

Workshopreihe

Nutzung regenerativer Energiequellen
für die Wärmewende



Qualitätssteigerung
oberflächennaher Geothermiesysteme

Teilprojekt 4:

Multifunktionale Modellierung von
oberflächennahen Geothermiesystemen

Fabian Neth & Adinda Van de Ven

HBC.
HOCHSCHULE
BIBERACH
UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES

BURKHARDT
Geologische und
hydrologische
Bohrungen

eifer

HAURI

HSW
Ingenieurbüro
Gesellschaft für Energie und Umwelt mbH

KIT
Karlsruher Institut für Technologie

solites

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

Fraunhofer
ISE

In Zusammenarbeit mit:

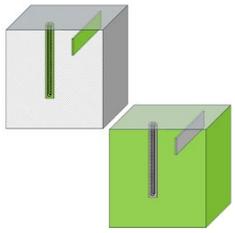


aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Diese Unterlagen sind zunächst ausschließlich für den persönlichen Gebrauch durch die Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Workshops Nutzung regenerativen Energiequellen für die Wärmewende vom 19.06.2024 bestimmt.

In diesen Unterlagen ist z. T. geistiges Eigentum Dritter in zitierender Weise wiedergegeben, weshalb eine unrechtmäßige Weiterverbreitung dieser Unterlagen neben ideellen auch finanzielle Schäden nach sich ziehen kann, für die der Verursacher haftbar gemacht wird.

Eine Weitergabe an außenstehende Dritte in irgendeiner Form ist deshalb grundsätzlich nicht gestattet. Für die Teile dieses Dokuments, an denen die Verfasser selbst die Urheberrechte halten, werden auf Anfrage gerne weitergehende Nutzungsrechte (für Zwecke der Lehre und Forschung kostenlos) gewährt.



Teilprojekt 4 Multifunktionale Modellierung von ONG-Systemen

TP 4.1:

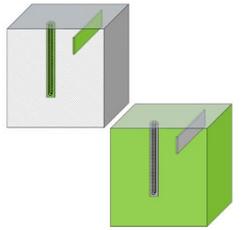
Erweiterung der
konsistenten
Modellbildung

TP 4.2:

Erweiterung der
Funktionalität der
Modellbibliothek

TP 4.3:

Anpassung der
Auslegungsmodelle
an reale Lastprofile
und
unterschiedliche
Betriebsweisen



Dimensionierung von Erdwärmesonden (-feldern) von Vielzahl an Parametern beeinflusst:

- Daten des Untergrundes: Wärmeleitfähigkeit, ungestörte Erdreichtemperatur, Grundwassereinfluss, etc.
- Lastdaten: Art des Gebäudes/Verbrauchers, Betriebsart (monovalent, bivalent, ...), etc.
- Anlagenparameter: Volumenstrom (laminar, turbulent), Temperaturniveau der Verbraucher, COP, etc.

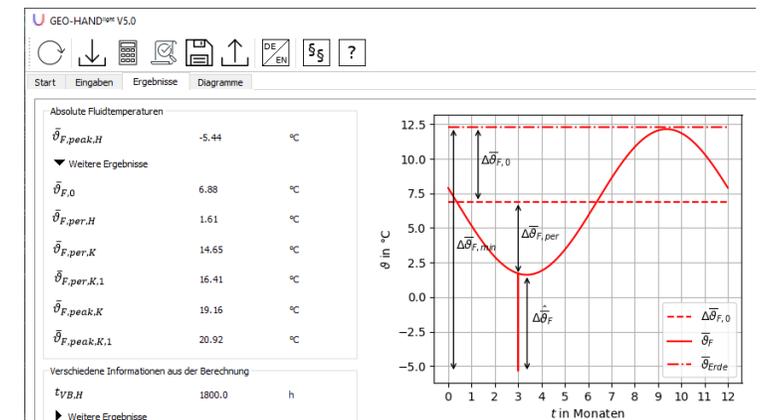
→ Beurteilung der Einflüsse: Sensitivitätsanalyse

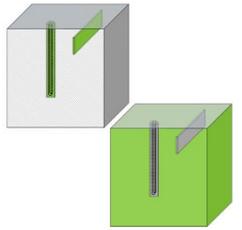


[Kontakt](#) [Presse](#)



