

# Multikriterielle Analyse von Erdwärmespeichern und Wärmenetzen mittels gekoppelter Simulation

*Der Geothermiekongress, Essen, 28. November 2018  
Forum F5 - Wärmespeicher*



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



Graduate School of  
Energy Science  
and Engineering

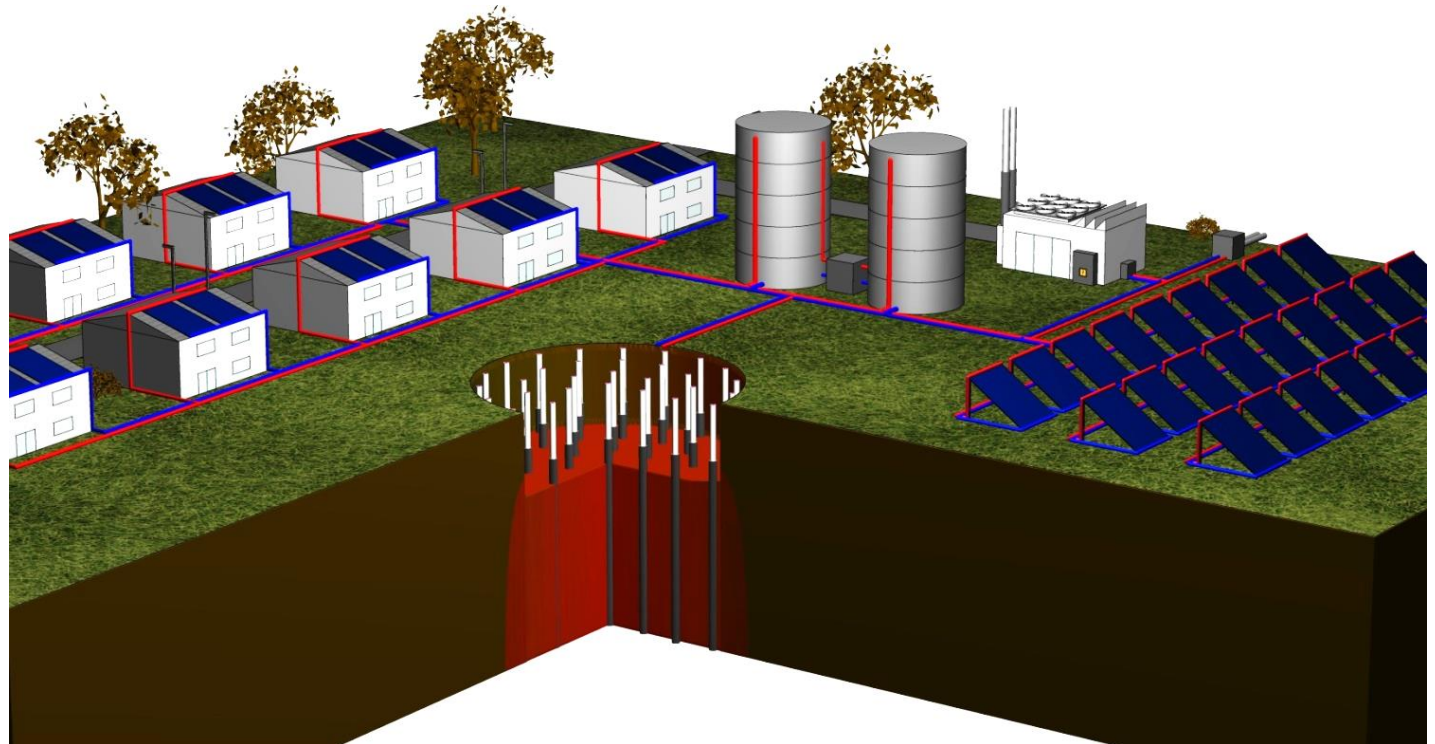
**Julian Formhals**

**Bastian Welsch**

**Ingo Sass**

Fachgebiet Angewandte  
Geothermie

Darmstädter Exzellenz-  
Graduiertenschule für  
Energiewissenschaft  
und Energietechnik



