



International
Building
Performance
Simulation
Association



11th BauSIM Conference

9–11 September 2026 · Zürich · Toni-Areal

Methodik und Anwendbarkeit modellbasierter Untersuchung und Bewertung in der Planung von ungerichteten Anergienetzen

Fleischmann, Philipp; Bauer, Philipp; Kiluthattil, Eabi Shaji; **Hepf, Chrisitan**

KBP Ingenieure

**zh
aw**

Agenda



Grundlagen

Lastprofile

Ungerichtetes Anergienetz

Planungsherausforderung und Forschungsfrage

Methodik

Simulationsmodell/Simulationsablauf

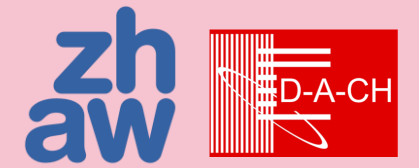
Ergebnisse

Hydraulische Untersuchung

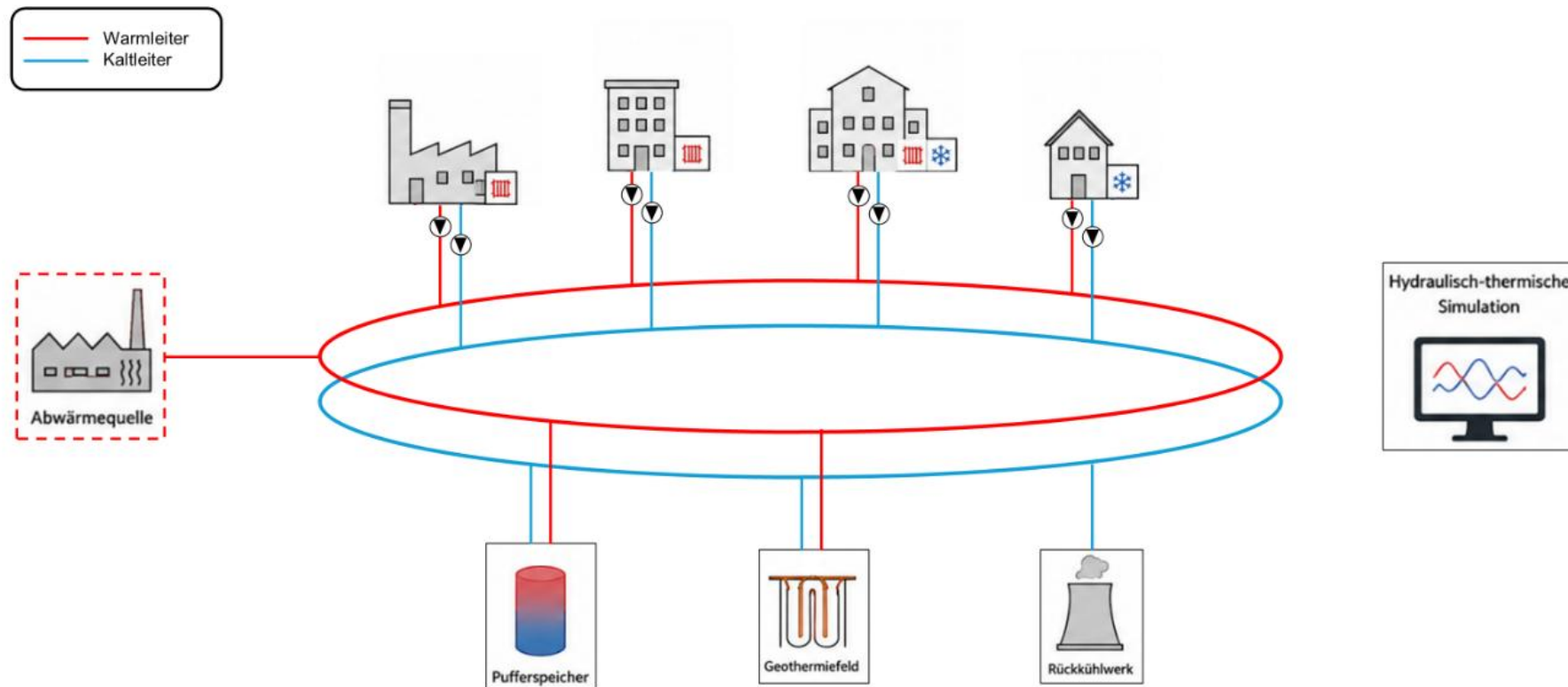
Energiebilanzen und Temperaturverlauf

Diskussion und Fazit

Grundlagen

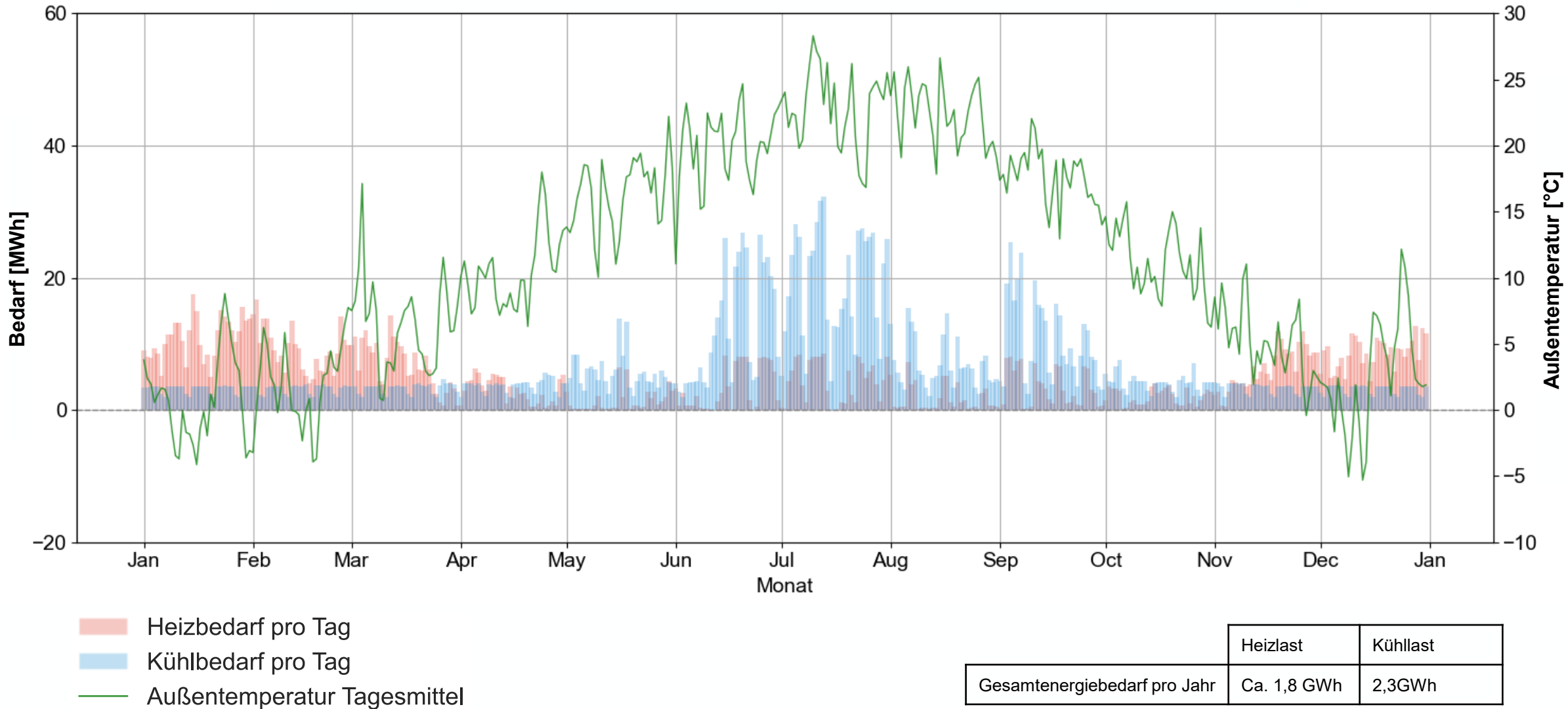


Motivation

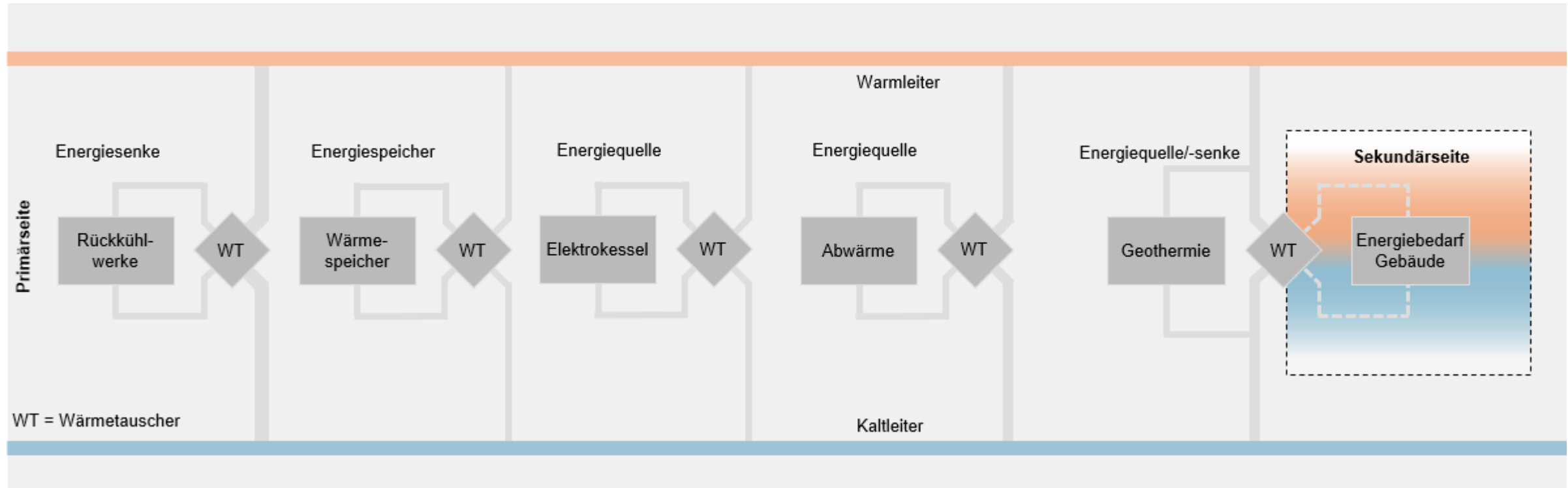


Grundlagen – Lastprofil

Jahresverlauf Heiz- und Kühlbedarf, Außentemperatur (TRY 2045)



Grundlagen – Ungerichtetes Anergienetz



Primär- und Sekundärseite

- Die Energieversorgung des Campus besteht aus primären und sekundären Systemen.
