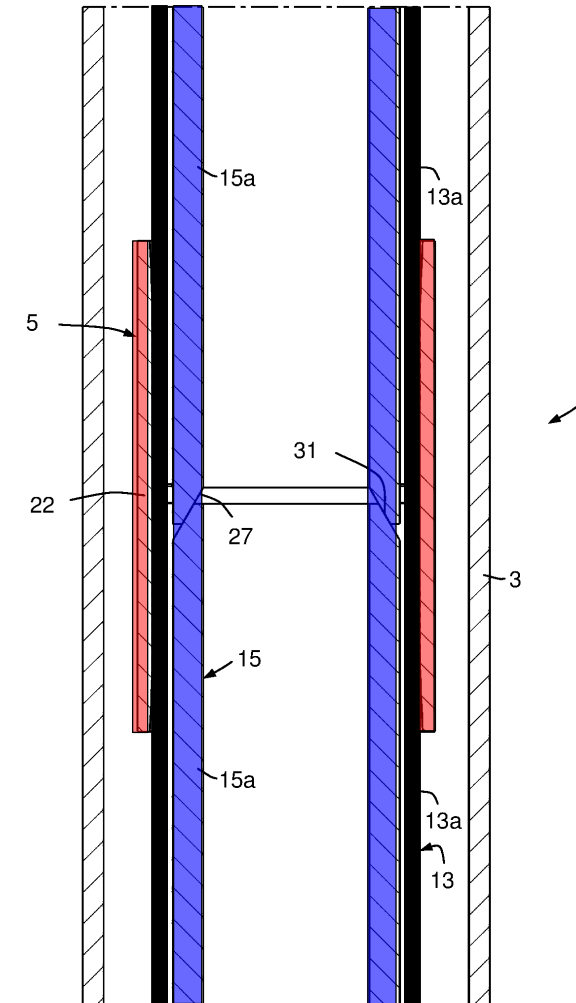
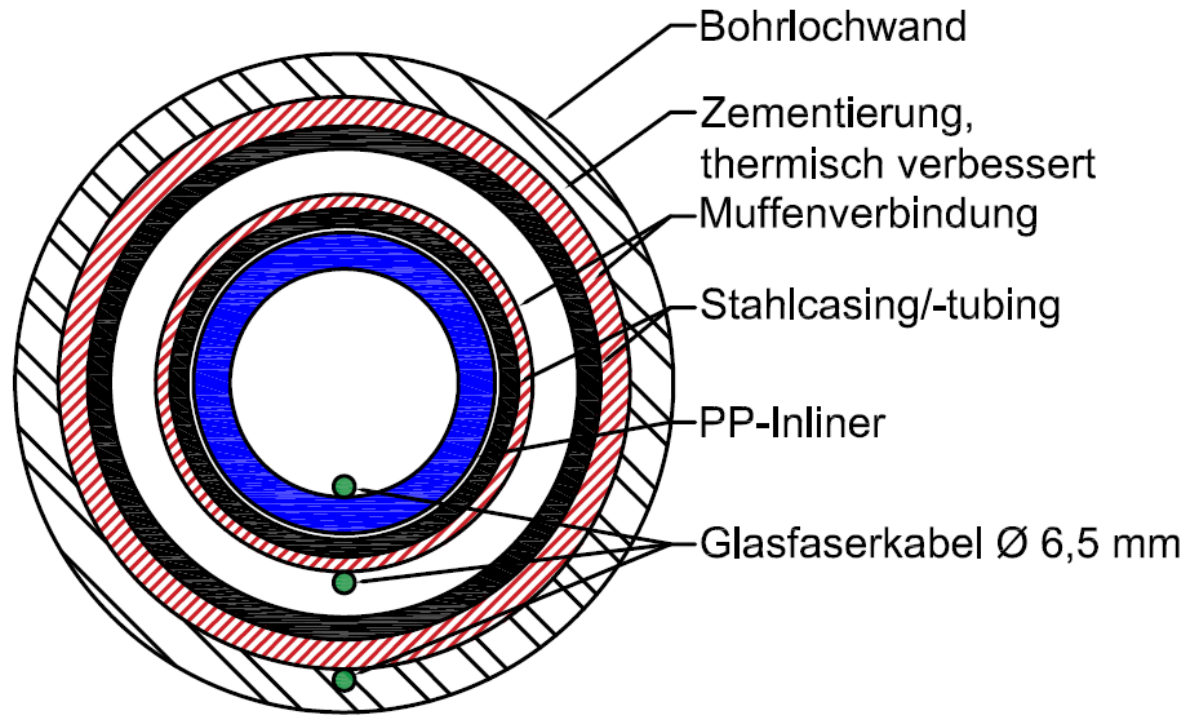