AUSLEGUNG VON ERDWÄRMESONDENANLAGEN – GEO-HAND^{light}

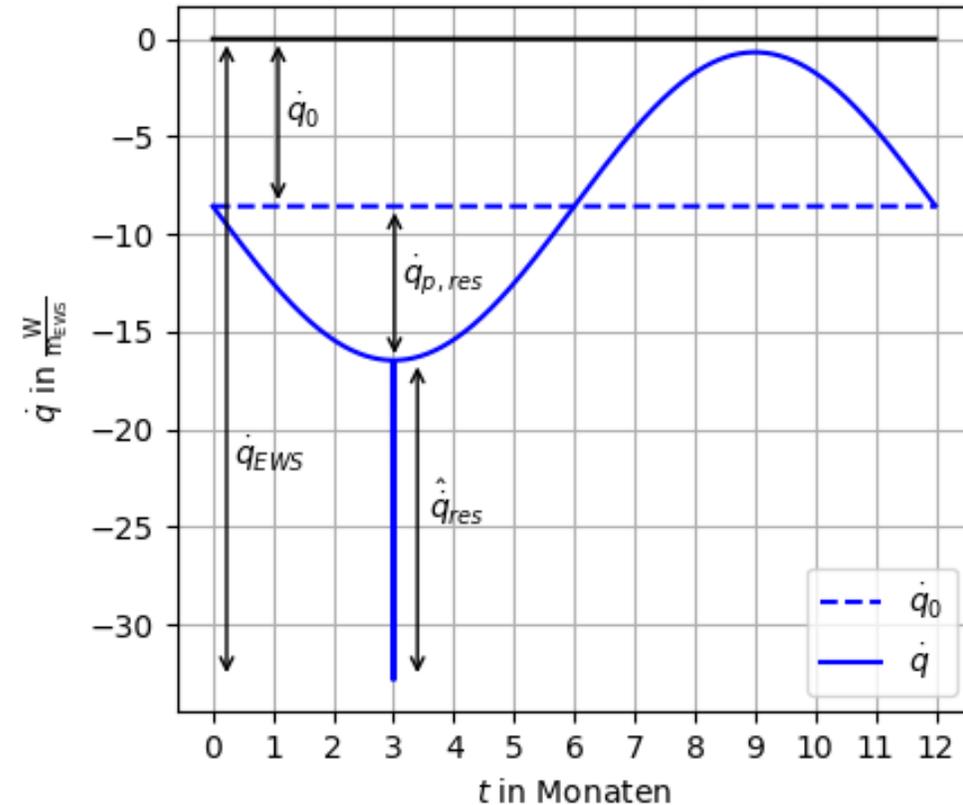




Aufteilung der Lastparameter wie in GEO-HAND^{light} (GHL).

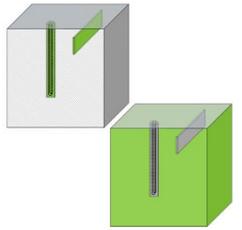
Übersicht der variierten Parameter* am Beispiel der Einzelsonde:

Parameter	Min	Max	Mean
Tiefe einer EWS H in m	62,5	187,5	125
Wärmeleitfähigkeit λ in W/(m K)	1,5	4,5	3,0
Bohrlochwiderstand R_b in (m K/W)	0,06	0,18	0,12
Spitzenlast $\dot{Q}_{geo,peak,H}$ in kW	2,0	6,1	4,1
Dauer Spitzenlast $t_{peak,H}$ in h	12	36	24
Max. monatl. Last $Q_{geo,mon,H}$ in MWh	0,751	2,253	1,502
Ges. Jahresarbeit $Q_{geo,ges,H}$ in MWh	4,693	14,079	9,386



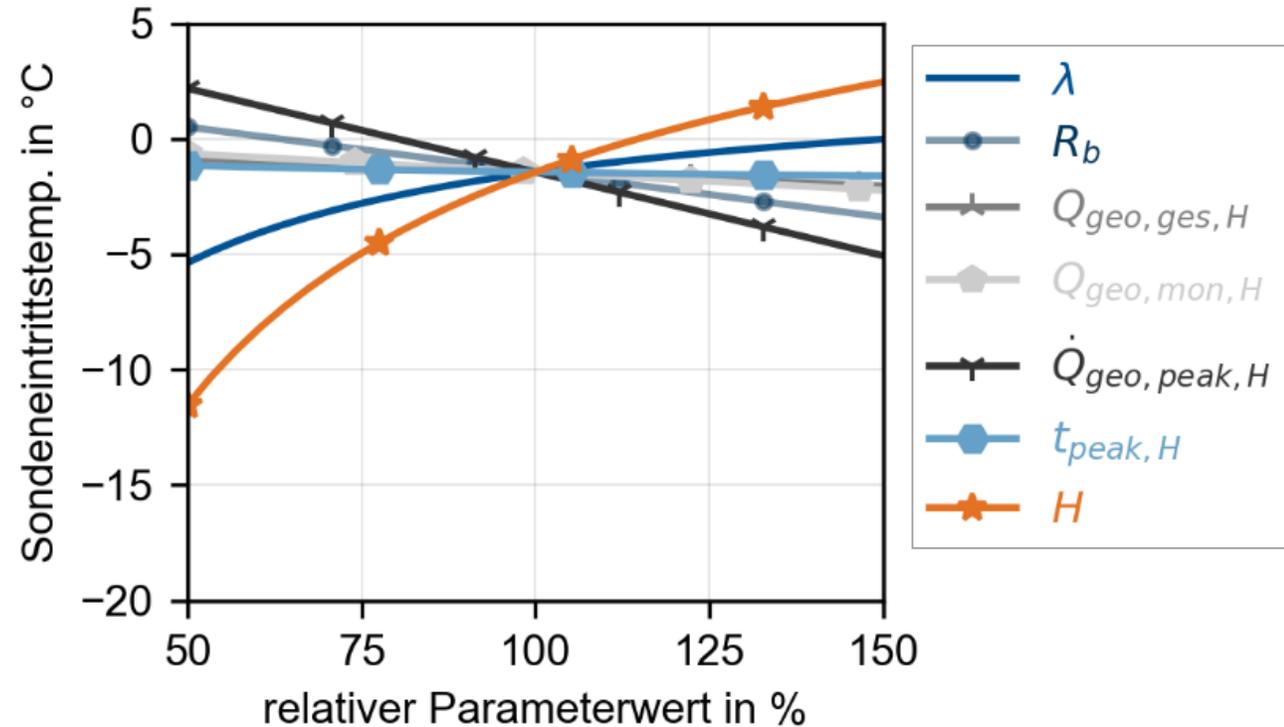
*Weitere konstant gehaltene Parameter nach: Koenigsdorff, R., 2011. Oberflächennahe Geothermie für Gebäude: Grundlagen und Anwendungen einer zukunftsfähigen Heizung und Kühlung. ISBN 978-3-8167-8271-1.

