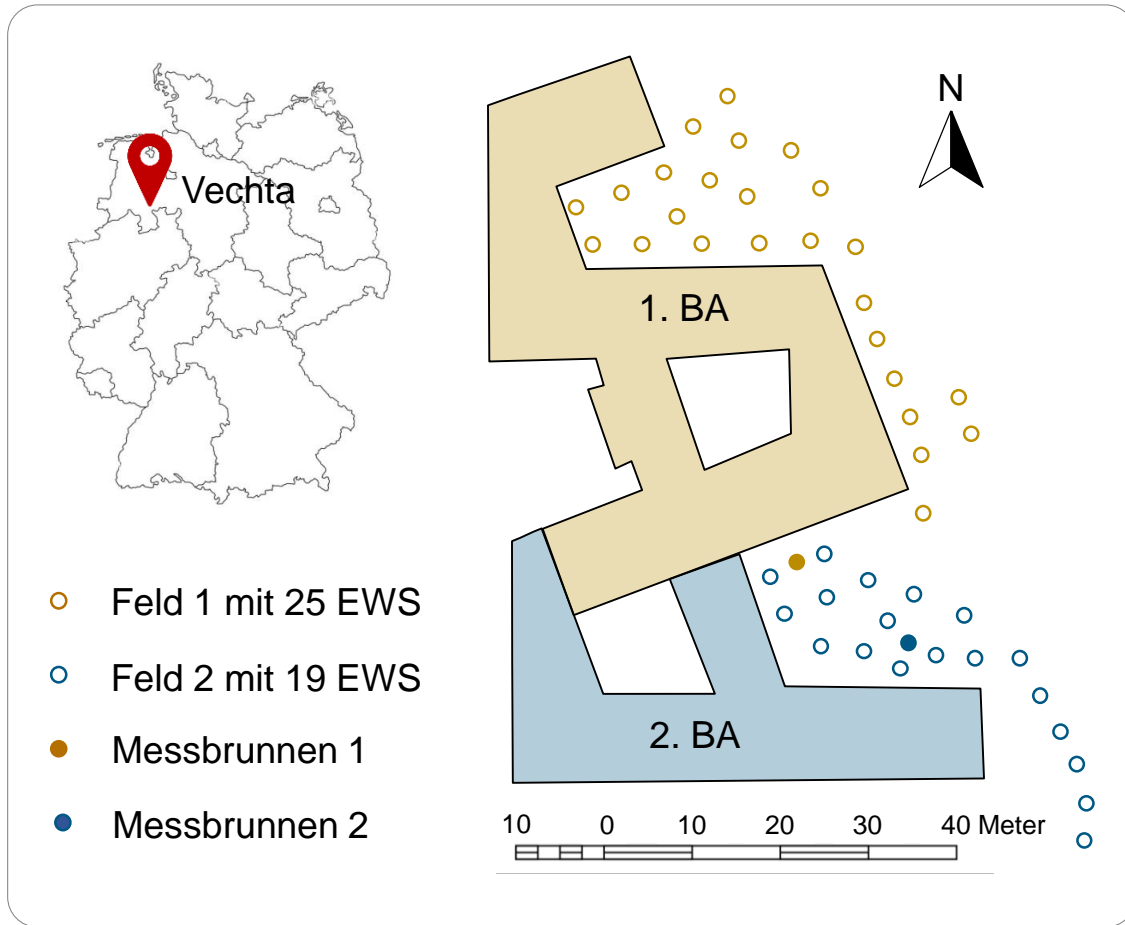


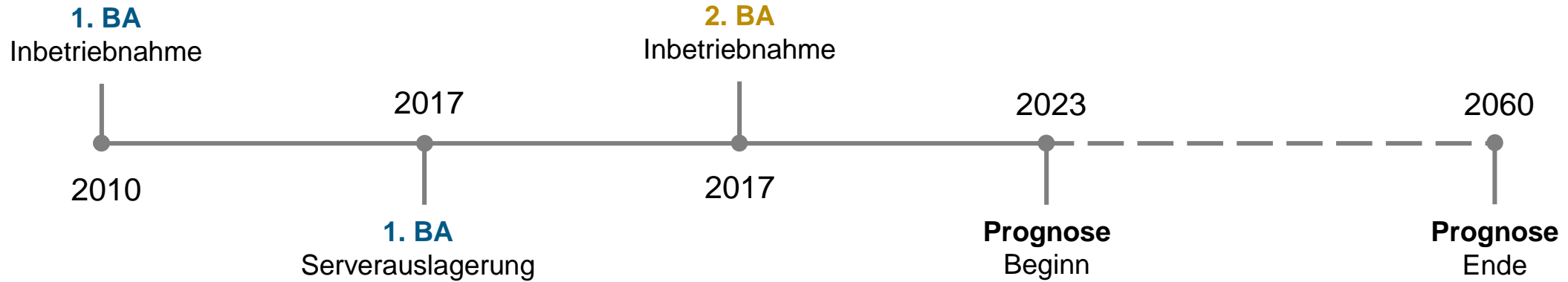
## Langzeitmonitoring und Prognose einer Bestandsanlage mit Kühlung