# Fallbeispiel Nahwärmenetz TU Darmstadt – Campus Lichtwiese



## Aktuelle Nahwärmeversorgung

- Wärmebedarf ca. 30 GWh/a
- Wärmeerzeugung über BHKW und Heißwasser-Gaskessel

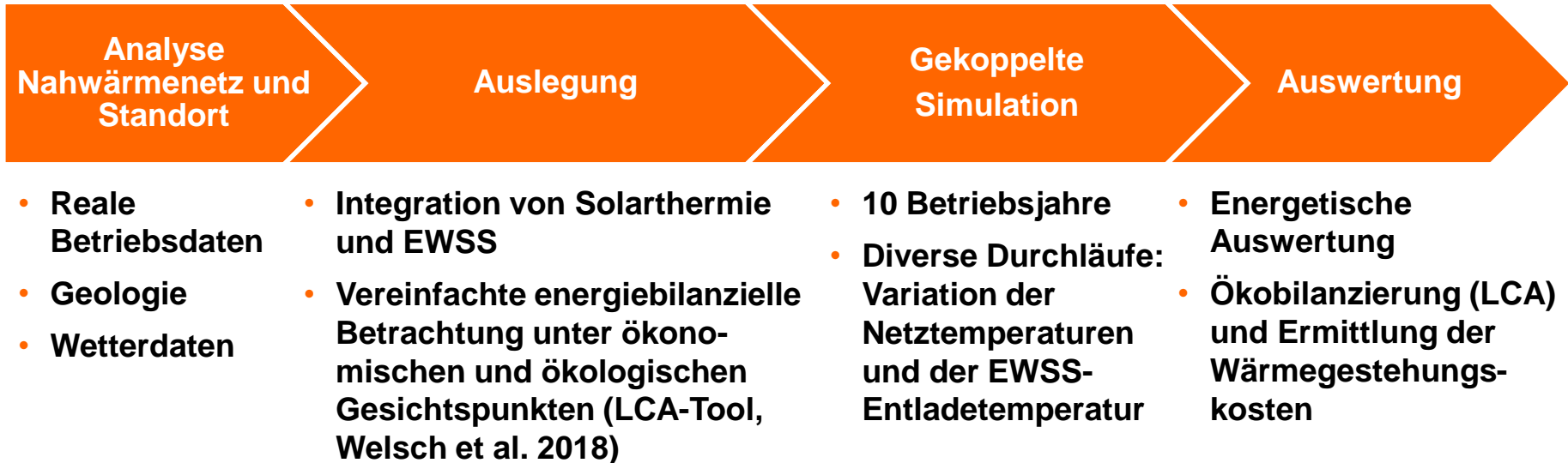
## Energieeffizienzziele 2050 der TU Da

- Reduzierung der Treibhausgasemissionen um etwa 50 %

## Maßnahmen im Wärmesektor

- Reduzierung des Wärmebedarfs um 50 %
- Reduzierung der spezifischen Emissionen in der Wärmeerzeugung um 50 % durch die Integration erneuerbarer Wärme und saisonaler Wärmespeicher
- Evaluation der Einbindung von Solarthermie in Kombination mit einem (mitteltiefen) Erdwärmesondenspeicher (EWSS)

## Einfluss der Netztemperaturen und der Entladetemperatur des Speichers auf Treibhausgasemissionen und Wärmegestehungskosten?



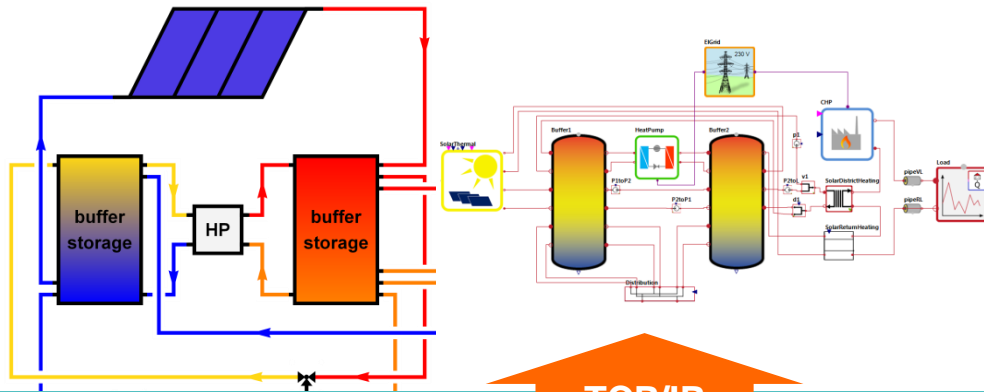
### Ökonomisch-ökologische Annahmen (Szenario EVO, Welsch et al. 2018)

- steigende Energiepreise
- steigender Anteil erneuerbarer Energien im Strommix

# Gekoppelte Simulation

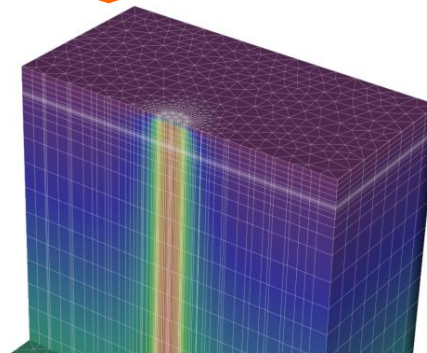
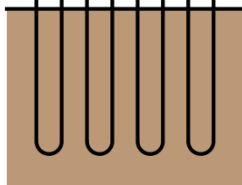
## Obertägiges Modell

ESI ITI (2018)



## Untertägiges Modell

DHI-WASY (2017)