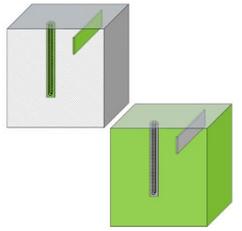
Siehe Kapitel 6: Lastprofil aus Bsp. verringert auf 2/3 der Ausgangswerte und für Sondenfelder hochskaliert (Faktor 16 bzw. 50)



Einzelsonde ohne Grundwasser:

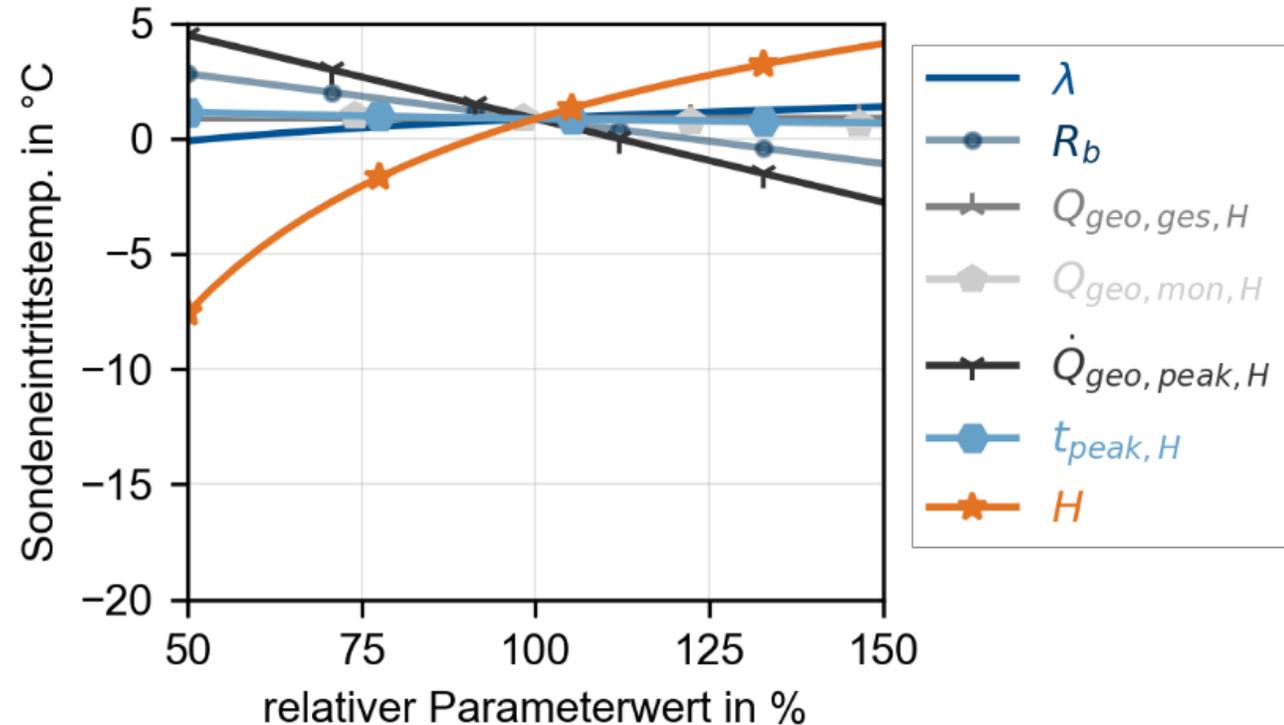
- Betrachtung der Sondeneintrittstemperatur (relevant für die Einhaltung der Vorgaben nach VDI 4640 Blatt 2)
- Ranking der Einflüsse:
 - Bohrlochtiefe
 - Spitzenlast und Wärmeleitfähigkeit
 - Bohrlochwiderstand
 - Alle weiteren Größen haben in diesem Beispiel eher geringen Einfluss

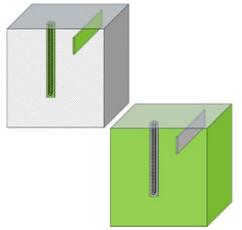




Einzelsonde im Grundwasser:

- Betrachtung der Sonde komplett im Grundwasser (aktuell bereits in GHK enthalten)
- Darcy-Geschwindigkeit bei 0,125 m/Tag
- Einfluss der Wärmeleitfähigkeit des Gesteins relativiert sich
- Verschiebung des Temperaturniveaus im Vergleich zu Analyse ohne Grundwasser um ca. 3 K