Mu Huang  
Institut für Solarenergieforschung





- Bürogebäude in Vechta
- 1. Bauabschnitt (1. BA): Baujahr 2010 | 6.749 m<sub>NGF</sub><sup>2</sup>
- 2. Bauabschnitt (2. BA): Baujahr 2017 | 3.327 m<sub>NGF</sub><sup>2</sup>
- Doppel-U-Erdwärmesonden (EWS) à 99 m
- Grundlast (mind. 80 %) über drei Erdwärmepumpen (290 kW Wärme- und 300 kW Kälteleistung)
- Passive Kühlung im 1. BA (18 kW)
- Serverkühlung im 1. BA (43 kW)



## 1. Messdatenanalyse

- Arbeitszahl der WP
- Energiebilanzzahl (EBZ) der EWS-Felder nach Sommer et al. [1]:

$$EBZ = \frac{\int \dot{Q}_{\text{wärme}} dt + \int \dot{Q}_{\text{kälte}} dt}{\int (|\dot{Q}_{\text{wärme}}| + |\dot{Q}_{\text{kälte}}|) dt}$$

## 2. Modellierung

- Modellierung in drei Programmen
- Modellvalidierung mittels Messdaten

EED



TRNSYS

FEFLOW®

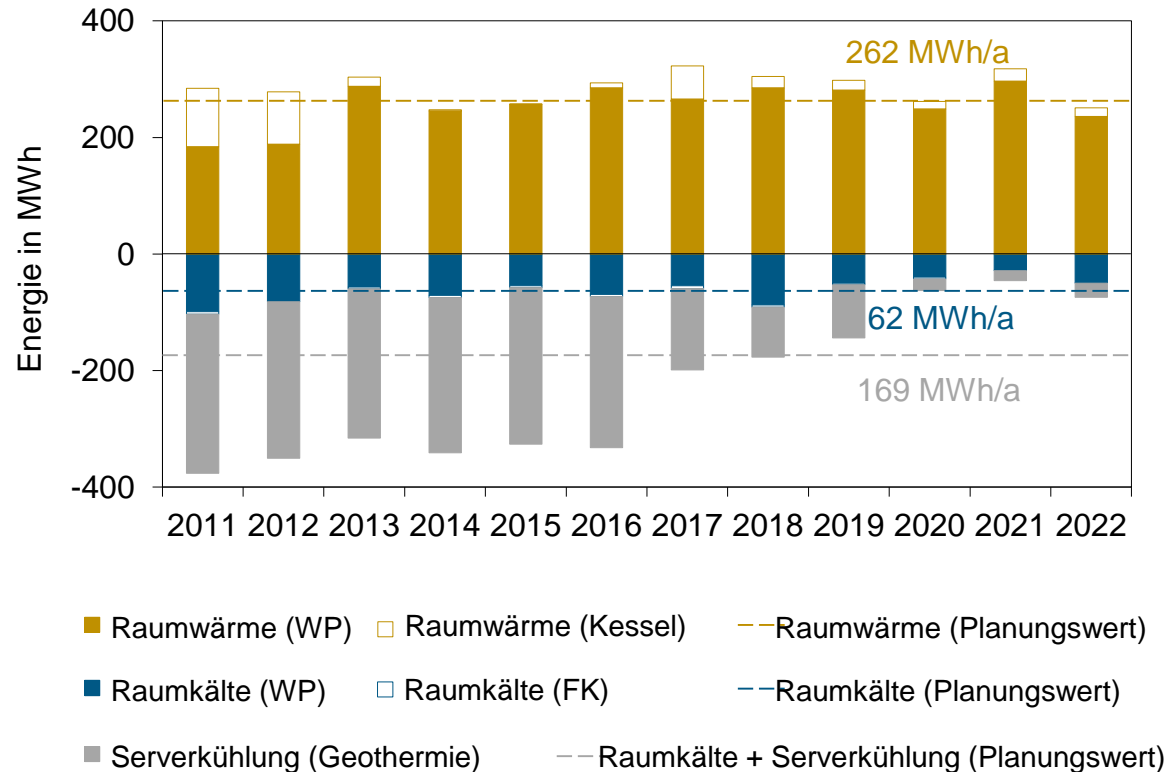
## 3. Prognose

- Grenztemperaturen nach VDI 4640: 2019 Blatt 2 und dem niedersächsischen Leitfaden für Erdwärmennutzung [2]