TCP/IP  
 $\dot{m}, T_{in}, T_{out}$

## Modell des Nahwärmenetzes

- SimulationX (Modelica)
- Anpassung der vorhandenen Kopplungsschnittstelle

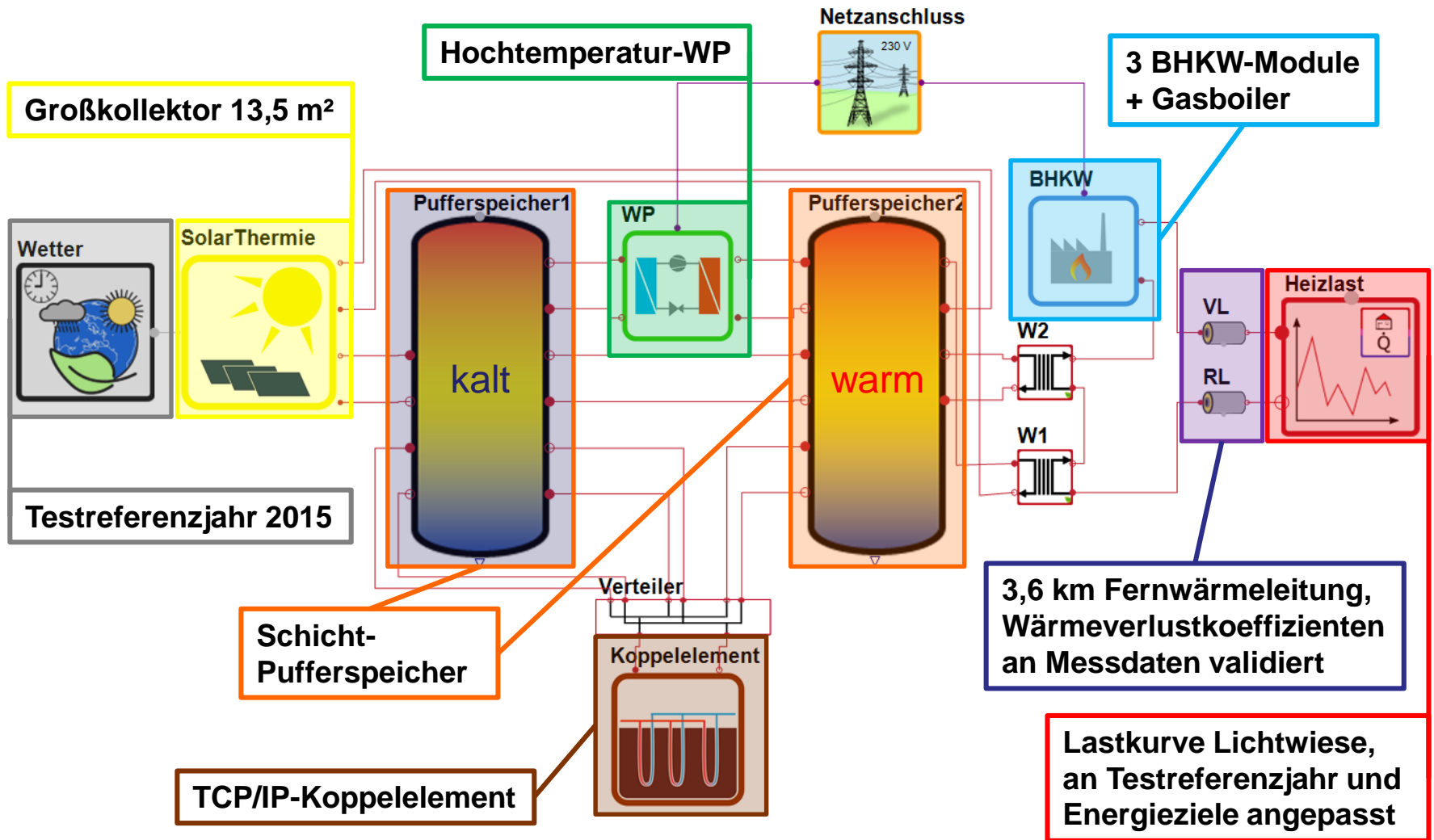
## Kommunikation

- Basiert auf TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)
- Adaptive Kommunikationsschrittweite (0,5 h – 2 h)
- Rechenzeiterparnis um ca. 1/3
- Wärmebilanzabweichung unter 1 %