Teilziele von SKEWS

- **Bau eines MT-EWSS als Demonstrator im technischen Maßstab (4 x 750 m tiefe Erdwärmesonden, Abstand ca. 5 m)**
- **Demonstration des hydraulischen Imlochhammer-Bohrverfahrens für MT-EWSS**
- **Experimentelle Charakterisierung des Betriebs von MT-EWSS**
- **Validierung und Kalibrierung numerischer Modelle an Real-Messdaten**
- **Wirtschaftlichkeits- und Emissionsprognose zur Planung hochskalierter Anlagen**
- **Evaluation der Einbindung des MT-EWSS in das Energiekonzept der TU Darmstadt**
- **Entwicklung einer geophysikalischen 4D-Erkundungsmethodik für kristalline Reservoirsysteme**

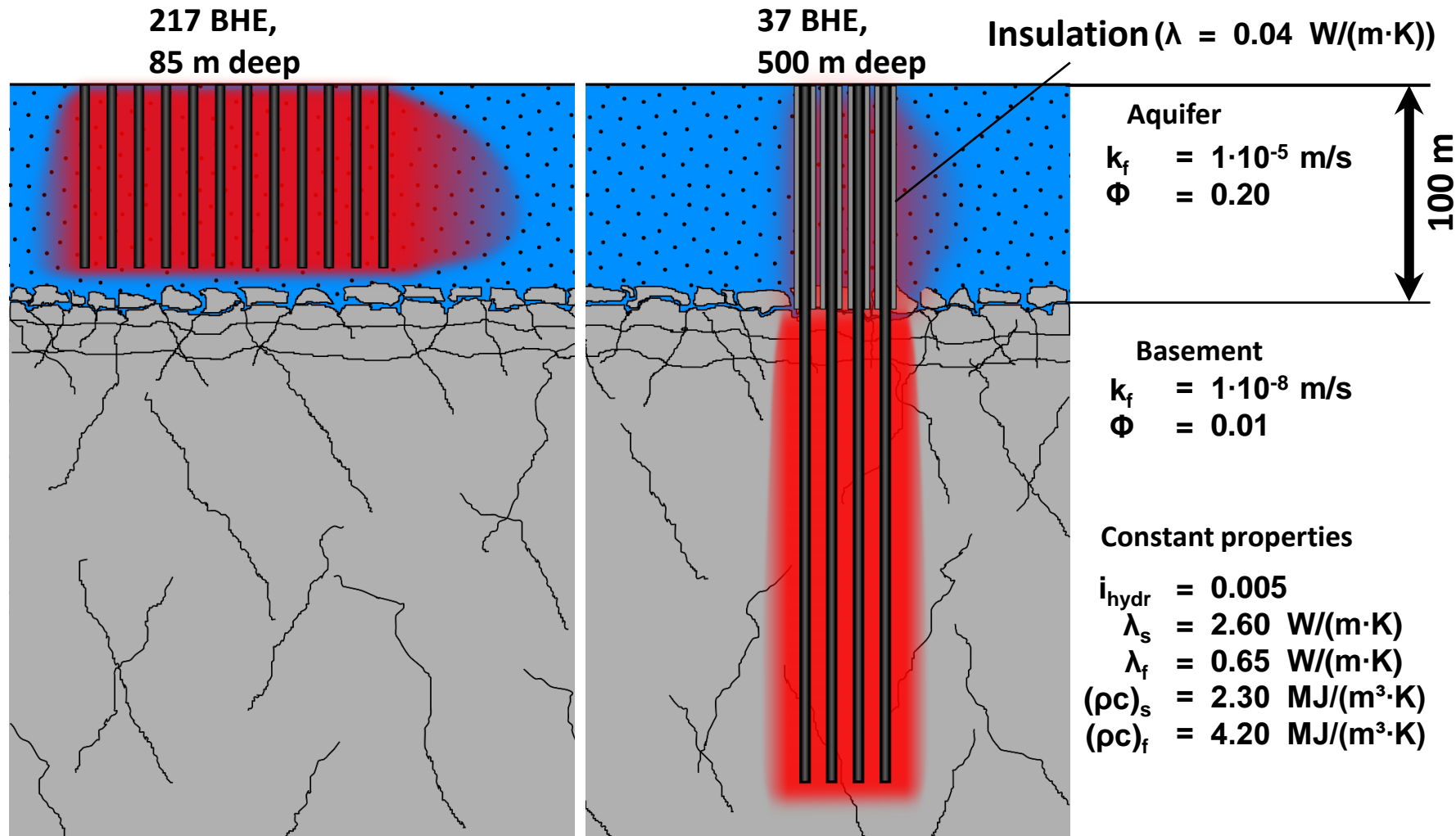
Erster Einsatz eines patentierten Steigrohrs in einer Wärmespeicheranwendung

