universität innsbruck
Arbeitsbereich für Energieeffizientes Bauen

gigaTES

DER EINFLUSS VON ENTWURFSASPEKTEN AUF DIE SPEICHEREFFIZIENZ

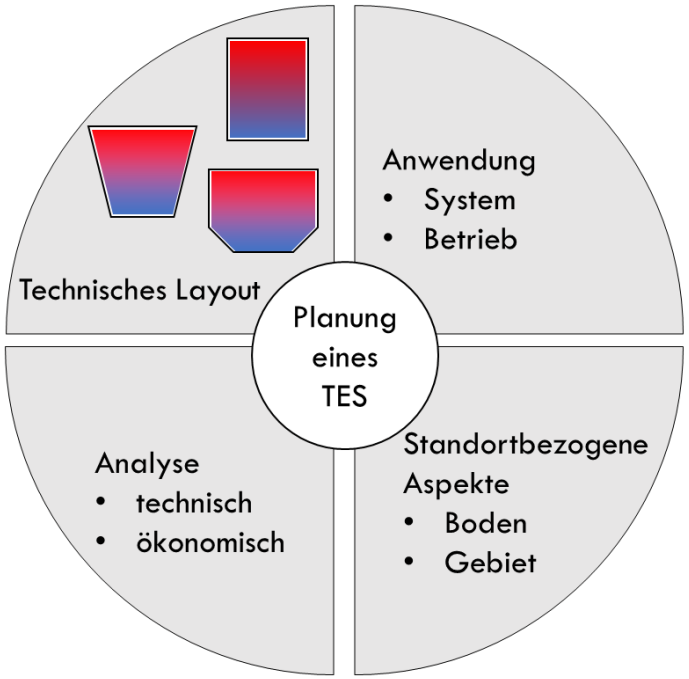
Fabian Ochs, Alice Tosatto, Abdulrahman Dahash, Michele Bianchi Janetti

PLANUNG EINES UNTERIRDISCHEN WARMWASSERSPEICHERS

Die hohen Investitionskosten, die mit großen unterirdischen Wärmespeichern verbunden sind, erfordern eine sorgfältige Konstruktionsoptimierung, bei der eine große Anzahl an Parametern zu berücksichtigen sind

- Standort inkl. Bodeneigenschaften
- Anwendung, d.h. Einbindung in Fernwärme-System
- Technisches Layout

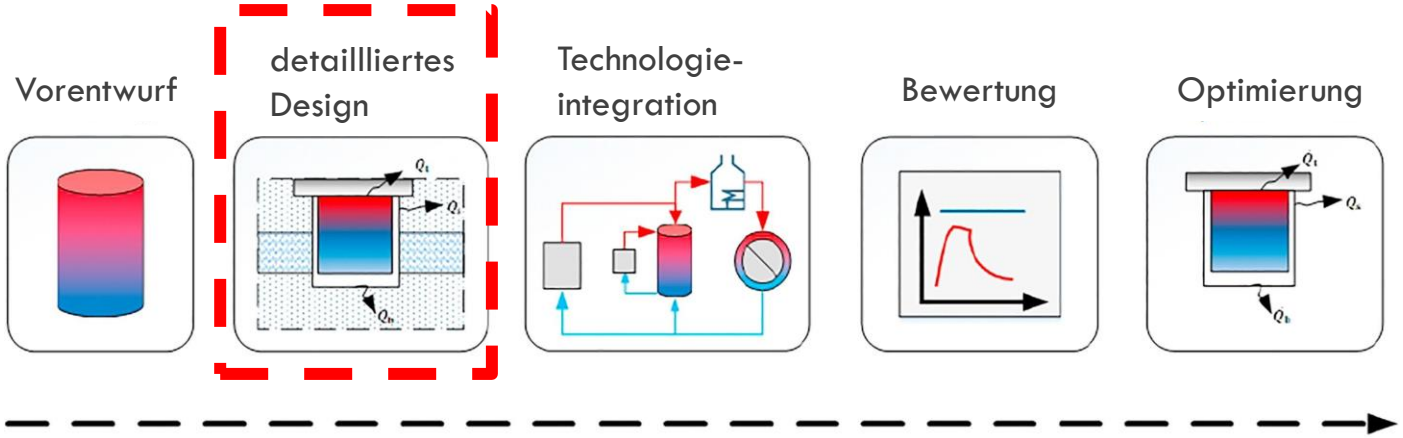
im Hinblick auf die technisch-wirtschaftliche Effizienz.



Dahash, Ochs, Tosatto, 2021, Techno-economic and exergy analysis of tank and pit thermal energy storage for renewables district heating systems, Renewable Energy, 180, 1358-1379.