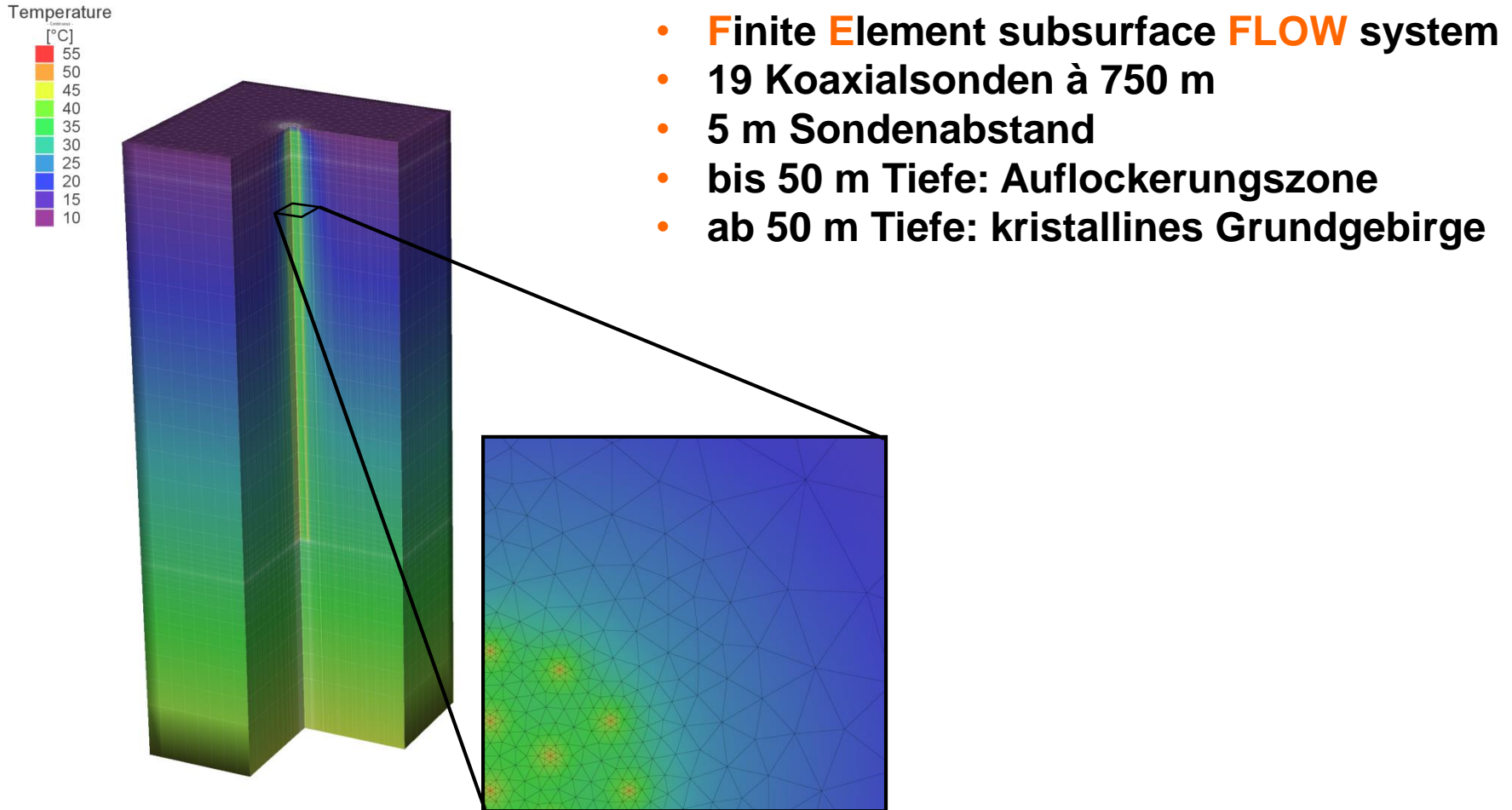
## Modell des EWSS-Speichers

- FEFLOW
- Kopplungsschnittstelle über Plug-In programmiert

# SimulationX – Modell des