Horizontalschnitt durch eine der Erdwärmesonden



Handke et al. (2019): Patent: DE102015112892B4

Oberflächennaher versus Mitteltiefer EWSS – Modell Setup



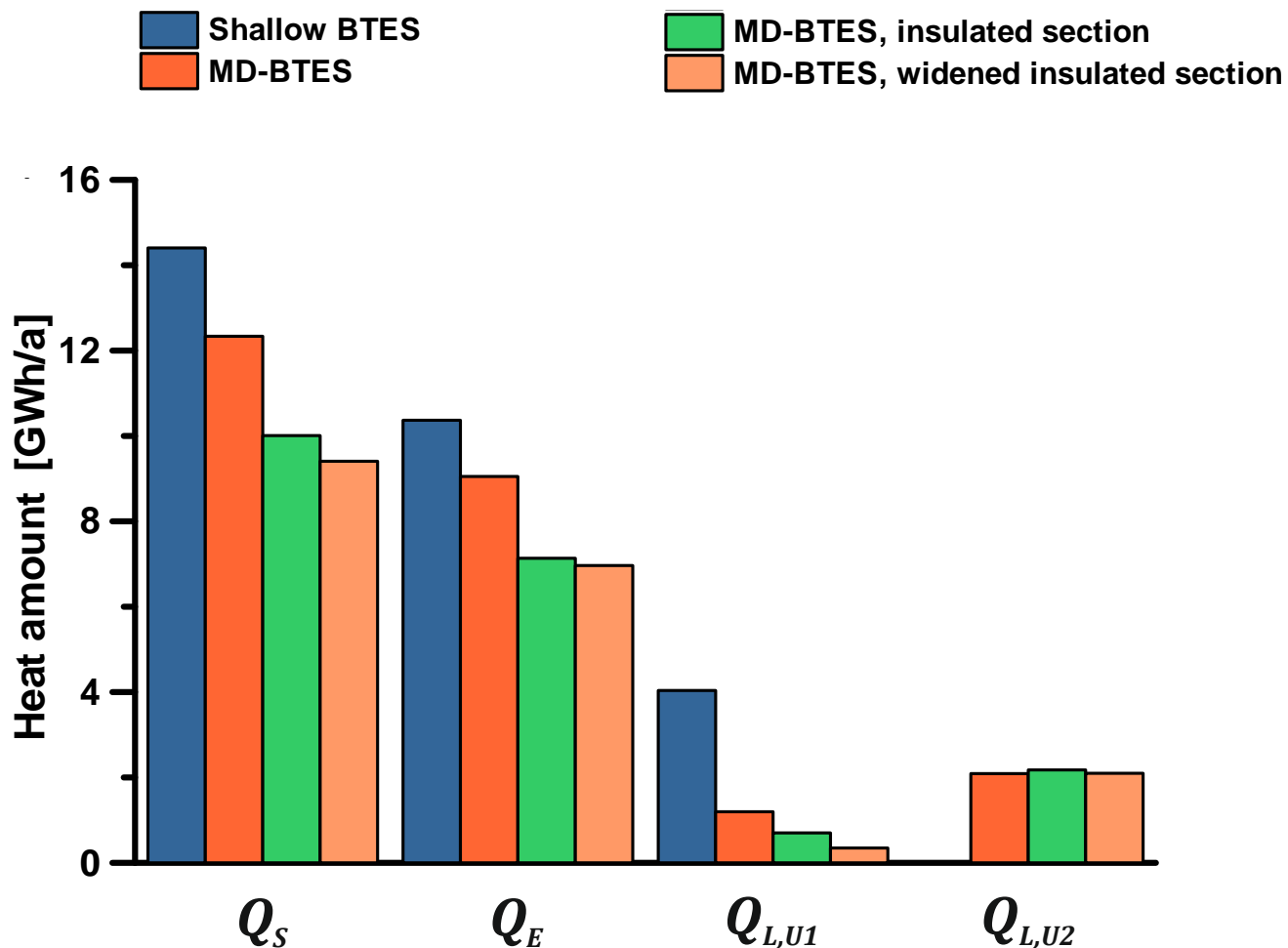
Vergleich verschiedener Speicher



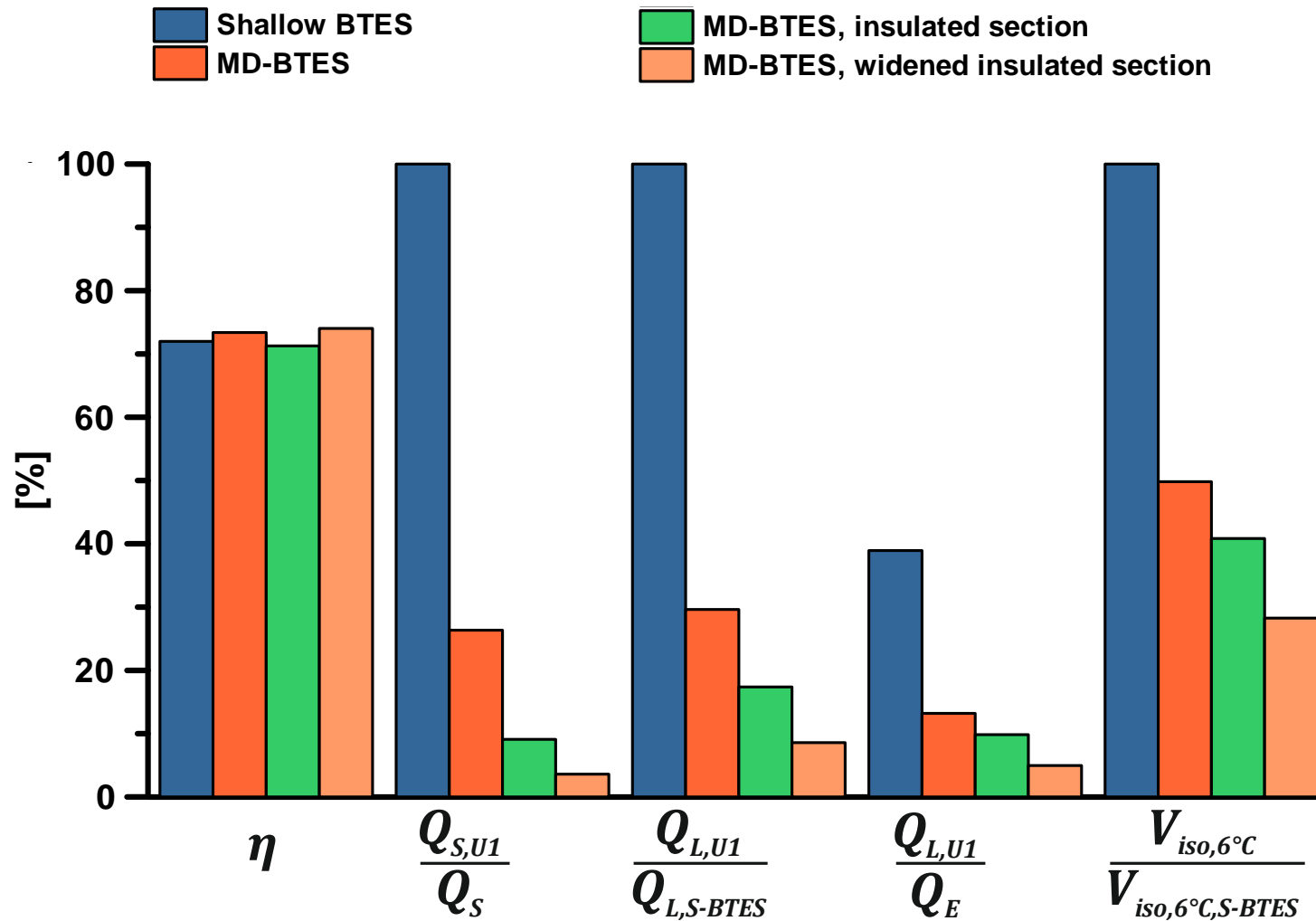
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

		Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
BTES type		Shallow →	MD	MD	MD
Number of BHE	[-]	217 →	37	37	37
BHE length	[m]	85 →	500	500	500
Total BHE length	[m]	18,445	18,500	18,500	18,500
BHE spacing	[m]	5	5	5	5
BHE completion	[-]	Coaxial	Coaxial	Coaxial	Coaxial
Borehole diameter of upper section (0–100 m)	[cm (in.)]	15.24 (6)	15.24 (6)	15.24 (6) →	25.4 (10)
Borehole diameter of lower section (100–500 m)	[cm (in.)]	15.24 (6)	15.24 (6)	15.24 (6)	15.24 (6)
Thermal conductivity of grout in the upper section (0–100 m)	[W m ⁻¹ K ⁻¹]	2	2 →	0.04	0.04
Thermal conductivity of grout in the lower section (100–500 m)	[W m ⁻¹ K ⁻¹]	-	2	2	2