MODELLIERUNG VON UNTERIRDISCHEN WARMWASSER-WÄRMESPEICHERN

- Die numerische Modellierung hilft, die gegenseitige Beeinflussung der oben genannten Parameter zu verstehen, und bietet somit eine wichtige Orientierungshilfe in der Planungsphase.



Hierarchie des Modellierungsprozesses

Dahash, Ochs, Bianchi Janetti, Streicher, 2019, Advances in seasonal thermal energy storage for solar district heating applications: A critical review on large-scale hot-water tank and pit thermal energy storage systems, Applied Energy, 239, 296-315.

VON DER KOMPONENTENEBENE ZUR SYSTEMEBENE

Vorentwurf (Machbarkeit), Systemintegration

Speicher-Optimierung

- Speicher-Ebene (Behälter, Erdbecken, Hybrid, …)
- Komponentenebene (Deckel, Dämmung, …)

System-Optimierung

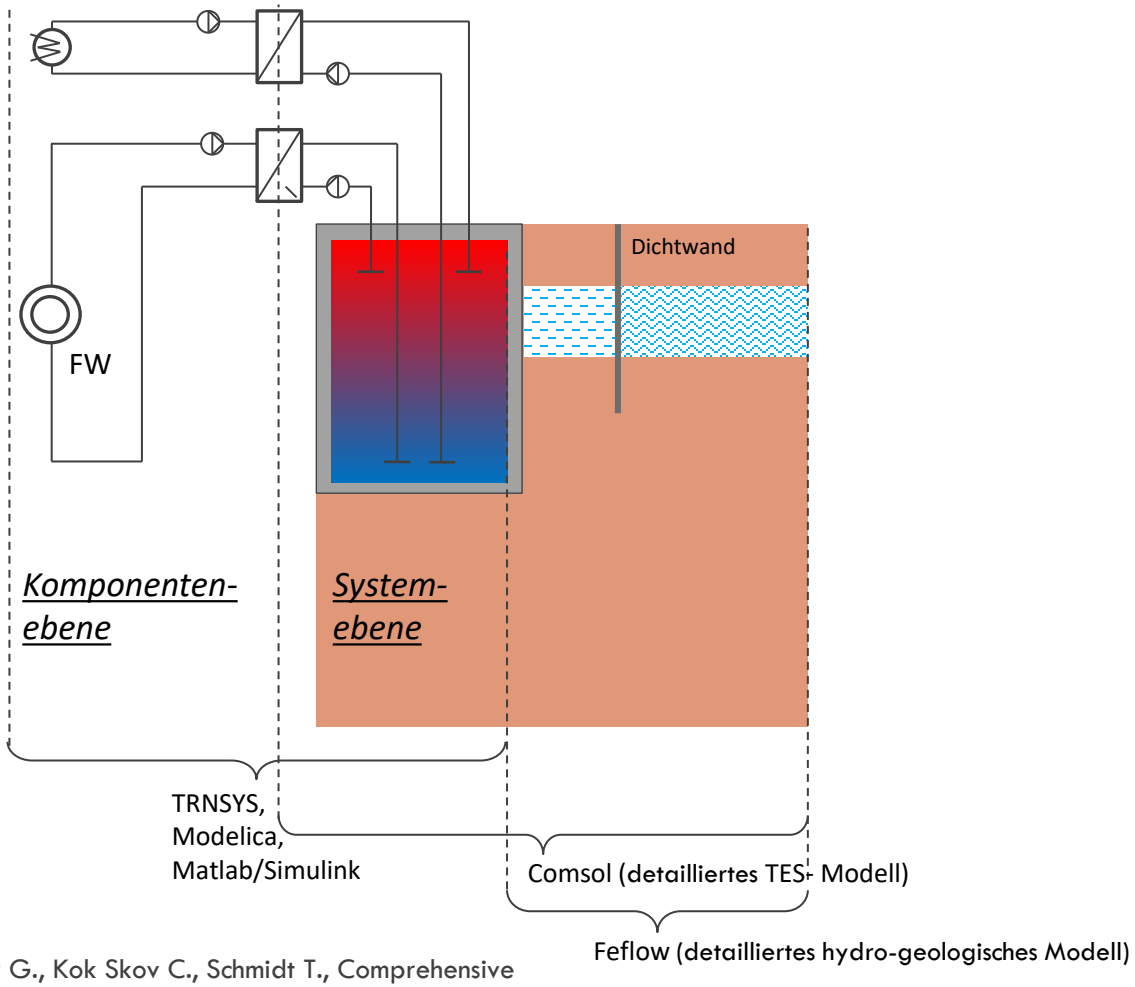
- Speicher-Integration
- Integration von Wärmepumpen
- Regelstrategie und Optimierung