# Jahresenergieverbrauch vom Gebäude

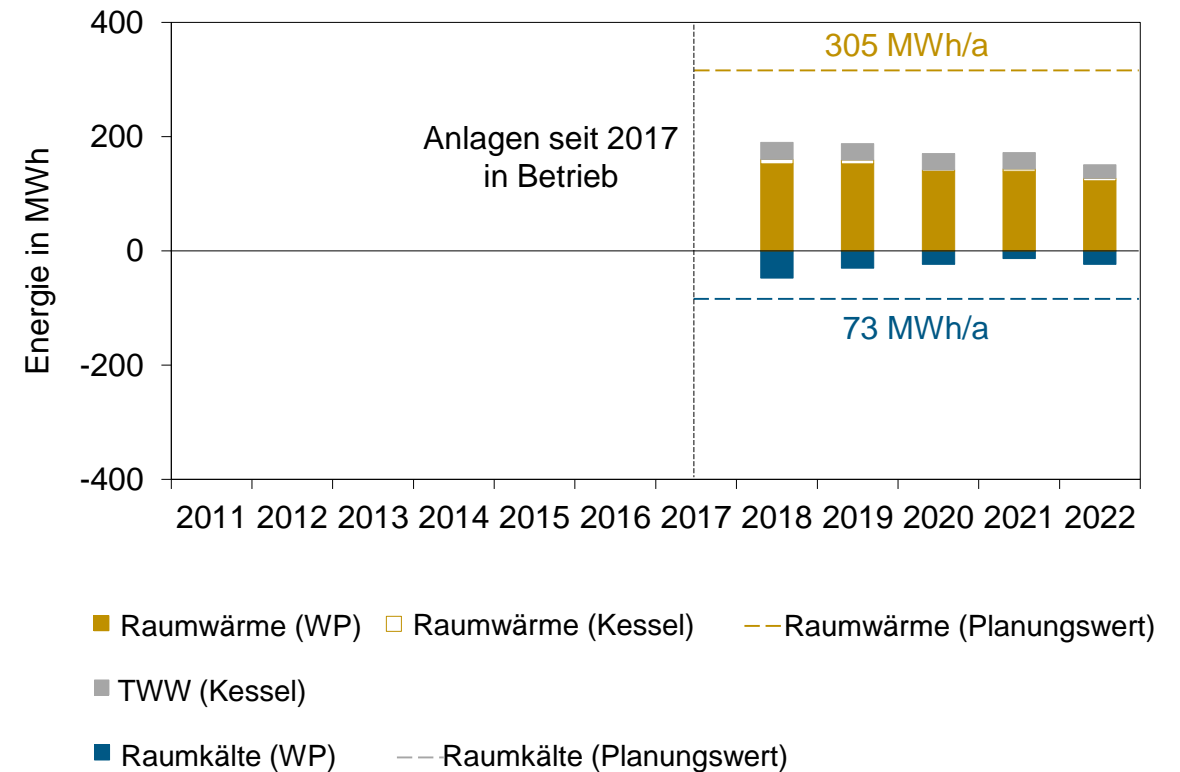
## 1. BA

(Geothermie für Raumwärme, -kälte und Serverkühlung)



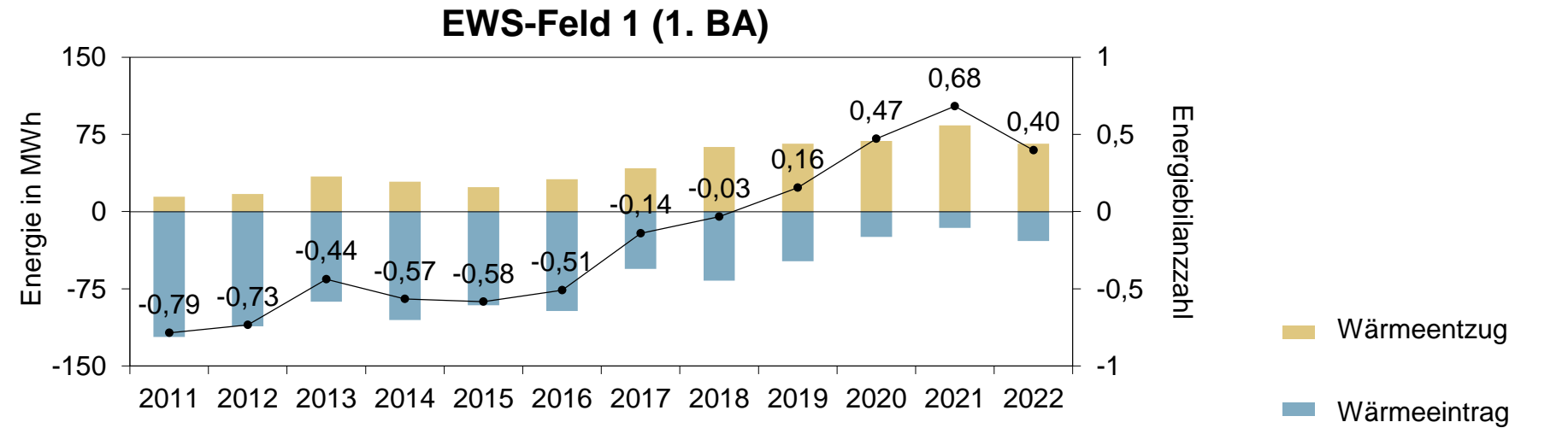
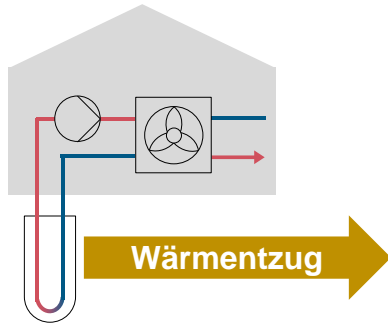
## 2. BA

(Geothermie für Raumwärme und -kälte)