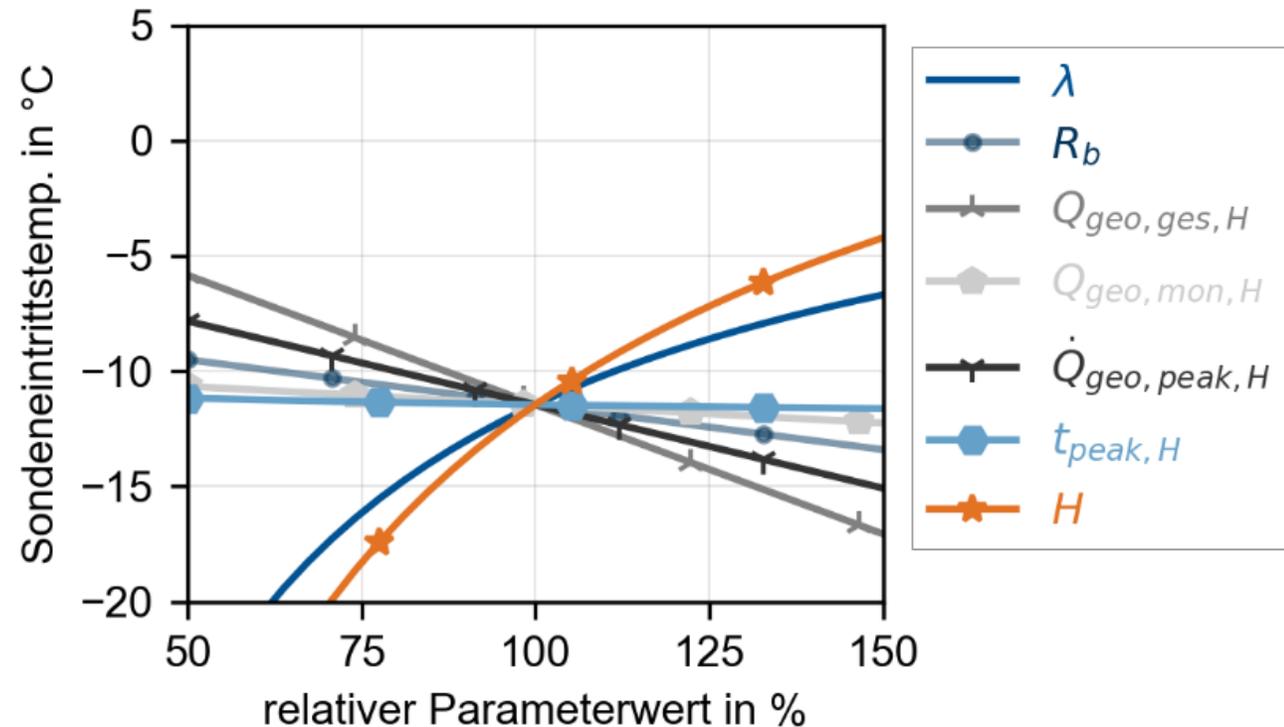


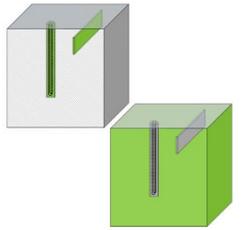


Sondenfeld mit **50** EWS ohne Grundwasser:

- Anordnung als 5 x 10 Rechteck (B-zu-H-Verhältnis 0,1)
- Einfluss der Grundlast im Vergleich zu Einzelsonden-Anlage deutlich gestiegen
- Weiter sinkende Sondeneintrittstemp. bei gleichbleibender spez. Sondenbelastung (ca. 32 W/m) zeigt auch Speicherwirkung des Feldes

Zwischenfazit: Sondenfeldkonfiguration und Grundwassereinfluss spielen bedeutende Rolle

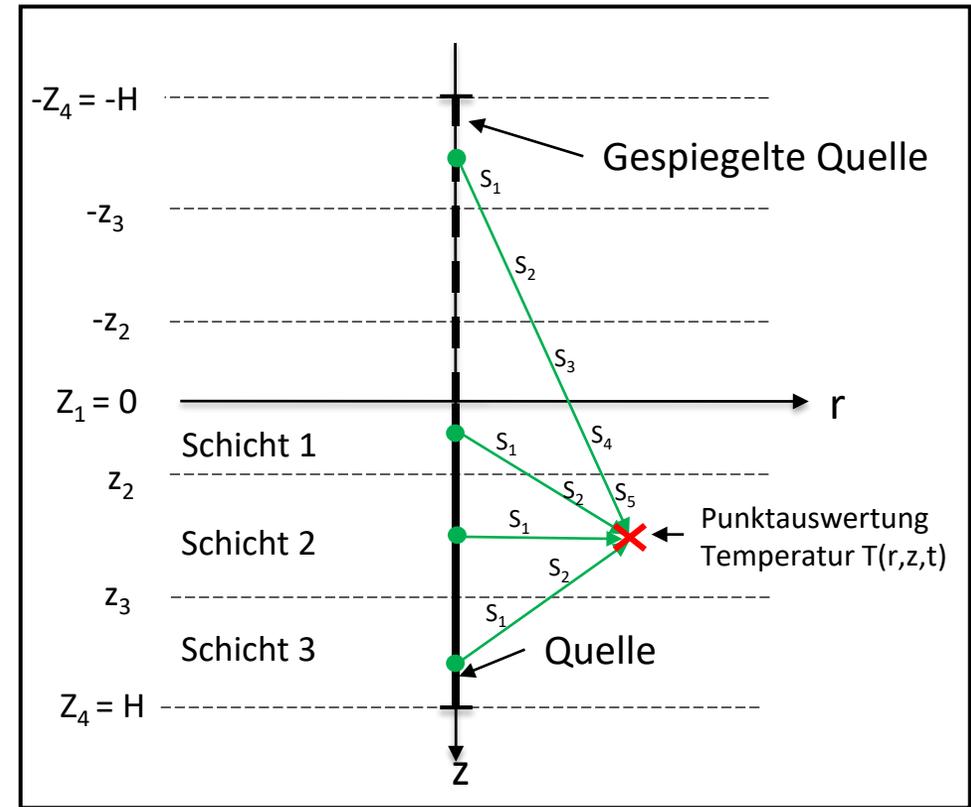




Analytischer Ansatz für mehrschichtigem Erdreich:

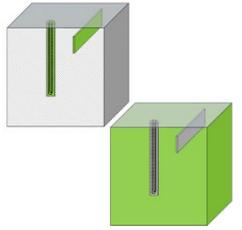
- nach Erol & François (2018)*
- homogenes Finite (Moving) Line Source Modell (F(M)LS)
- streckenweise das F(M)LS-Modell pro Erdreichschicht
- Materialeigenschaften sind streckengewichtet gemittelt
- Schichten über- und unterhalb der Strecke werden vernachlässigt

Veranschaulichung Mittelung Materialeigenschaften für Punktquellen:

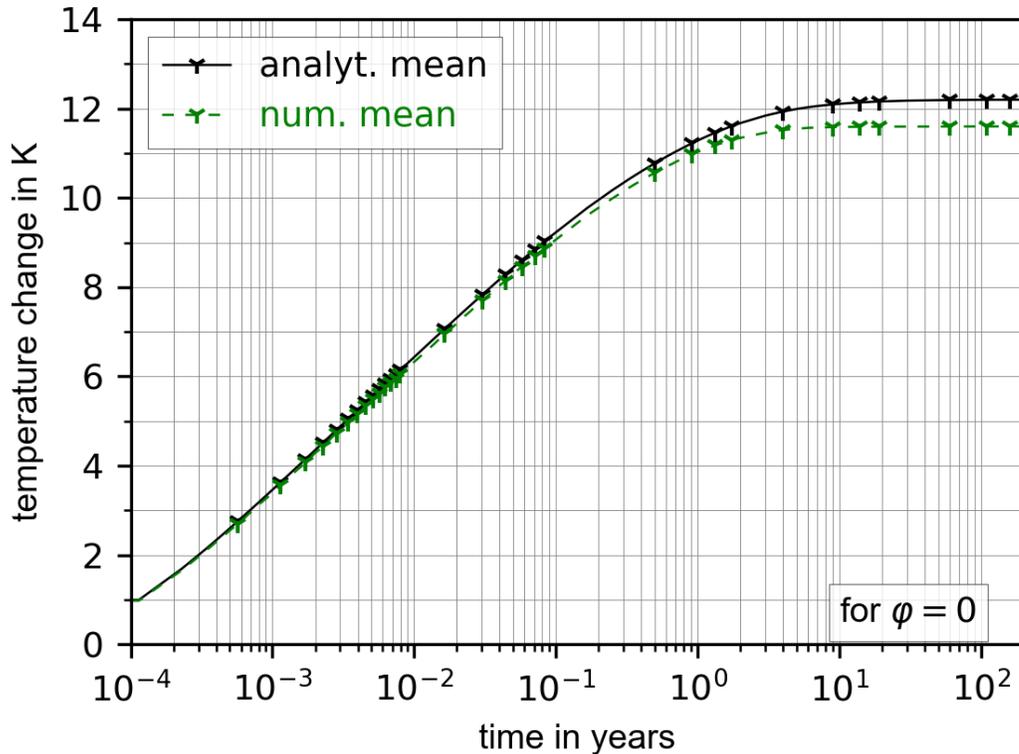


Quelle:
Daniel Toker, 2024. Modelloptimierung oberflächennaher Geothermie. Fortgeschrittenes Projekt in Computational Science and Engineering.

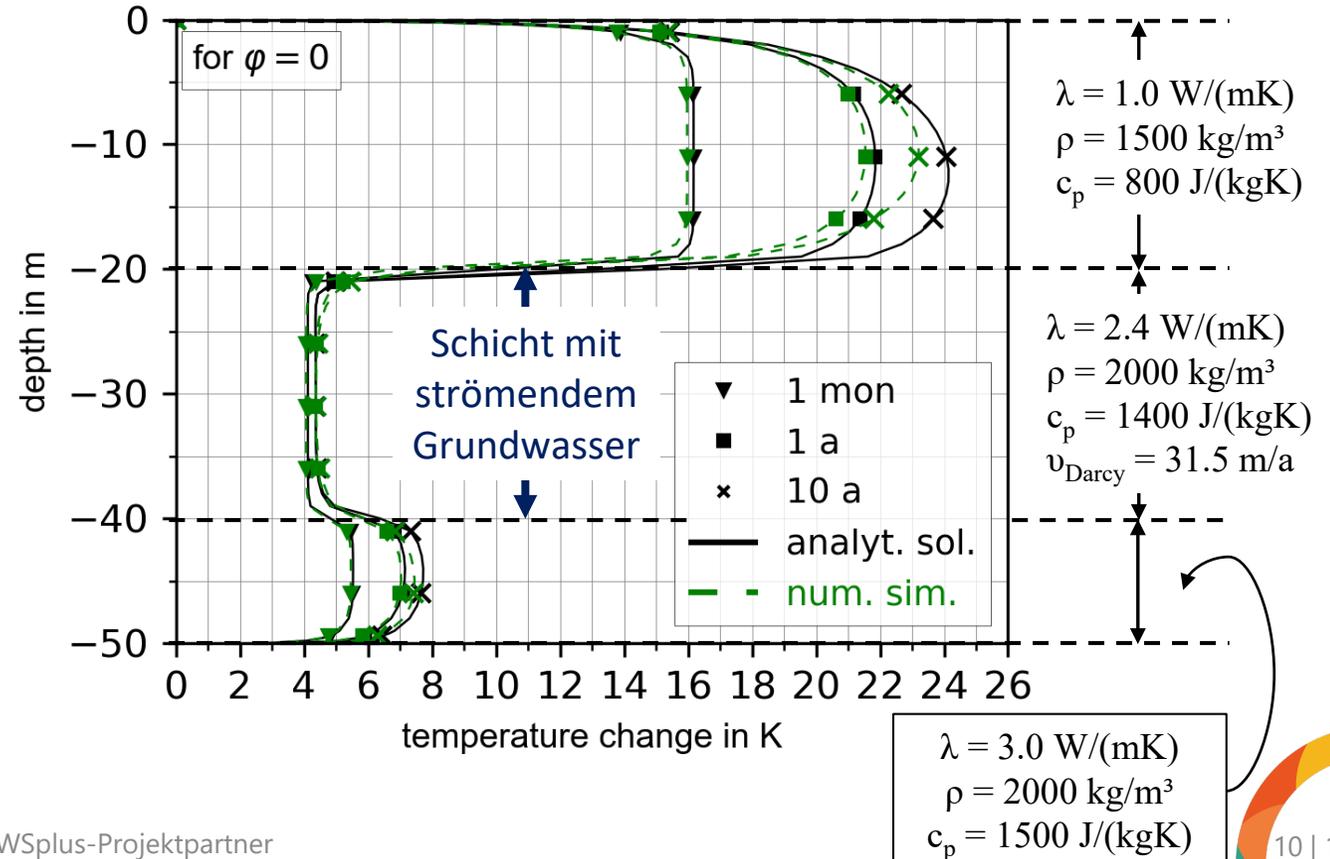
* Erol, S., François, B., 2018. Multilayer analytical model for vertical ground heat exchanger with groundwater flow. Geothermics 71, 294-305.

