#### Workshopreihe

Nutzung regenerativer Energiequellen

für die Wärmewende



Qualitätssteigerung oberflächennaher Geothermiesysteme

#### Teilprojekt 2:

Weiterentwicklung des TRT-Prüfgerätes



Hanne Karrer



# Das Verbundvorhaben QEWSplus





TP 3: Qualitätsanforderungen an Erdwärmesonden-Verfüllbaustoffe



**TP 4: Multifunktionale Modellierung von oberflächennahen Geothermiesystemen** 





solites



#### Motivation und Konzeptidee



- Thermal Response Test (TRT) Ergebnisse wichtig f
  ür die Auslegung von Erdwärmesonden (EWS) Systemen
- Oftmals Eigenbau-Geräte, bislang kein offizieller Check des gesamten TRT-Gerätes
- Vergleichsmessungen an realer EWS möglich, aber lange Wartezeiten zw. Versuchen
- Idee für einen Prüfstand stammt aus dem IEA ECES Annex 21 "Thermal Response Test"
- Hydraulische Anbindung an den Pr
  üfstand gleich wie an reale EWS
- Prüfstand bildet das thermische Verhalten einer EWS nach
- → Prüfstand kann überprüfen:
- $\rightarrow$  Mess- und Regeleinrichtung
- $\rightarrow$  Testdurchführung
- $\rightarrow$  Auswertungsverfahren

#### → Die Emulierte Erdwärmesonde



© ZAE Bayern

Source: Reuß et al. 2012

M. Reuß, R. Koenigsdorff R. Zorn, J. Kuckelkorn, H. Steger, M. Pröll, P. Feuerstein, Qualitätssicherung bei Erdwärmesonden und Erdreichkollektoren, Schlussbericht, FKZ: 0327453A, Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Mai 2012

H. Karrer, M. Reuß, G. Streib, Verfahren zur Überprüfung der Messeinrichtungen für Thermal Response Tests, Poster, Der Geothermiekongress 2017, München, Germany, 12.-14.09.2017

Basierend auf: Karrer et al. 2017

Chiller

19.06.2024

TRT Loops

Cold Water Loops

Regulated

Chiller Loops

Throttle Valve



### Konzept der Emulierten Erdwärmesonde (E-EWS)



- 2 Kreise für Emulierung 1U / 2 U-Sonden
- Wärmeübertrager emulieren Wärmeentzug der EWS
- Kältemaschine liefert Kältebedarf
- Elektrische Heizstäbe zur Feinregelung
- Emulierung der EWS Längen über Drosselventile
- Zeitversatz im Bezug zur EWS Länge muss berücksichtigt warden
- E-EWS Regelung über SPS
  - $\rightarrow$  Gleiche Randbedingungen
  - → Keine langen Wartezeiten
  - $\rightarrow$  Variable EWS Längen
  - → Variable Untergrundeigenschaften



Basierend auf: Karrer et al. 2017



Regelungskonzept und Simulationsmodell







#### E-EWS - Aufgebaut





© ZAE Bayern



#### E-EWS - Testablauf



- 1) Fluid basiertes TRT-Gerät wird an den Prüfstand (die E-EWS) angeschlossen
- 2) Kontrolle druckdicht
- 3) Anschalten Kältemaschine
- 4) Parameter Vorgabe an das Simulationsmodell
  - Wärmeleitfähigkeit (1-5 W/(m\*K))
  - EWS Länge (50-200 m)
  - ...
- 5) Start E-EWS
- 6) Start TRT-Gerät





# E-EWS – Validierung der Qualität und Funktionalität



Vergleich der TRT Ergebnisse an einer realen EWS und an der E-EWS gemessen mit dem selben TRT-Gerät:

Gemessene und mit dem **"EWS" Model ausgewertete** Daten an einer realen EWS als Vorgabewerte für das Simulationsmodell der E-EWS:

- Wärmeleitfähigkeit: 2.33 W/(m\*K)
- EWS Länge: 80 m
- T<sub>ug</sub>: 11.2 °C





#### E-EWS - Testreihe



20

Tests mit Variation der Wärmeleitfähigkeit und der EWS Länge:

Test Nummer [-]	EWS Länge <i>H</i> [m]	EWS-Modell Vorgabe Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{eff}$ [W/(m*K)]
1	80	2.33
2	80	5.0
3	80	1.0
4	50	2.33
5	$50 (T_{in} - T_{out} = 3 K)$	2.33
6	150	2.33





19.06.2024

E-EWS – Validierung der Variation der Wärmeleitfähigkeit



Vergleich des zeitlichen Verlaufs der gemittelten Fluidtemperatur für eine 80 m EWS und unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten:





### E-EWS – Ergebnisse EWS-Modell Auswertung



Vergleich der vorgegebenen und der numerisch ausgewerteten Parameter an der E-EWS:

Test Nummer [-]	EWS Länge <i>H</i> [m]	EWS-Modell Vorgabe Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{eff}$ [W/(m*K)]	EWS-Modell Ausgewertete Wärmeleitfähigkeit λ <sub>eff</sub> [W/(m*K)]	
1	80	2.33	2.33	Perfekte
2	80	5.0	5.29	obereinstimmung
3	80	1.0	1.13	Die restlichen
4	50	2.33	2.84	Ergebnisse zeigen leichte bis deutliche Abweichungen
5	$50 (T_{in} - T_{out} = 3 K)$	2.33	2.34	
6	150	2.33	2.47	

<u>ToDo</u>:  $\rightarrow$  Überprüfung möglicher Einfluss durch Erreichen der Grenze des Rechenraumes