Energie-, Umwelt- und Wirtschaftsanalyse

- LCA
- LCC

Umweltverträglichkeitsprüfung

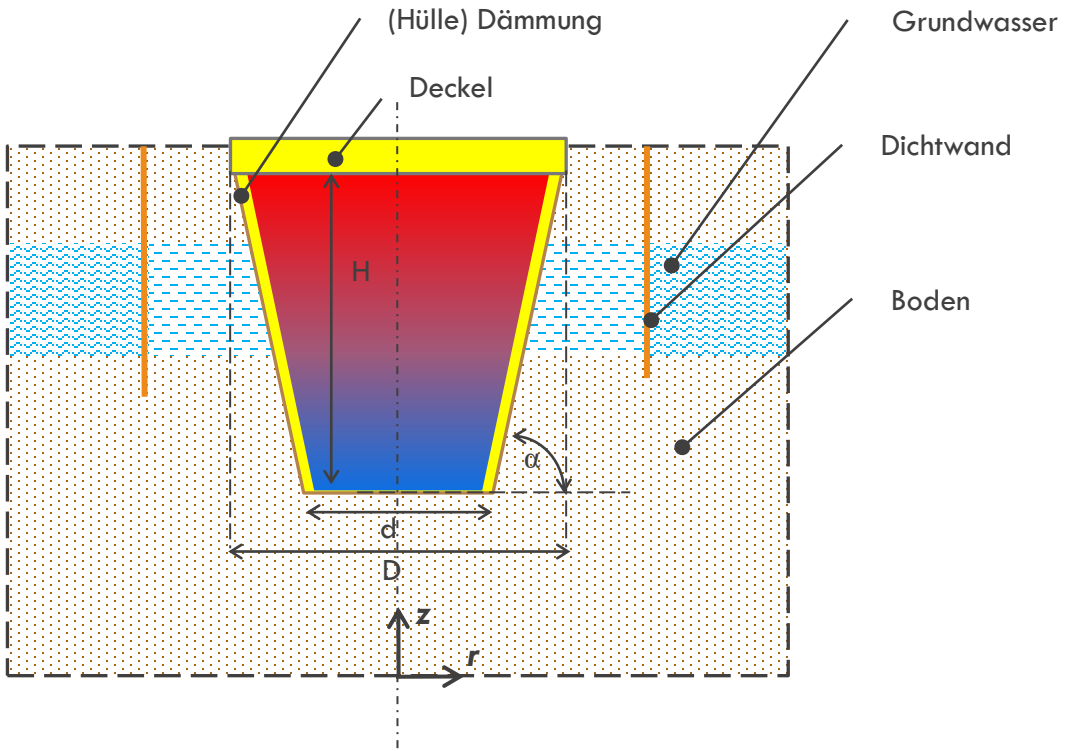
- Grundwasser



Ochs F., Dahash A., Tosatto A., Reisenbichler M., O'Donovan K., Gauthier G., Kok Skov C., Schmidt T., Comprehensive Comparison of Different Models for Large Scale Thermal Energy Storage, IRES 2021, Düsseldorf 2021 (accepted)

DETAILLIERTES NUMERISCHES MODELL FÜR UNTERIRDISCHE WÄRMESPEICHER

- Auswirkungen der Wärmespeicher-Konstruktion
  - Geometrie (Zylinder, Kegelstrumpf, Hybrid, Damm)
  - Dämmung und Qualität der Dämmung
  - Lage und Anzahl der Einlässe/Auslässe
- Auswirkungen der physikalischen Umgebungsbedingungen
  - Lufttemperatur, Bodentemperatur und thermische Eigenschaften, Grundwasser