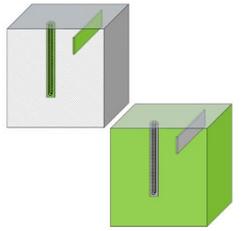


Gemittelte Temperaturänderung über die Bohrlochtiefe

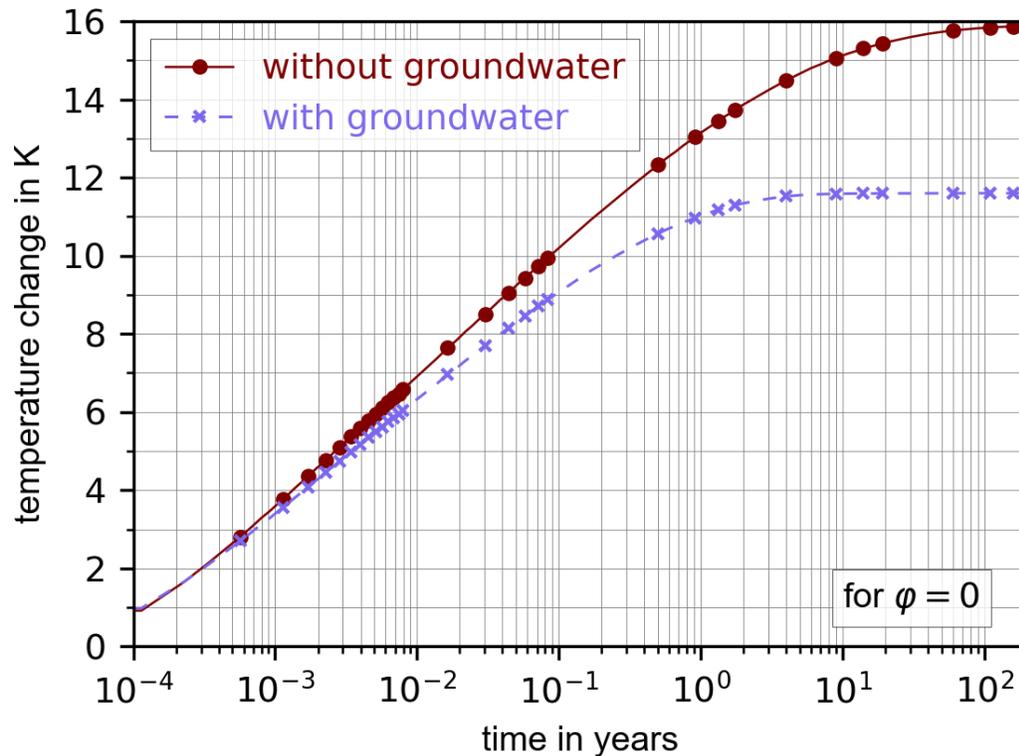


Temperaturänderung über die Sondentiefe

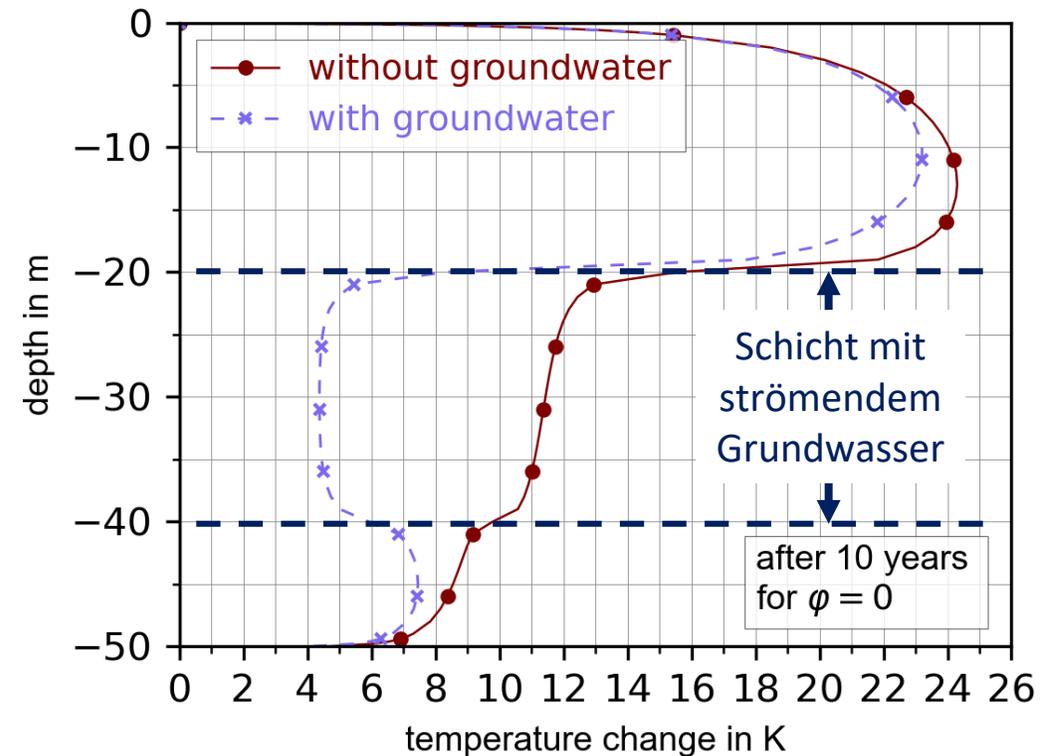


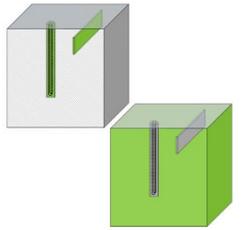


Gemittelte Temperaturänderung über der Sondentiefe



Temperaturänderung über der Sondentiefe