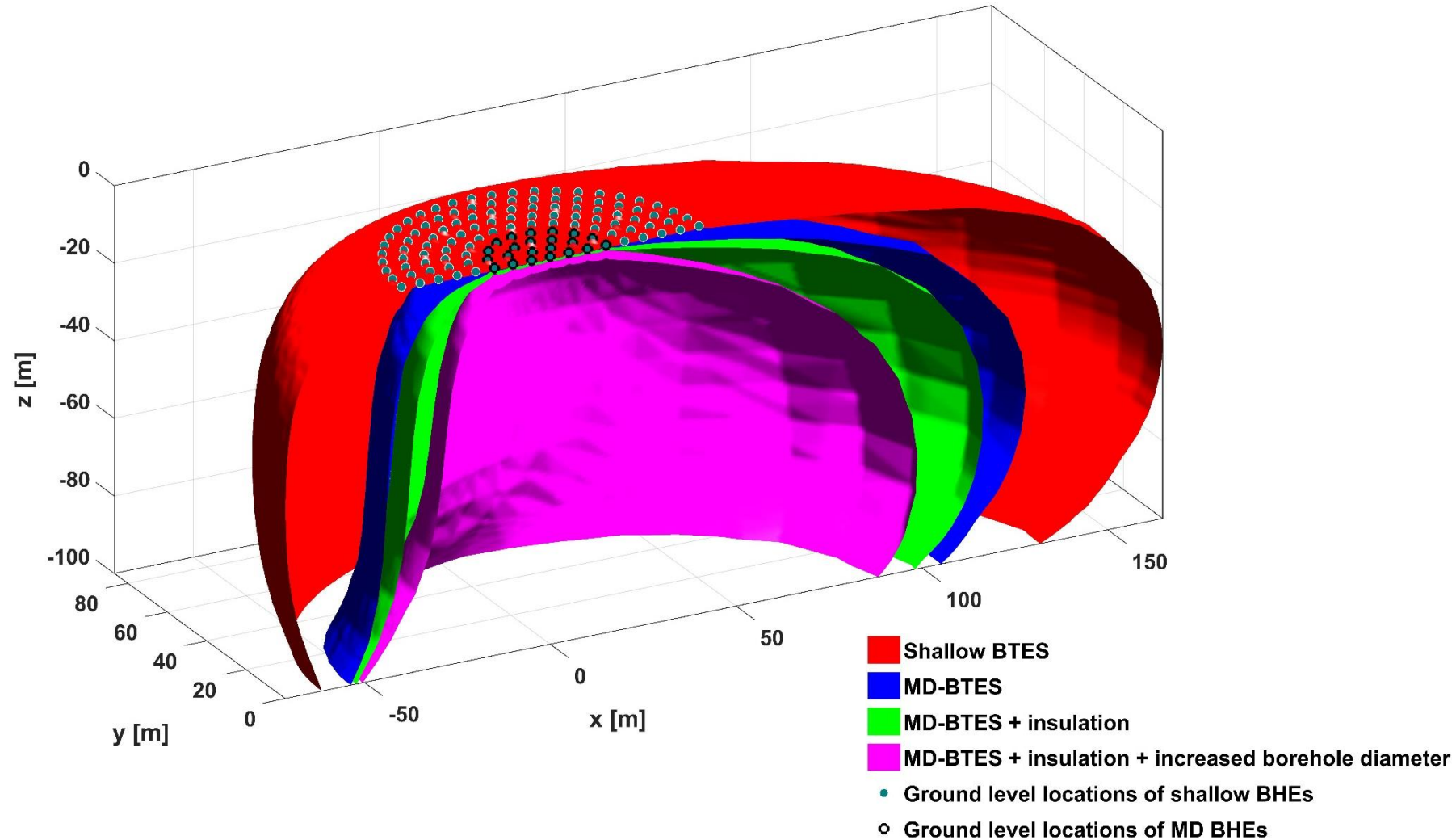
Vergleich verschiedener Speicher – Wärmemengen



Vergleich verschiedener Speicher – Normierte Kenngrößen



Vergleich verschiedener Speicher – Isoflächen für $\Delta T = 6\text{ K}$



Variation Durchlässigkeitsbeiwert