# E-EWS – Ergebnisse ILS-Modell Auswertung



Vergleich der vorgegebenen und der analytisch ausgewerteten Parameter an der E-EWS:

Test Nummer [-]	EWS Länge <i>H</i> [m]	EWS-Modell Vorgabe Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{eff}$ [W/(m*K)]		ILS-Modell Ausgewertete Wärmeleitfähigkeit λ <sub>eff</sub> [W/(m*K)]
1	80	2.33	2.33	2.23
2	80	5.0	5.29	4.74
3	80	1.0	1.13	0.98
4	50	2.33	2.84	2.19
5	$50 (T_{in} - T_{out} = 3 K)$	2.33	2.34	2.28
6	150	2.33	2.47	2.24

 $\rightarrow$  Ergebnisse weichen leicht ab bis hin zu 6 %



#### E-EWS und EWS – Vergleich ILS-Modell Auswertungen



TRT Ergebnis an realer EWS:  $\lambda_{eff} = 2.2(2) \text{ W/(m*K)}$ 

TRT Ergebnis an E-EWS:  $\lambda_{eff} = 2.2(3) \text{ W/(m*K)}$ 





### E-EWS - Vergleich Auswertungsmodelle



Test Nummer [-]	EWS Länge <i>H</i> [m]	EWS-Modell Vorgabe Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{eff}$ [W/(m*K)]	EWS-Modell Ausgewertete Wärmeleitfähigkeit λ <sub>eff</sub> [W/(m*K)]	ILS-Modell Ausgewertete Wärmeleitfähigkeit λ <sub>eff</sub> [W/(m*K)]
1	80	2.33	2.33	2.23
2	80	5.0	5.29	4.74
3	80	1.0	1.13	0.98
4	50	2.33	2.84	2.19
5	$50 (T_{in} - T_{out} = 3 K)$	2.33	2.34	2.28
6	150	2.33	2.47	2.24

→ Es gibt und es wird vermutlich auch immer eine Abweichung für das Auswertungsergebnis der Wärmeleitfähigkeit geben in Abhängigkeit vom verwendeten Simulationsmodell.

→ Dieses Ergebnis unterstreicht die Bedeutung der Modellkonsistenz f
ür die Auswertung der TRT-Ergebnisse und die Auslegung des zugeh
örigen Geothermiesystems!



### Ausblick



17 | 20

 Aktuell laufen Versuche an der E-EWS mit integrierter Nachbildung der Schwankungen des elektrischen Netzes sowie der Umgebungseinflüsse (Sonne, Wind, Regen)





### Ausblick



- Aktuell laufen Versuche an der E-EWS mit integrierter Nachbildung der Schwankungen des elektrischen Netzes sowie der Umgebungseinflüsse (Sonne, Wind, Regen)
- Weitere Untersuchung der Ursache f
  ür die leichten bis deutlichen Abweichungen der Auswertungsergebnisse noch notwendig
- Erste externe TRT-Geräte wurden erfolgreich getestet, weitere werden folgen



#### Zusammenfassung



- E-EWS (Emulierte Erdwärmesonde) wurde erfolgreich entwickelt und aufgebaut
- Hervorragende Übereinstimmung zwischen Messungen an realer EWS und an E-EWS
- Bedeutung der Konsistenz zwischen verwendetem Simulationsmodell f
  ür die TRT Auswertung und die Auslegungsberechnung best
  ätigt
- Relevanz wird unterstrichen durch parallele Entwicklung des Virtual Borehole der Kanadier
- E-EWS kann einen hohen Qualitätsstandard für TRT-Geräte sichern einschließlich des gesamten Test- und Auswertungsablaufs und kann damit zu einer verlässlichen Auslegung von Geothermiesystemen beitragen.

Gefördert durch:

# Gibt es Fragen?

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

FKZ: 03EE4020A-H

**Hochschule Biberach** Institut für Gebäude- und Energiesysteme (IGE) Prof. Dr.-Ing. Roland Koenigsdorff | gewsplus@hochschule-bc.de | www.hochschule-biberach.de

Burkhardt GmbH Neuweiler

#### BURKHARDT

HBC.

HOCHSCHULE BIBERACH

UNIVERSITY

Frank Burkhardt | frank@burkhardt-bohrungen.de | www.burkhardt-bohrungen.de



**EIFER** Karlsruhe European Institute for Energy Research Dr. Roman Zorn | roman.zorn@eifer.org | www.eifer.kit.edu

**Fraunhofer** Freiburg Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Björn Nienborg| bjoern.nienborg@ise.fraunhofer.de | www.ise.fraunhofer.de



Hans G. Hauri KG Bötzingen Frank Hauri | f.hauri@hauri.de | www.hauri.de



#### H.S.W. Ingenieurbüro Rostock

Jens-Uwe Kühl| info@hsw-rostock.de | www.hsw-rostock.de

**QEWS**(plus) Qualitätssteigerung oberflächennaher Geothermiesysteme

Hanne Karrer ZAE Bavern Walther-Meißner-Str. 6 85748 Garching 089/329442-48 hanne.karrer@zae-bayern.de

#### © QEWSplus-Projektpartner



#### Karlsruhe Institut für Technologie

Institut für Angewandte Geowissenschaften (AGW) Dr. Hagen Steger | hagen.steger@kit.edu | www.kit.edu



**Solites** Stuttgart Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme

Yannick Reduth | reduth@solites.de | www.solites.de



#### **ZAE Bayern** Garching

Bayrisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V.

Peter Osqyan | peter.osqyan@zae-bayern.de | www.zae-bayern.de

ZAE BAYERN