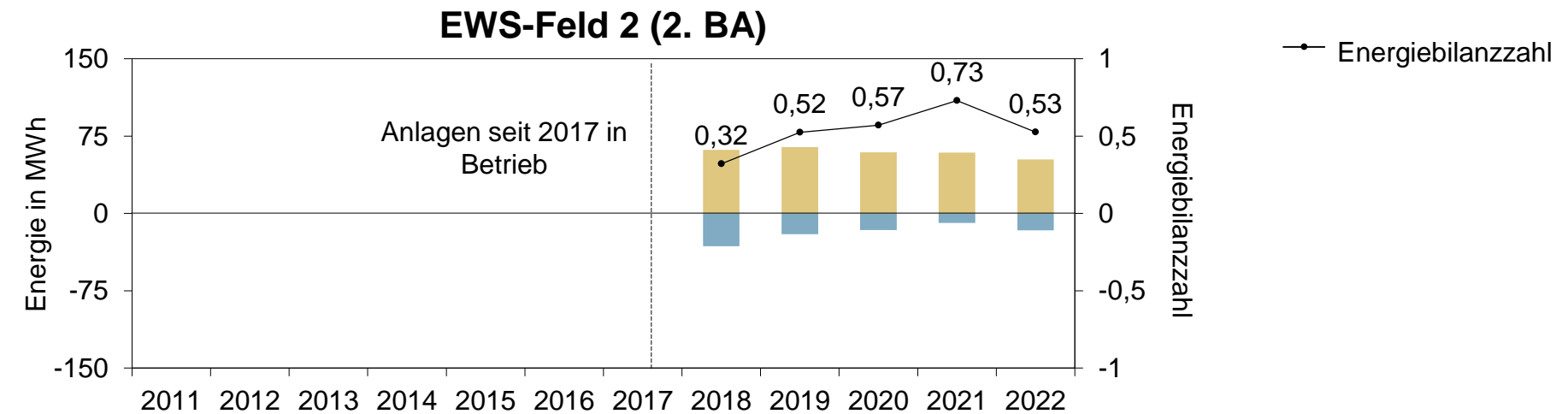
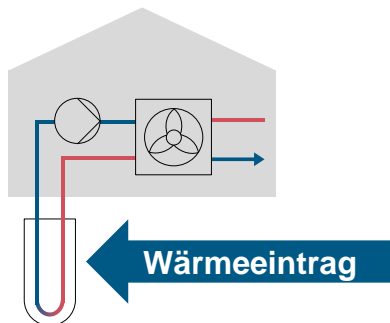


# Jahresenergiebilanz EWS-Felder

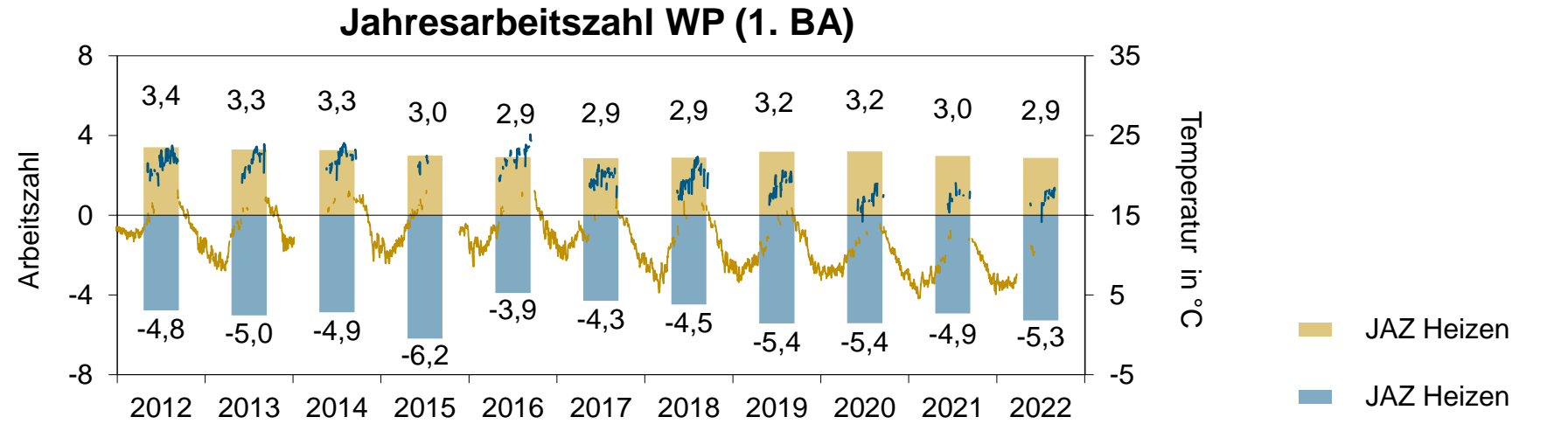
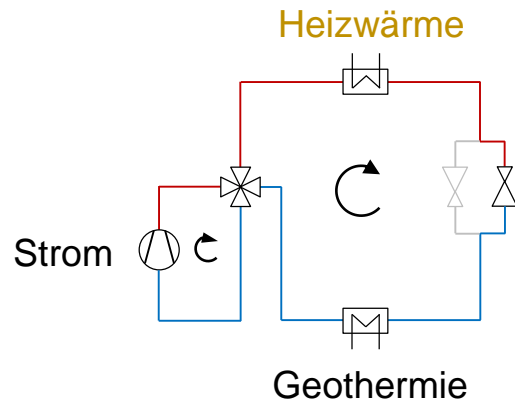
## Heizbetrieb