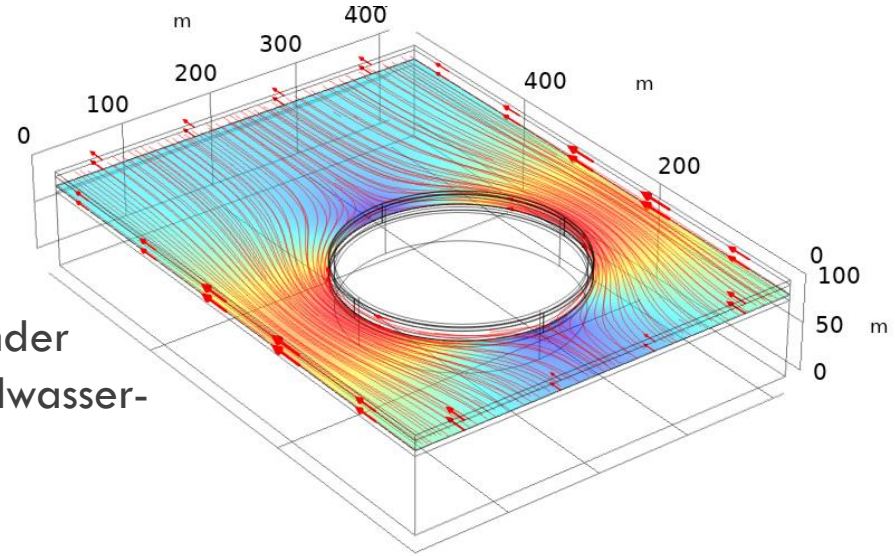
Software: COMSOL Multiphysics (FEM)

DETAILLIERTES NUMERISCHES MODELL

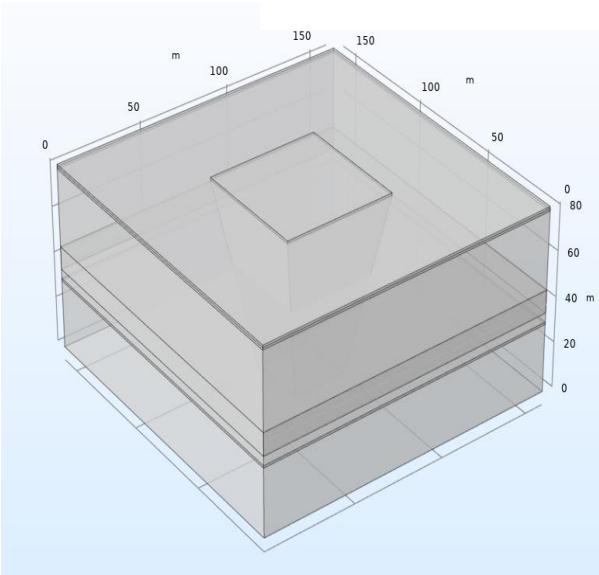
Modellierungsaspekte (2D / 3D)

2D Modell
- Geometrie (Symmetrie)
  - Zylinder, Kegelstumpf, Hybrid
- Boden
- Damm
- Wärmedämmung (inhomogen)

3D Modell
- Geometrie
  - + Pyramidenstumpf
  - + Hybrid
- Boden mit fließendem Grundwasser
- Dichtwände