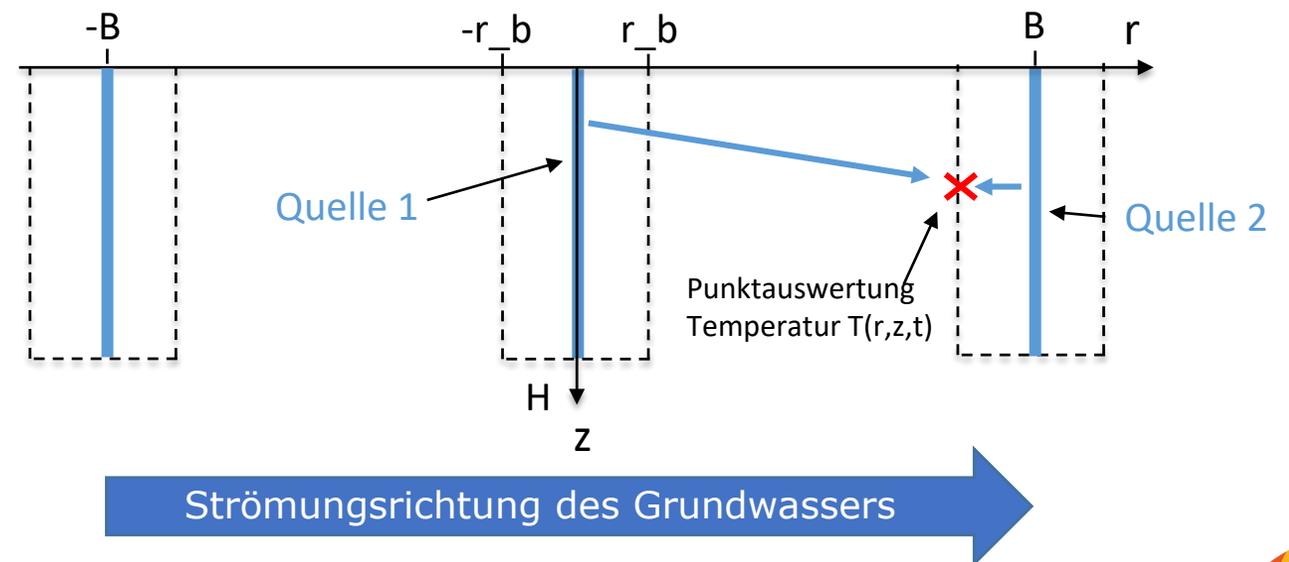
Superpositionsprinzip

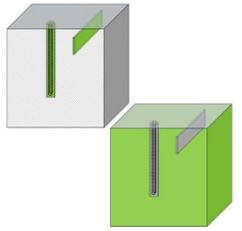
Voraussetzungen:

- Linearität bei der DGL
- konstante Koeffizienten

Die örtliche Superposition:

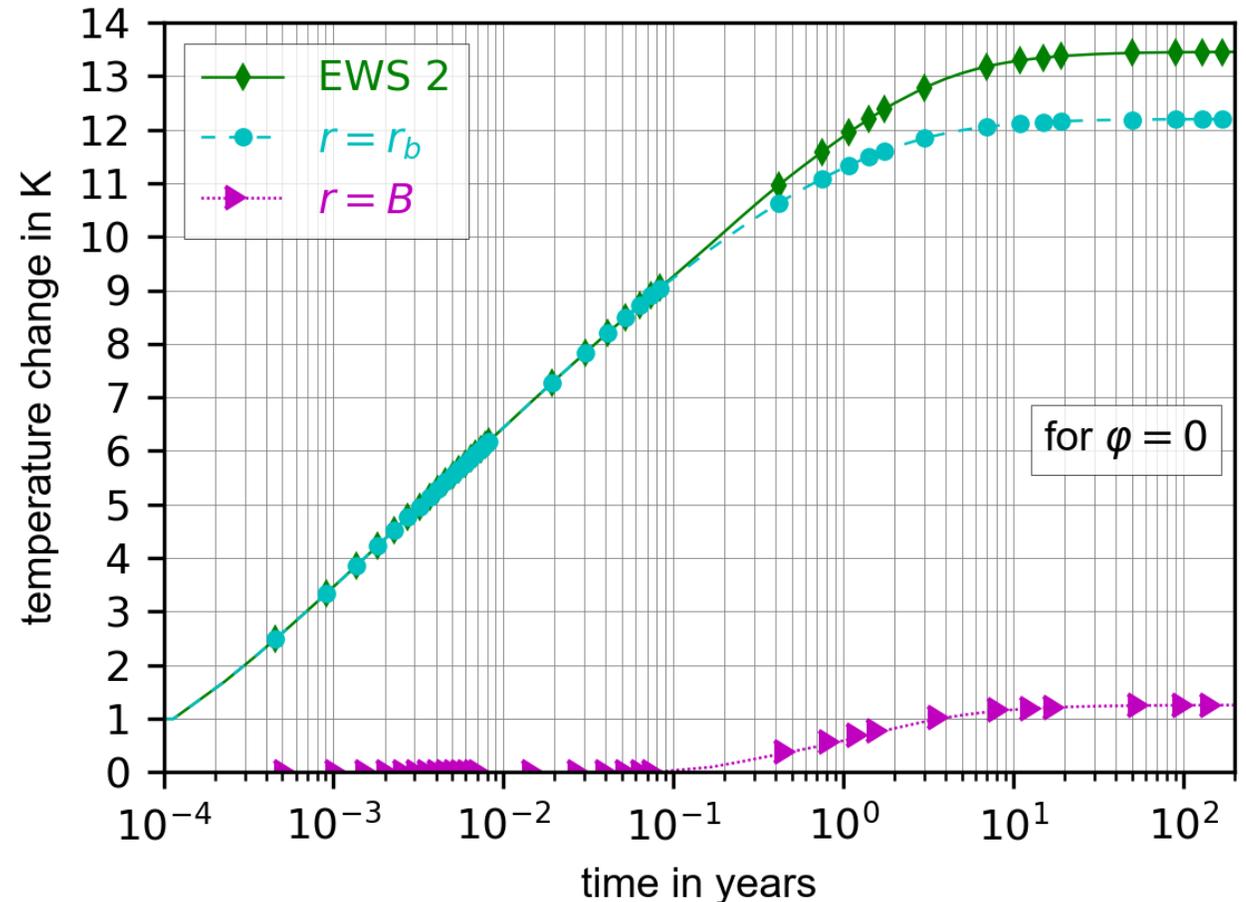
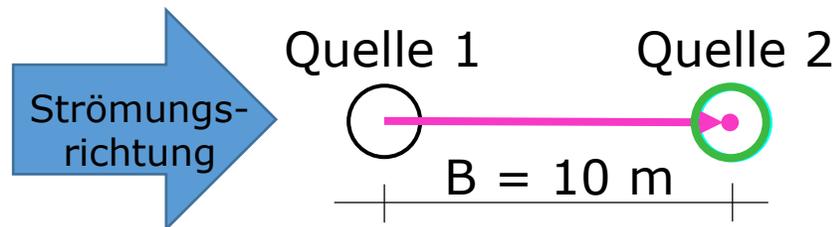
- Addition von mehreren Temperaturänderungen an einem Ort aufgrund unterschiedlicher Sonden