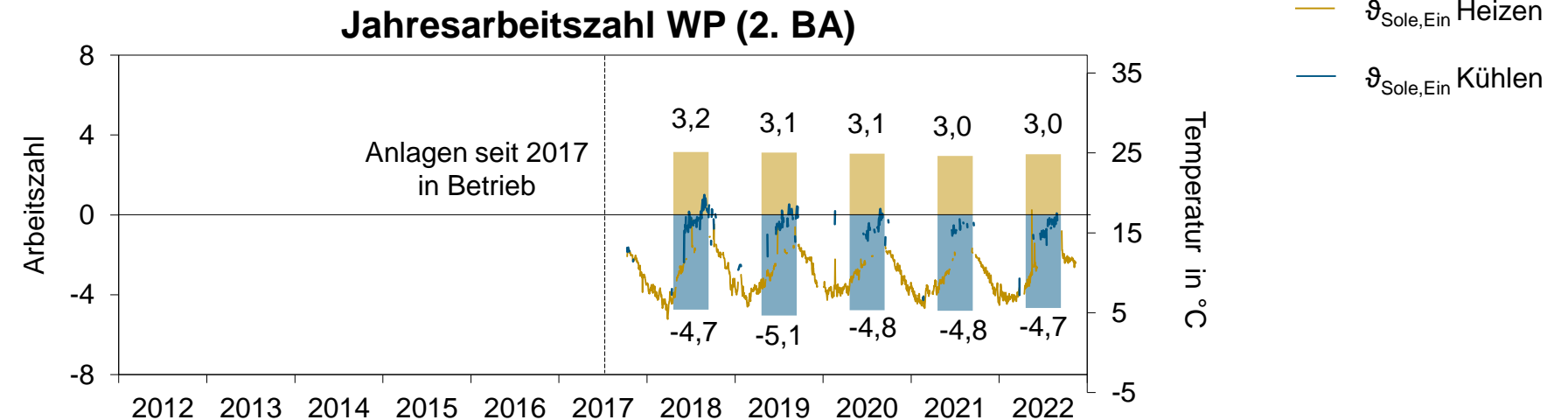
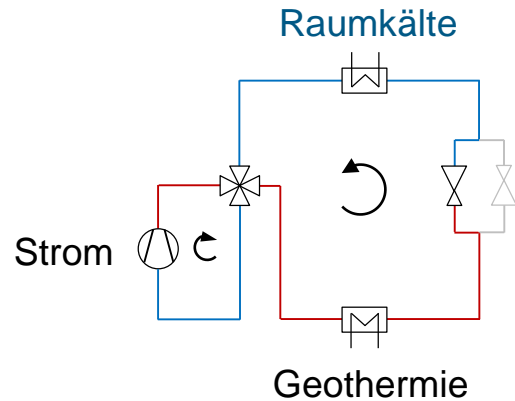
## Kühlbetrieb



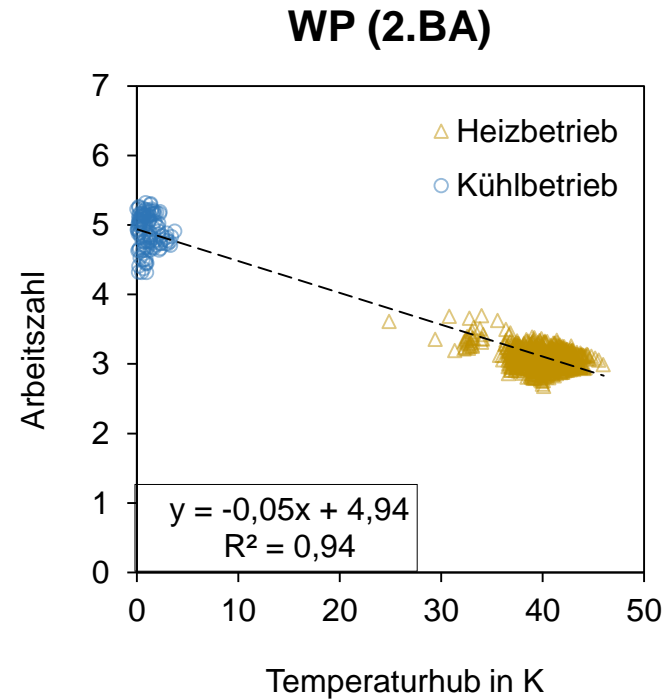
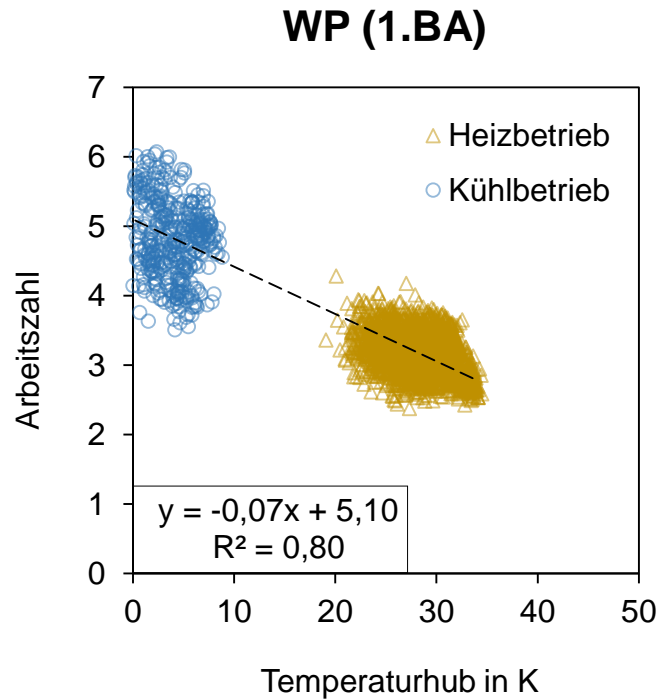
## Heizbetrieb