Bsp. 3D Zylinder
- mit Grundwasser-strömung



Bsp. 3D Pyramidenstumpf
- mit Damm
- ohne Damm

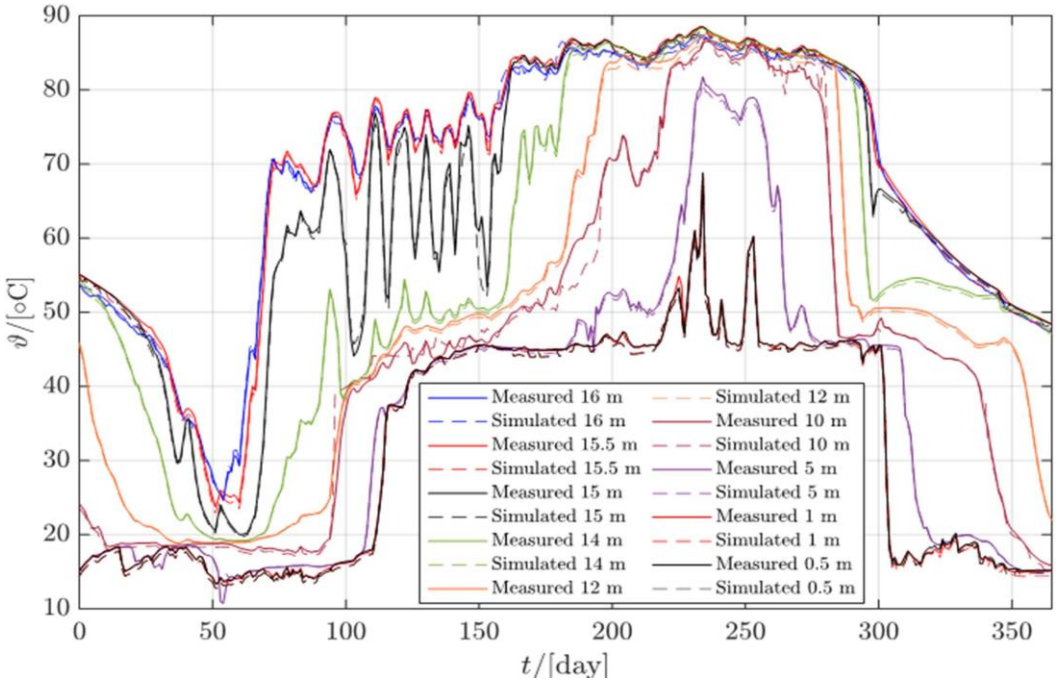
DETAILLIERTES NUMERISCHES MODELL

Vergleich Messung und Simulation

Dronninglund, pit TES (2013): 60 000 m^3

Quelle: PlanEnergi, Long term storage and solar district heating - A presentation of the Danish pit and borehole thermal energy storages in Brædstrup, Marstal, Dronninglund and Gram, 2019 (brochure)

Vergleich von gemessenen (Dronninglund 2015) und simulierten Speichertemperaturen (Pyramidenstumpf)

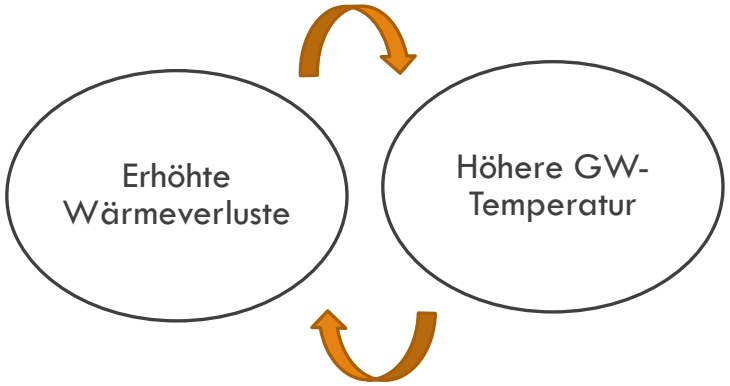


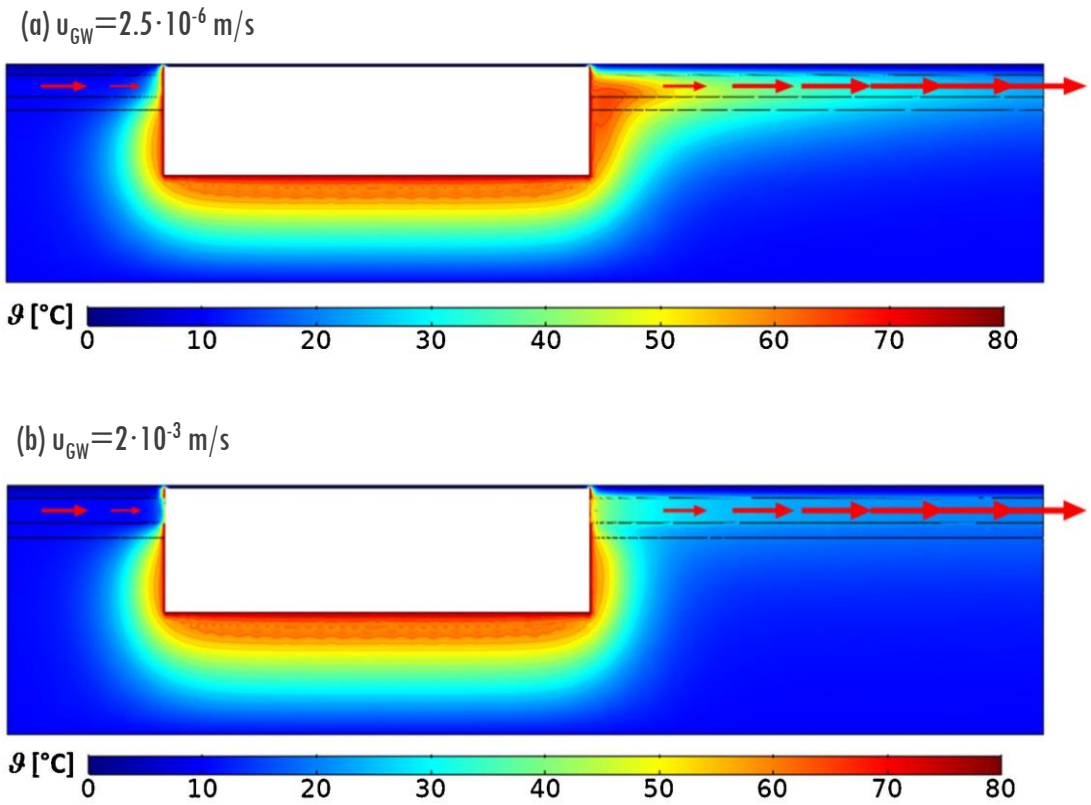
Dahash, Ochs, Tosatto, Streicher, 2020, Toward efficient numerical modeling and analysis of large-scale thermal energy storage for renewable district heating, Applied Energy, vol. 279, 115840.