Nahwärmenetzes

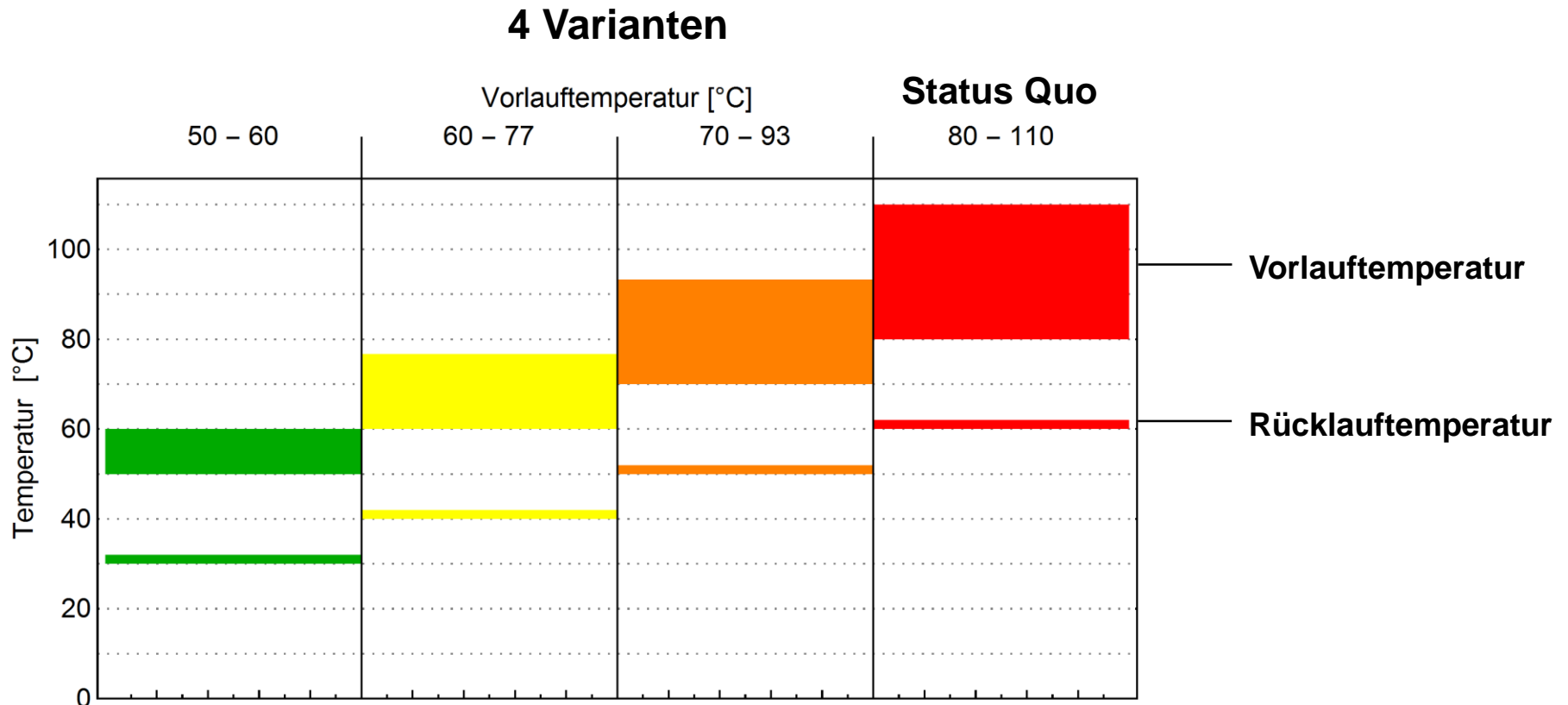


# FEFLOW – Modell des Erdwärmesondenspeichers

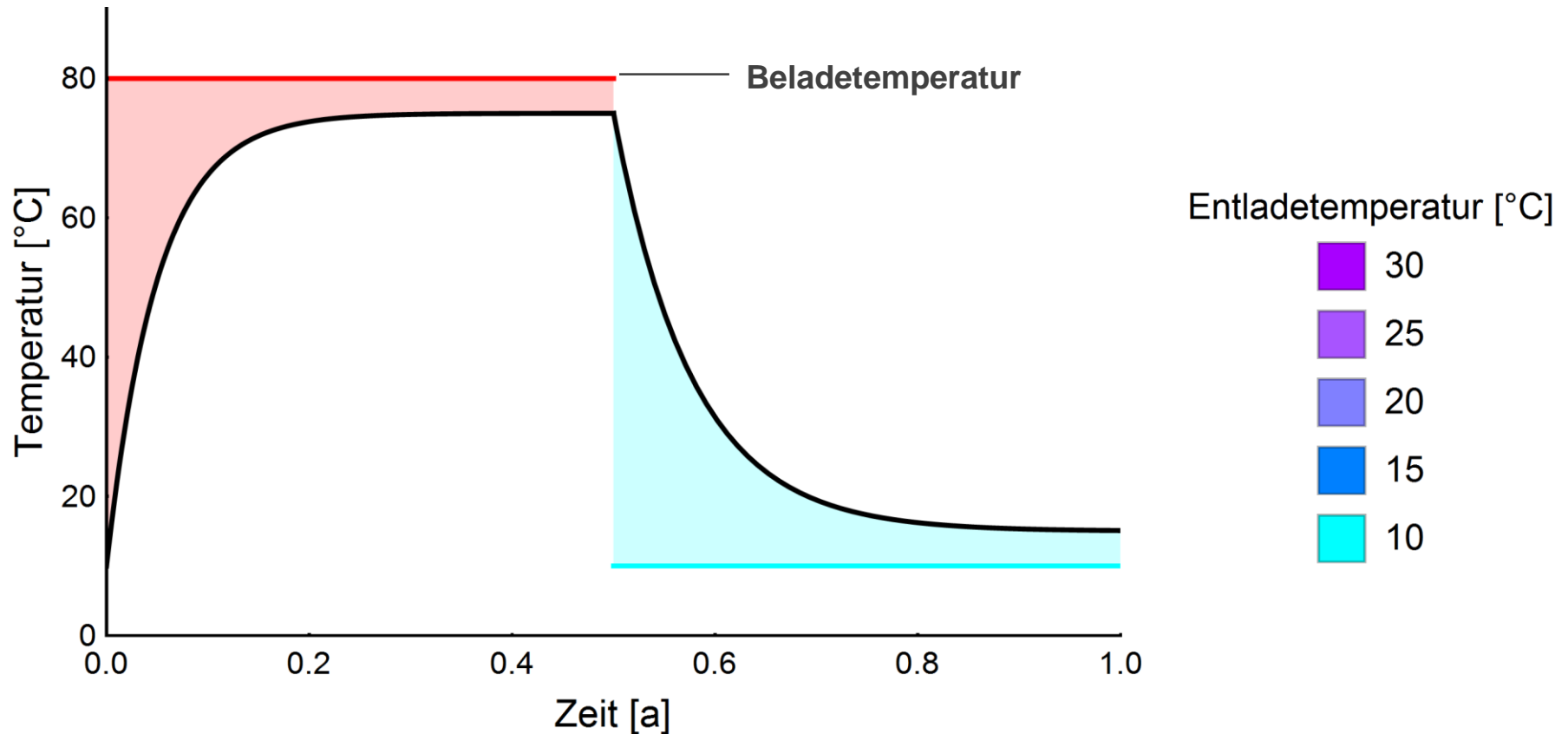


FEFLOW (R)