## Kühlbetrieb



# Einfluss des Temperaturhubes auf WP-Effizienz

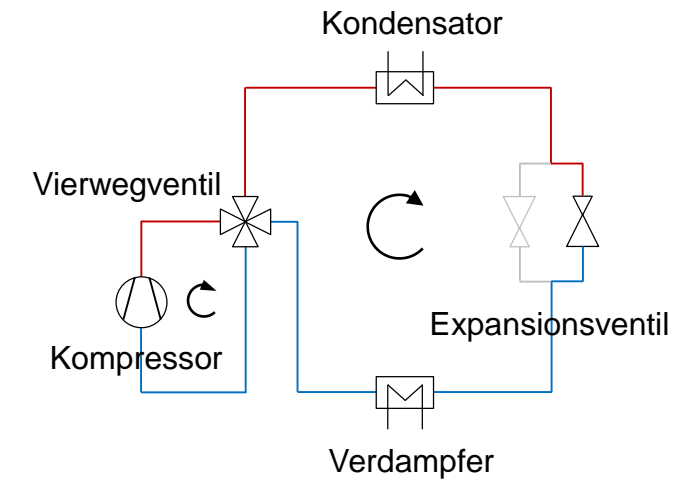


- Temperaturhub** ist die Temperaturdifferenz zwischen der mittlerer Kondensator- und Verdampfertemperatur:

$$\text{Temperaturhub} = T_{m,kond} - T_{m,verd}$$

- Logarithmische mittlere Temperatur** nach Baehr und Kabelac [3]:

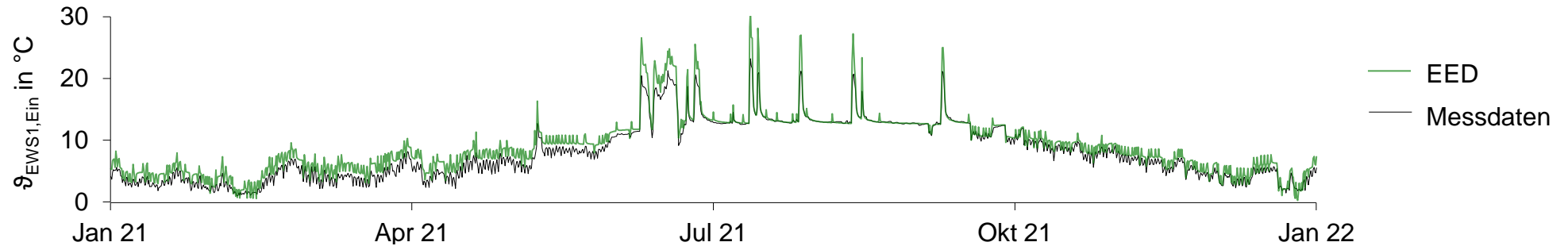
$$T_m = \frac{T_2 - T_1}{\ln(T_2/T_1)}$$