AUSWIRKUNGEN DER STANDORTBEDINGUNGEN

Fließendes Grundwasser (GW)

- Dank der FE Diskretisierung des umgebenden Bodens und
- der Möglichkeit, multiphysikalische Phänomene einzuführen, ist es möglich, komplexe Geometrien und die gegenseitige Wechselwirkung zwischen Speicher und Grundwasser zu bewerten.





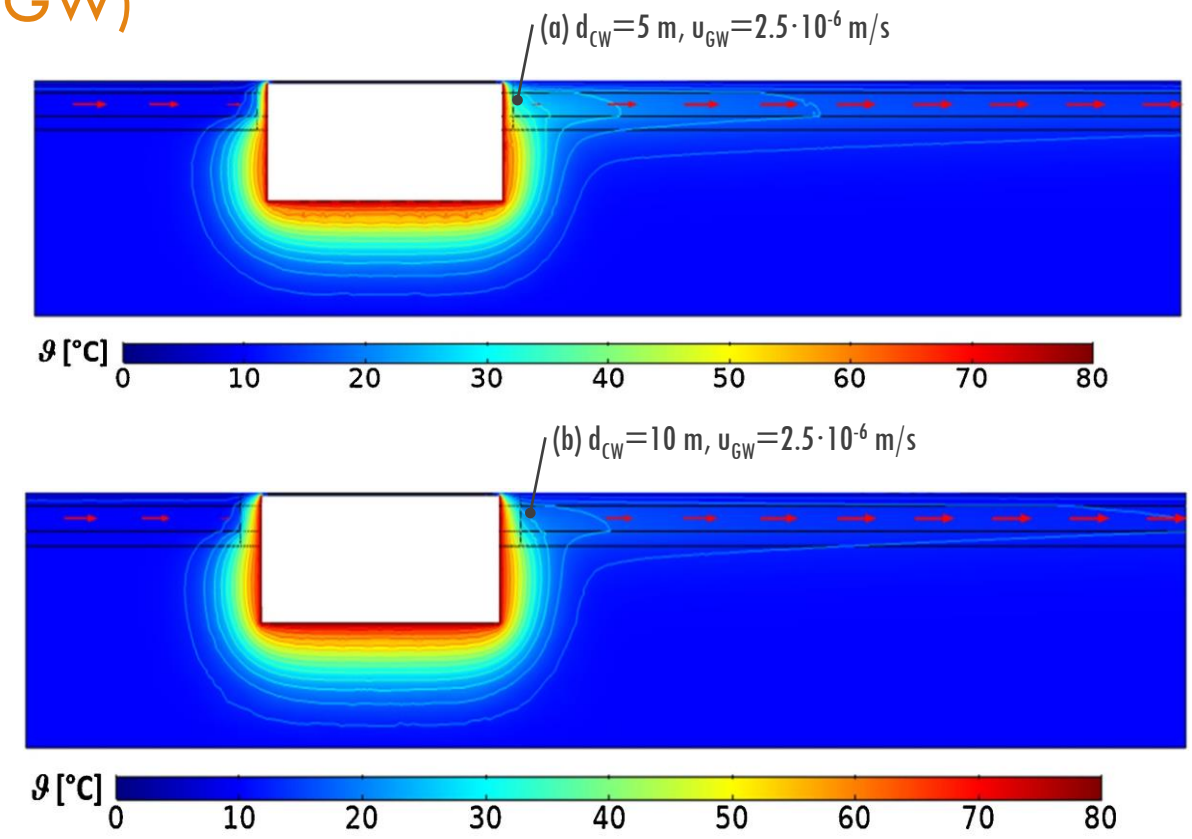
Dahash, Ochs, Giuliani, Tosatto, 2021, Understanding the interaction between groundwater and large-scale underground hot-water tanks and pits, Sustainable Cities and Society, 71, 102928.