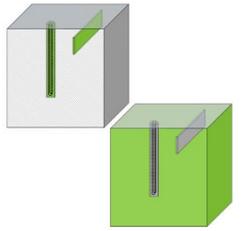




Darstellung der örtliche
 Superposition

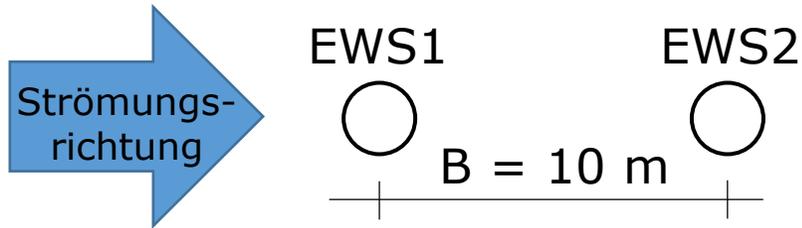
Ergebnisse aus dem
 analytischen Modell:



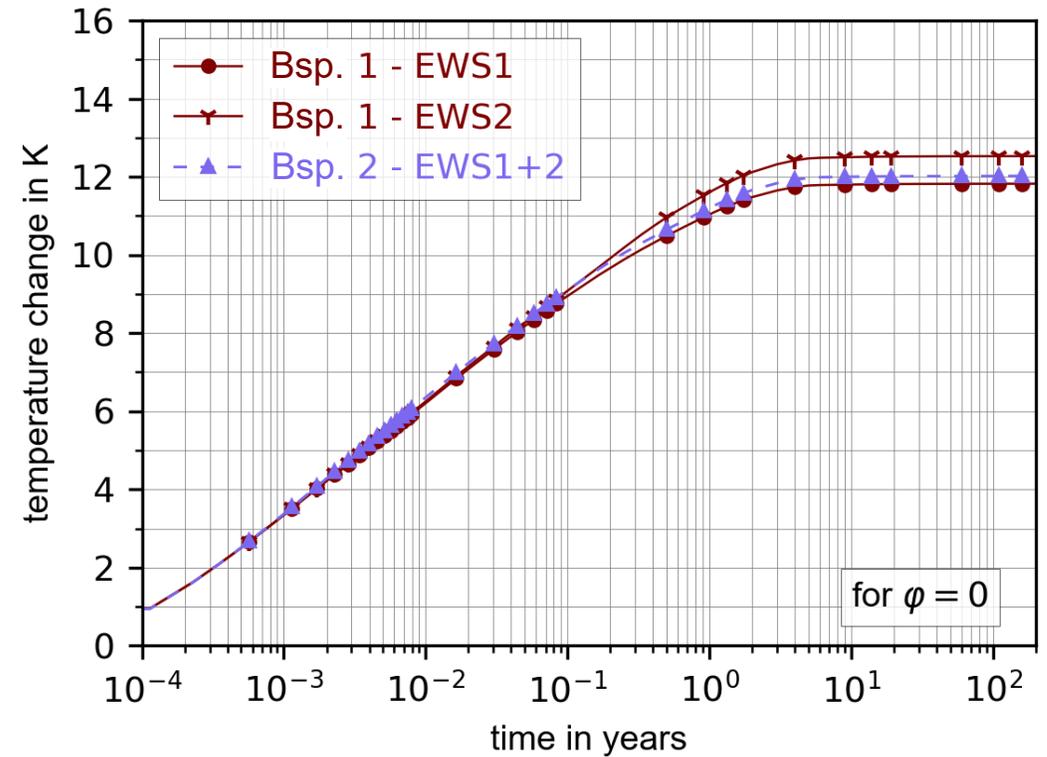
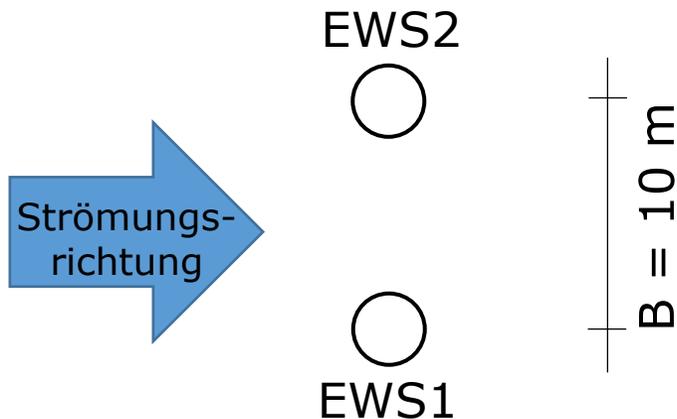


Ergebnisse aus dem numerischen Modell

– Bsp. 1:



– Bsp. 2:



Gibt es Fragen?

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

FKZ: 03EE4020A-H



Hochschule Biberach

Institut für Gebäude- und Energiesysteme (IGE)

Prof. Dr.-Ing. Roland Koenigsdorff | qewsplus@hochschule-bc.de | www.hochschule-biberach.de



Burkhardt GmbH Neuweiler

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



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 Osgyan | peter.osgyan@zae-bayern.de | www.zae-bayern.de



Qualitätssteigerung
oberflächennaher Geothermiesysteme

Adinda Van de Ven
Institut für Gebäude- und Energiesysteme (IGE)
Karlstraße 11
Biberach an der Riß 88400
07351.582-263
vandeven@hochschule-bc.de