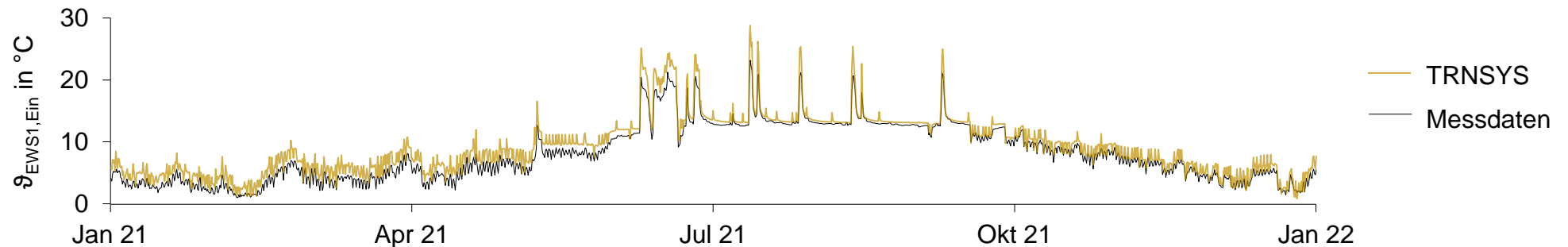


# Simulierte und Gemessene Sole-Eintrittstemperatur in 2021

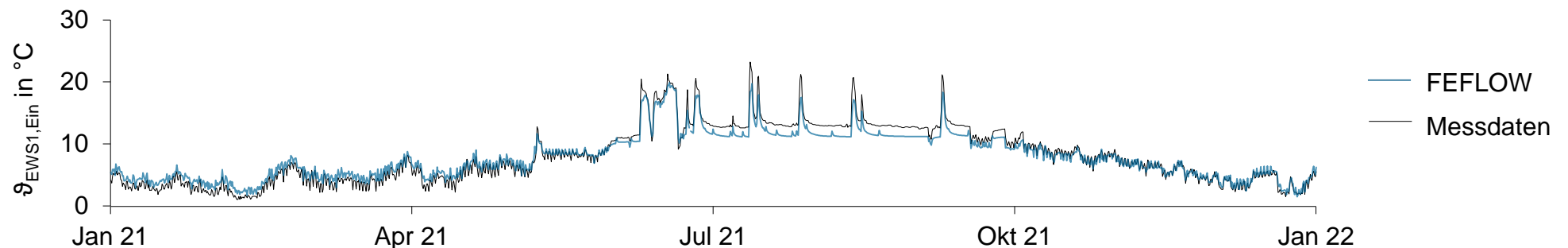
EED



TRNSYS



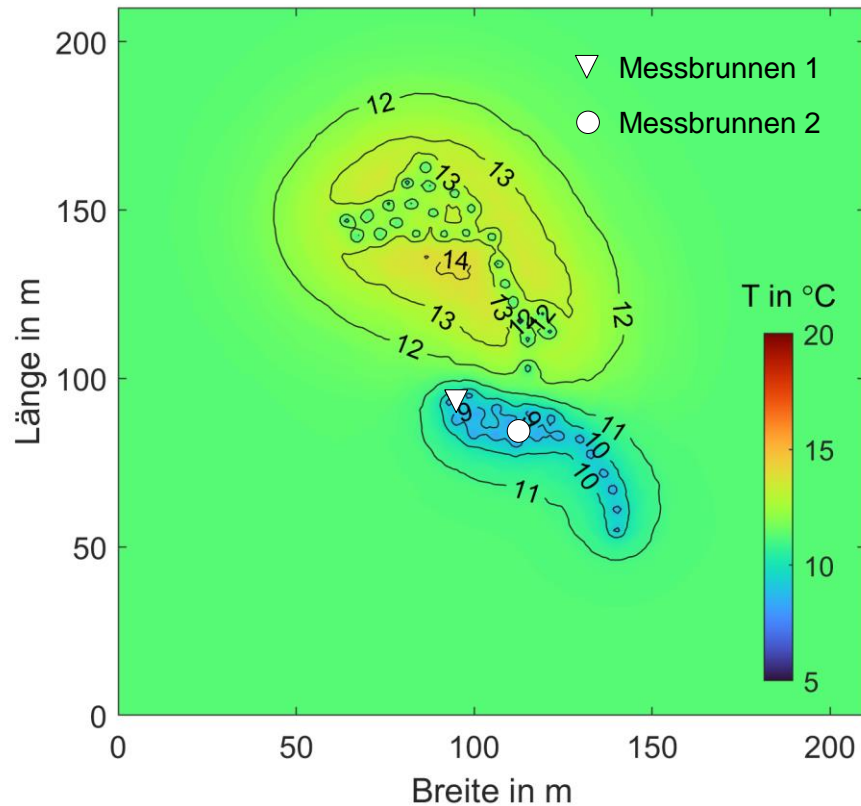
FEFLOW





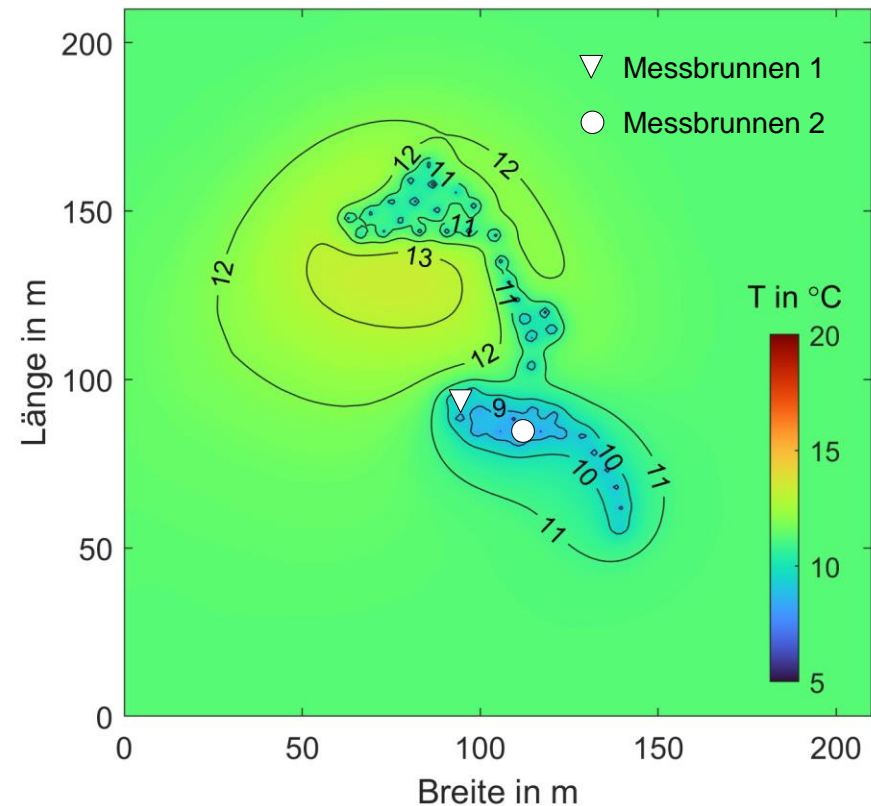
## TRNSYS ohne Grundwasserströmung

(18.04.2021)



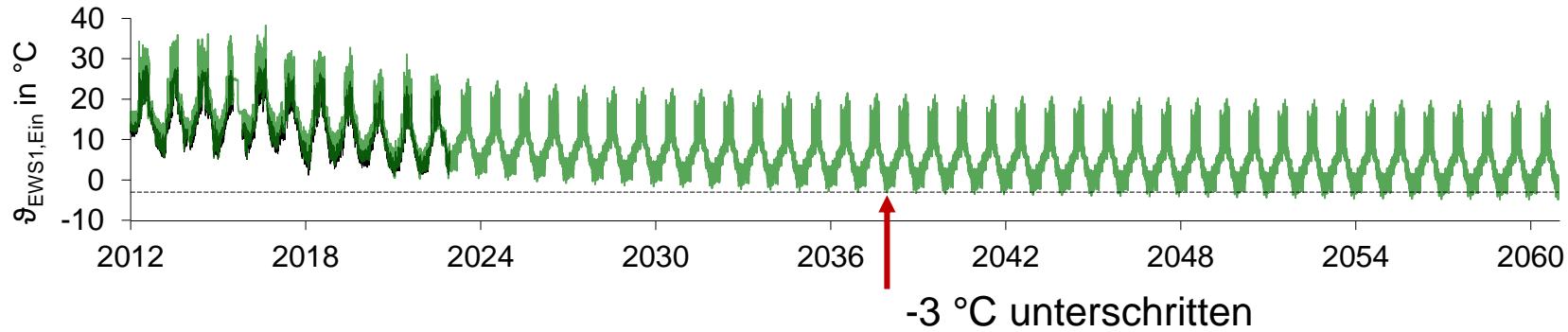
## FEFLOW mit Grundwasserströmung

(18.04.2021)