AUSWIRKUNGEN DER STANDORTBEDINGUNGEN

Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers (GW)

Maßnahmen zur Minimierung der doppelten Auswirkungen von GW

- Dichtwand
  - Mit Wasserhaltung
  - Ohne Wasserhaltung
- Wärmedämmung
  - Innenliegend
  - Außenliegend (mit Dichtwand)



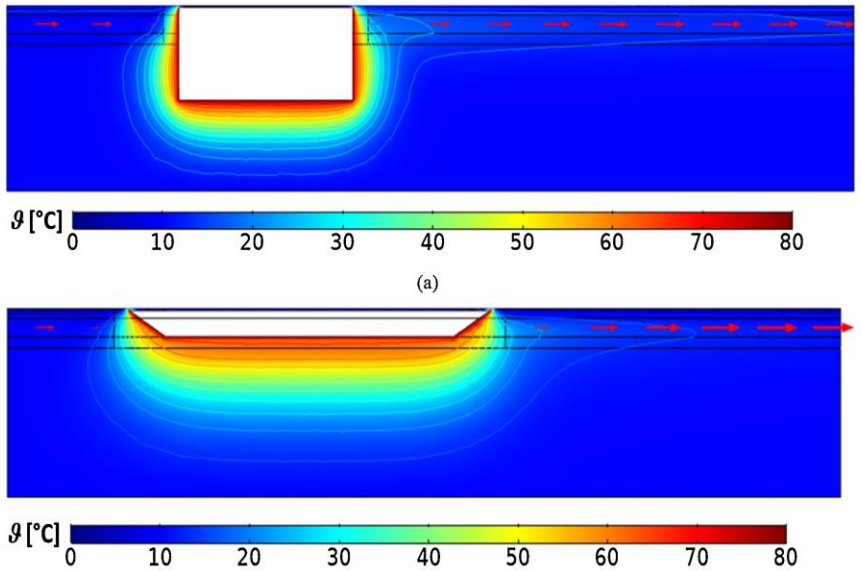
Dahash, Ochs, Giuliani, Tosatto, 2021, Understanding the interaction between groundwater and large-scale underground hot-water tanks and pits, Sustainable Cities and Society, 71, 102928.

AUSWIRKUNGEN DER ENTWURFSPARAMETER

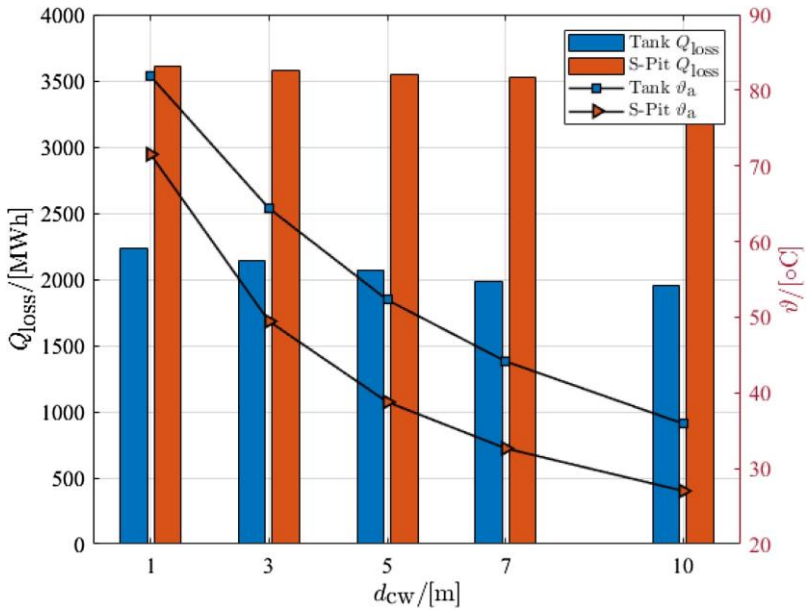
Speicherbauart und Geometrie und Grundwasser

- Auswirkungen auf die Höhe und Verteilung der Wärmeverluste
- Optimierung der Speicherhülle (in Verbindung mit Dichtwand)