# Variation der Netztemperaturen

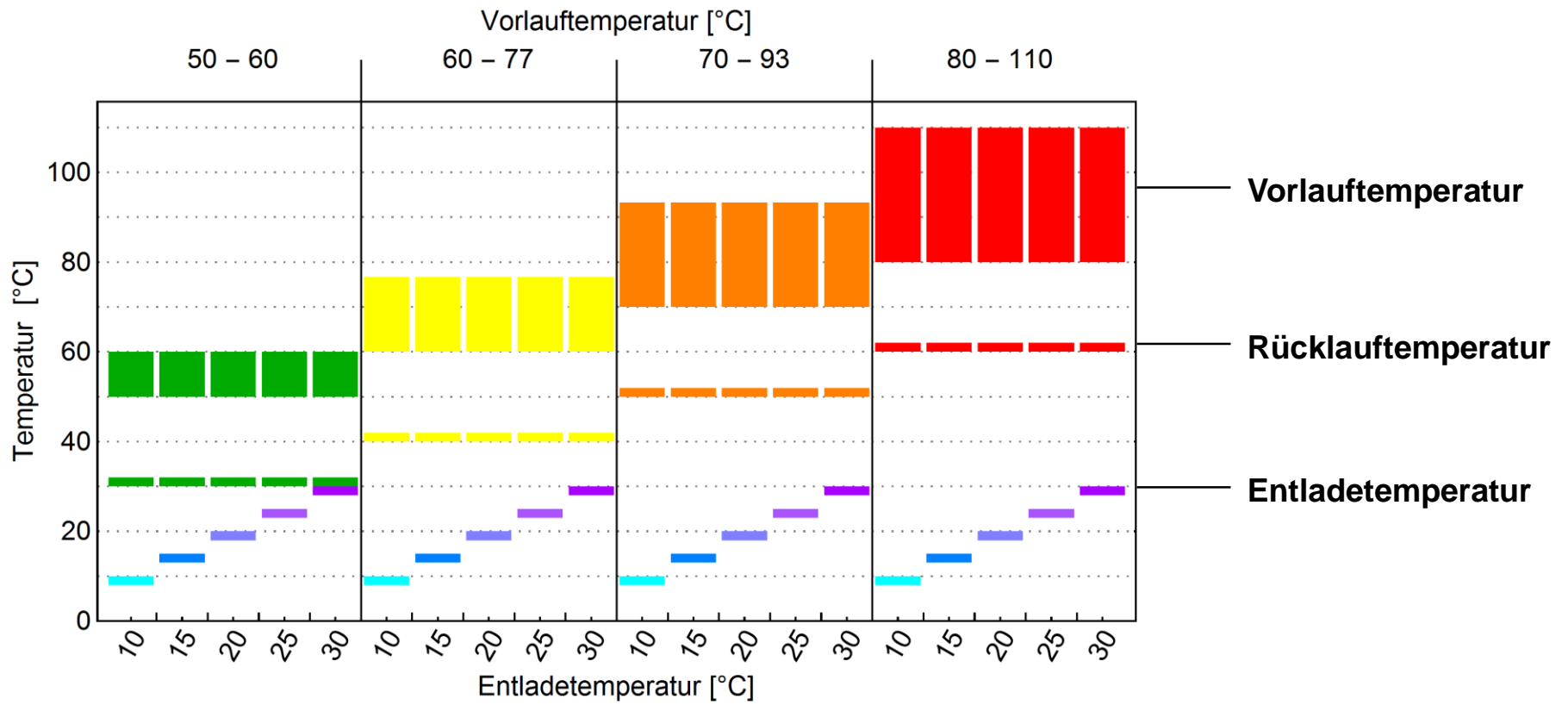


# Variation der Entladetemperatur des EWSS

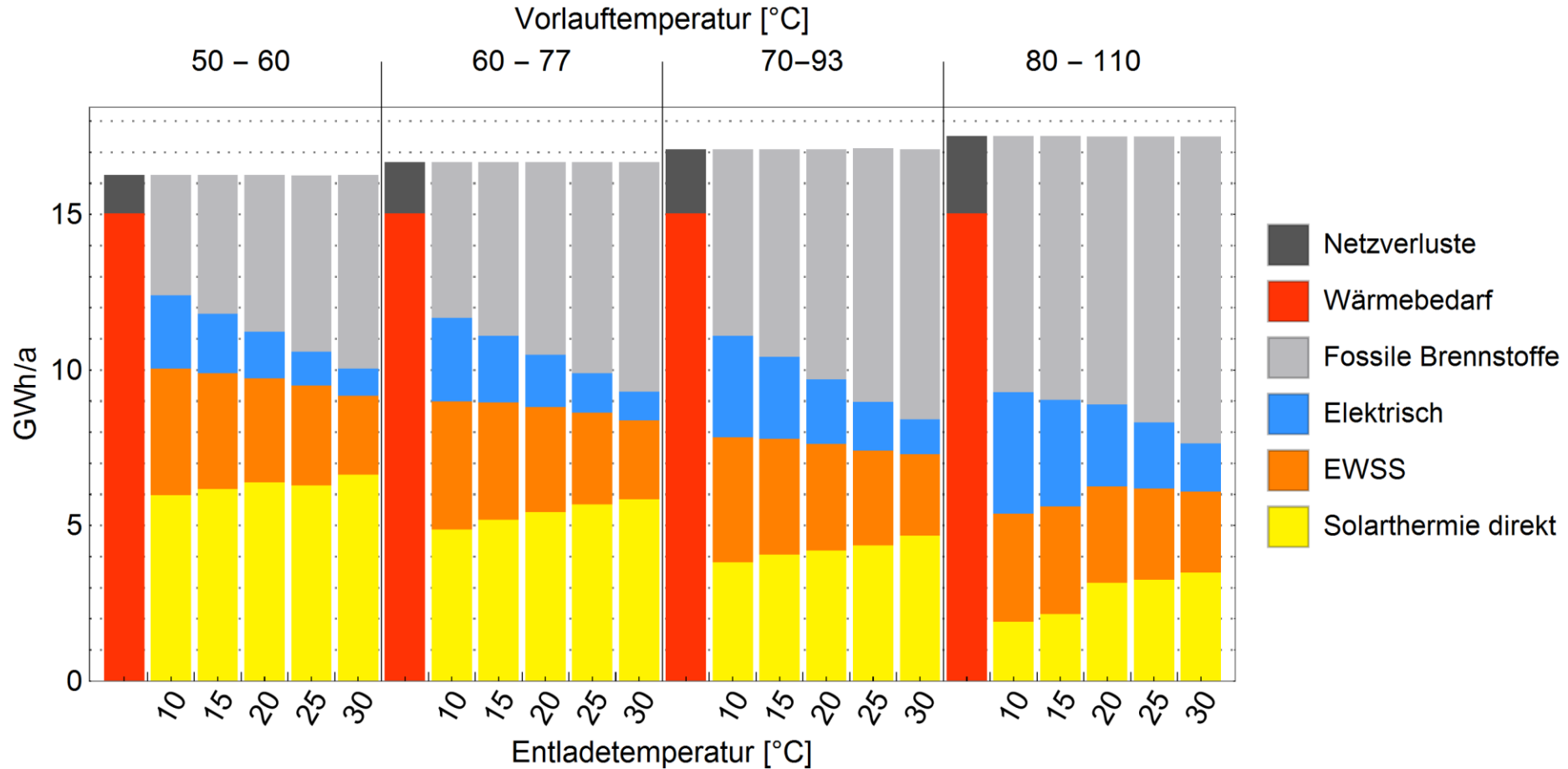




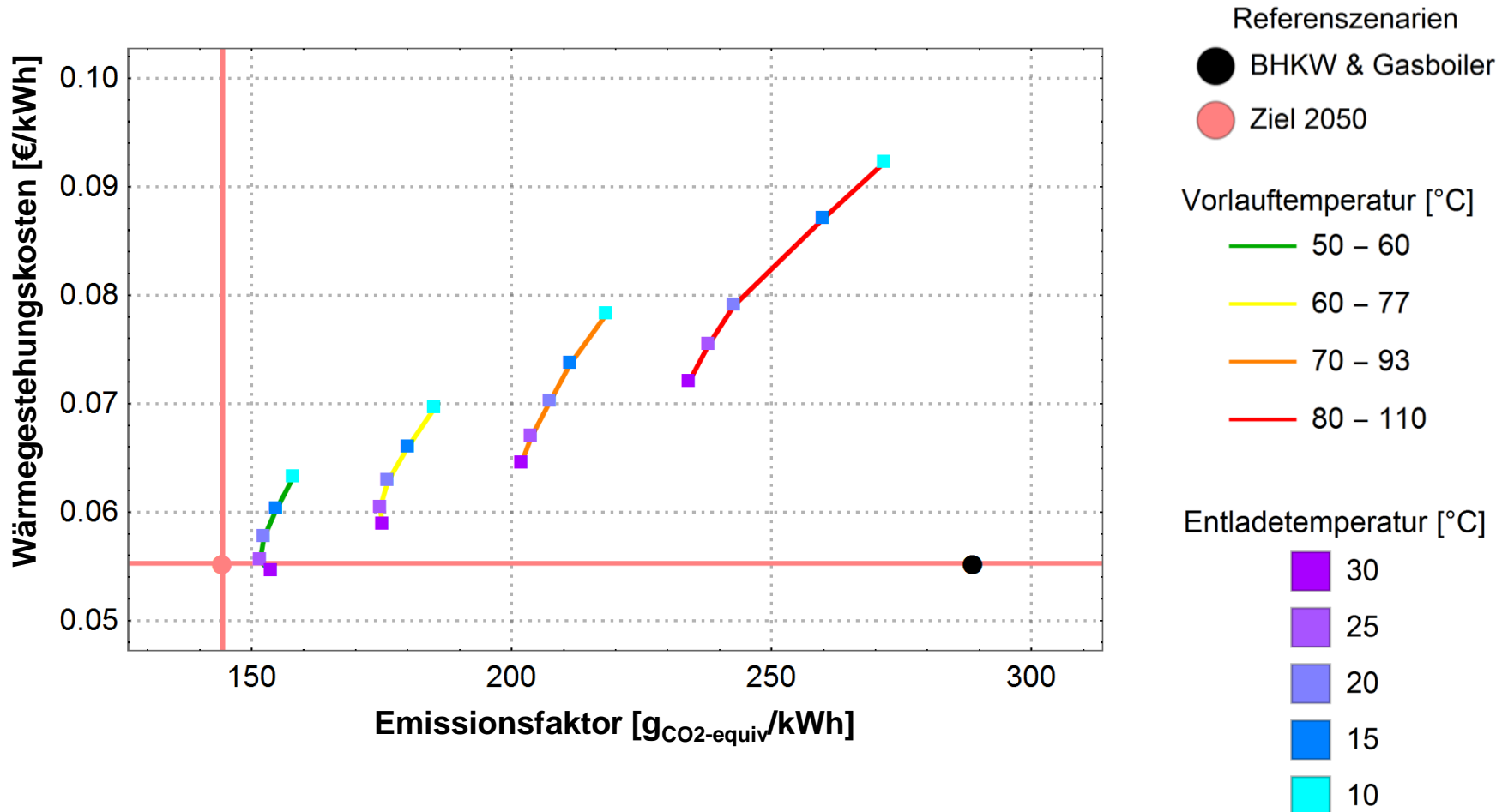
# 20 Betriebsszenarien



# Energiebilanz



# Lebenszyklusbasierte ökonomische und ökologische Bewertung



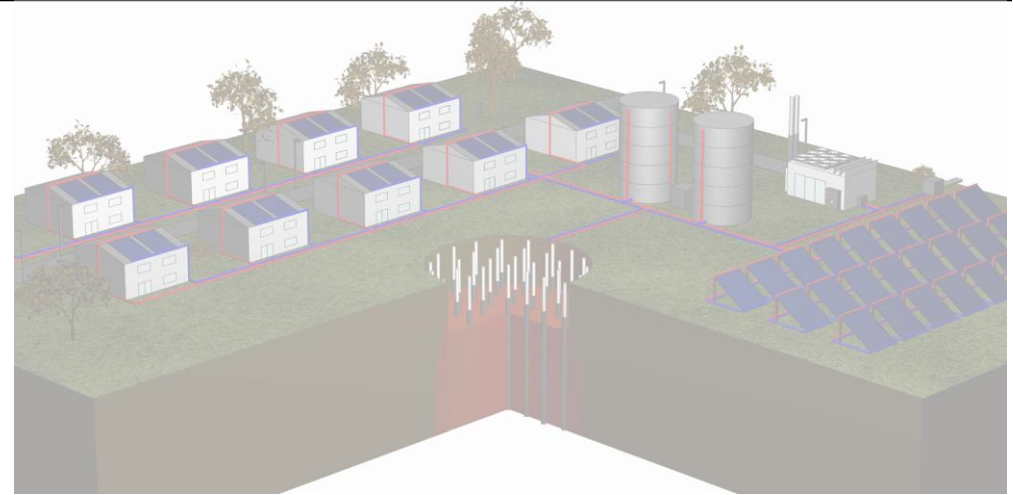
- **Die gekoppelte Simulation von solaren Nahwärmenetzen und Erdwärmesondenspeichern ermöglicht eine Systemsimulation mit hohem Detailgrad.**
- **Kombination mit Ökobilanzierung und Lebenszykluskostenrechnung ist vielversprechend.**