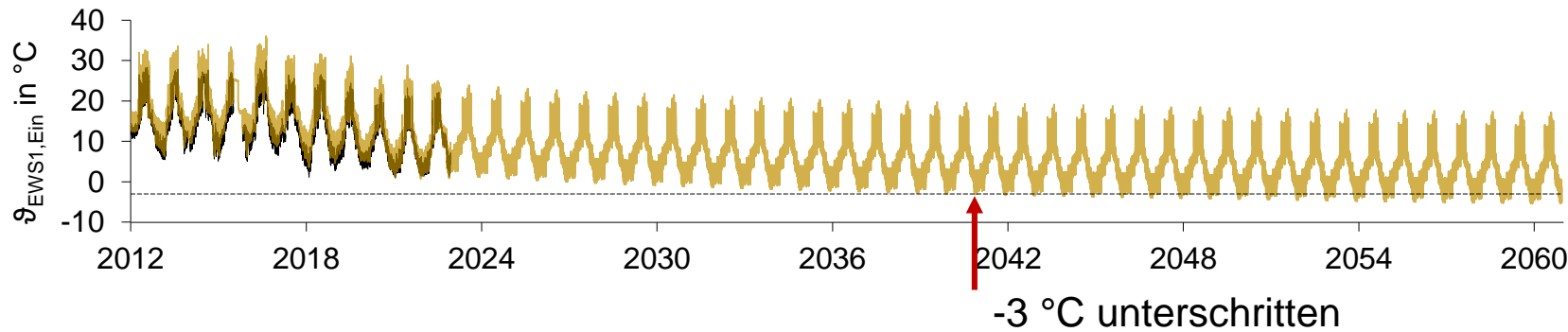


# Temperaturprognose bis 2060

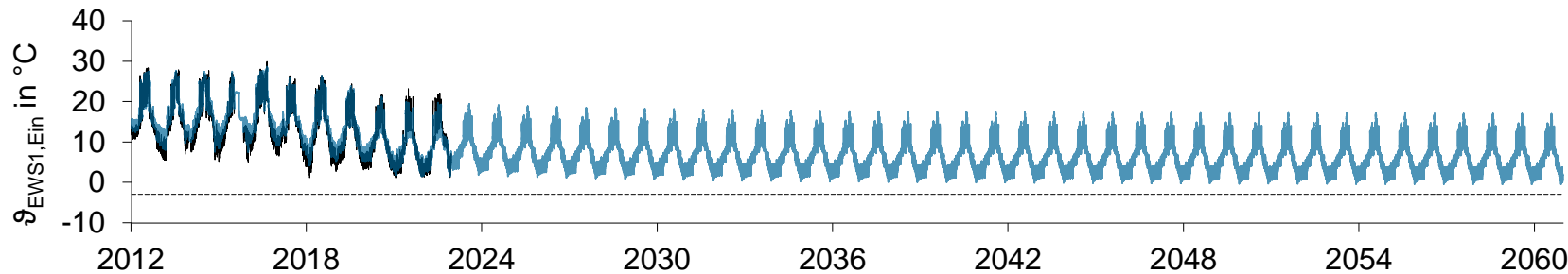
EED



TRNSYS



FEFLOW



- Erdgekoppelte Wärmepumpen haben hohe Effizienz für Heizen und Kühlen
- Veränderung der Nutzung durch Serverauslagerung führt langfristig zu Auskühlen des Erdreiches
- Aktive Regeneration zur Sicherstellung der langfristigen Funktionalität und Wirtschaftlichkeit der EWS-Anlage erforderlich
- Simulierte Sole-Temperatur mit EED, TRNSYS und FEFLOW stimmen gut mit den Messdaten überein
- Notwendigkeit eines Langzeitmonitorings der Temperatur und/oder der Wärmebilanz



Diese Arbeit wurde durch das Land Niedersachsen und das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) unter dem Förderkennzeichen 03EE4021A („Geo-Resume“) gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Kontakt:

**Mu Huang**

Abteilung Solare Systeme

Arbeitsgruppe Thermische Energiesysteme

e-Mail: [huang@isfh.de](mailto:huang@isfh.de)

- [1] W. T. Sommer u. a.: Thermal performance and heat transport in aquifer thermal energy storage, Hydrogeol. J., Bd. 22, Nr. 1, S. 263–279, Feb. 2014, doi: 10.1007/s10040-013-1066-0.
  
- [2] H. Jensen u. a.: Leitfaden Erdwärmenutzung in Niedersachsen: Rechtliche und technische Grundlagen für erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, 2022. doi: 10.48476/GEOBER\_24\_2022.
  
- [3] H. D. Baehr und S. Kabelac, Thermodynamik: Grundlagen und technische Anwendungen. in Springer-Lehrbuch. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012. doi: 10.1007/978-3-642-24161-1.