500,000 m³ TES, $u_{GW}=2.5\cdot10^{-6}$ m/s



500,000 m³ TES, $u_{GW}=2.5\cdot10^{-6}$ m/s

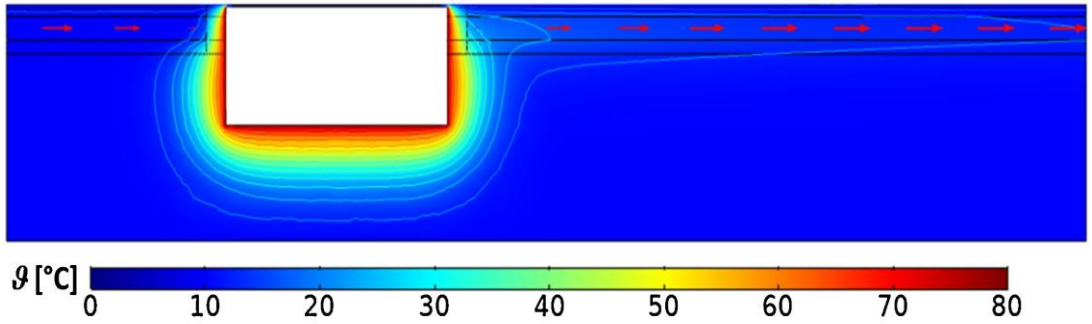


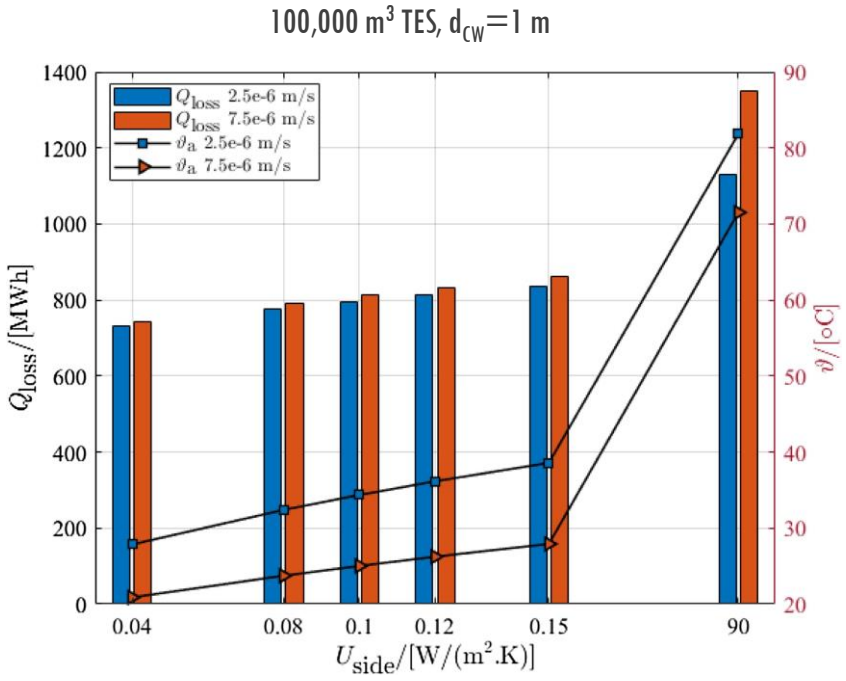
Dahash, Ochs, Giuliani, Tosatto, 2021, Understanding the interaction between groundwater and large-scale underground hot-water tanks and pits, Sustainable Cities and Society, 71, 102928.

AUSWIRKUNGEN DER ENTWURFSPARAMETER

Speicher-Hülle und Wärmedämmung

- Neben einer Dichtwand ist die Wärmedämmung eine weitere wichtige Maßnahme, um die Wärmeverluste des Speichers zu verringern und eine Übertemperatur des Grundwassers zu verhindern.





Dahash, Ochs, Giuliani, Tosatto, 2021, Understanding the interaction between groundwater and large-scale underground hot-water tanks and pits, Sustainable Cities and Society, 71, 102928.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Ein detailliertes und flexibles Modell für unterirdische Wärmespeicher (FEM, Multiphysics) ermöglicht:

- Bewertung der Machbarkeit des Wärmespeicher-Konzepts und -Designs im Hinblick auf den gewählten Standort (z.B. unter Berücksichtigung von Grundwasser) und maßgeschneidert für die spezifische Anwendung (z.B. System-Temperaturen)
- Bewertung der Umweltauswirkungen (Genehmigungsverfahren)
- Technisch-wirtschaftliche Optimierung während der gesamten Planungsphase und während des Betriebs
  - Pre-Design bis Inbetriebnahme und Optimierung
  - Komponentenebene (Diffusion, Konvektion, etc.) bis Systemebene (Einbindung von Wärmepumpen)

PROJEKTKONSORTIUM – FFG LEITPROJEKT

gigaTES
www.gigates.at

Industry

Geologie & Grundwasser GmbH
TB für Technische Geologie

WIEN ENERGIE

GVT Verfahrenstechnik GmbH

Salzburg AG

BILFINGER

ste.p

GABRIEL-CHEMIE GROUP

Metawell
metal sandwich technology

SOLID
solar energy systems

agru

Lenzing Plastics

DORR

Research

TU WIEN

smartminerals
science to design the future

AEE INTEC

JKU
JOHANNES KEPLER UNIVERSITÄT LINZ

universität innsbruck

Foreign expertise

PlanEnergi

solites

VIELEN DANK