- **Erreichung der Energieziele 2050 der TU Darmstadt ist für den Campus Lichtwiese mit Solarthermie & Erdwärmesondenspeicher möglich, jedoch nur bei gleichzeitiger Absenkung der Netztemperaturen.**
- **Hoher Stromverbrauch der Kompressionswärmepumpe macht eine tiefe Entladung des Speichers wirtschaftlich und ökologisch unattraktiv.**

## Ausblick

- **Validierung der gekoppelten Simulation anhand realer Betriebsdaten**
- **Evaluation von Absorptionswärmepumpen**

# Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!

Weitere Fragen gerne auch an  
**Julian Formhals**  
[formhals@geo.tu-darmstadt.de](mailto:formhals@geo.tu-darmstadt.de)



## Literatur

- DHI WASY. (2014). FEFLOW (Version 6.2).
- EnEff-Stadt: Campus Lichtwiese (2018). [https://www.enb.architektur.tu-darmstadt.de/enb/forschungen/b19c\\_huelltechnologie\\_7.de.jsp](https://www.enb.architektur.tu-darmstadt.de/enb/forschungen/b19c_huelltechnologie_7.de.jsp)
- ESI ITI. (2017). SimulationX (Version 3.9). <https://www.simulationx.de/>
- Thiele, B. et al. (2017). Towards a Standard-Conform, Platform-Generic and Feature-Rich Modelica Device Drivers Library.
- Welsch, B., Göllner-Völker, L., Schulte, D. O., Bär, K., Sass, I., & Schebek, L. (2018). Environmental and economic assessment of borehole thermal energy storage in district heating systems. *Applied Energy*, 216, 73-90. doi:10.1016/j.apenergy.2018.02.011