- Die Primärseite besteht aus dem Anergienetz, den Senken und Quellen. Es versorgt die Sekundärseite mit Energie.
- Die Sekundärseite Gebäude sind über Hausanschlüsse mit der Primärseite verbunden und hydraulisch durch Wärmetauscher entkoppelt.

Quellen und Senken

Senken kühlen das Primärnetz:

- Rückkühlwerke, Beladen des Sprinklertanks, Geothermie

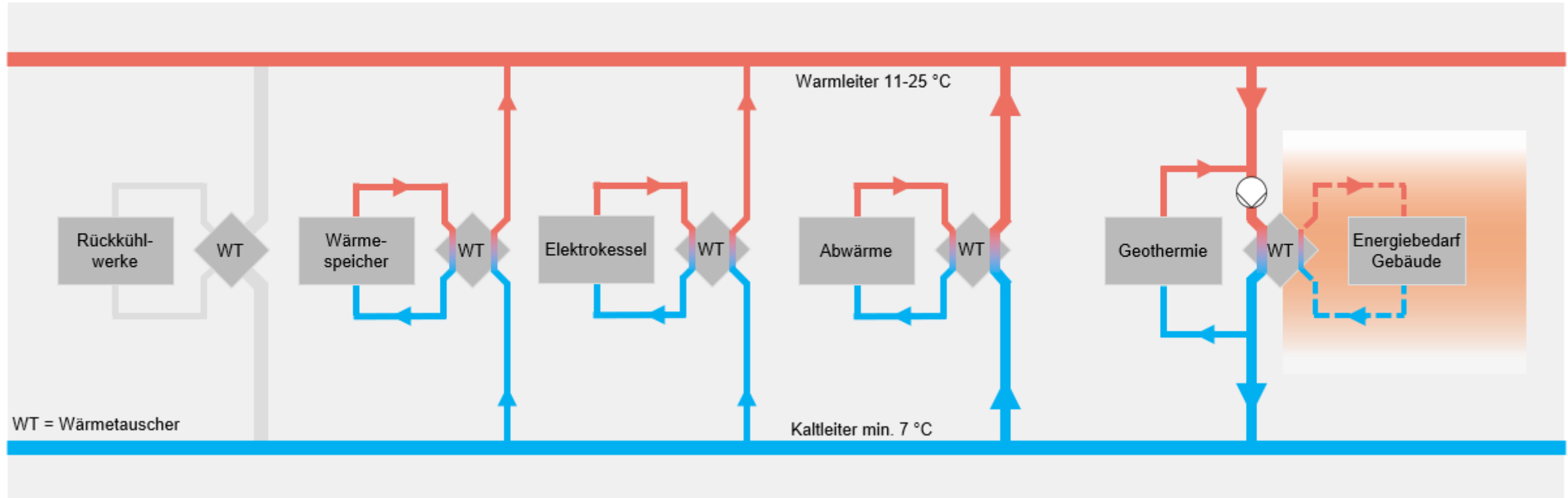
Quellen erwärmen das Primärnetz:

- Abwärme, Elektrokessel, Entladen des Sprinklertanks, Geothermie

Grundlagen – Heizen



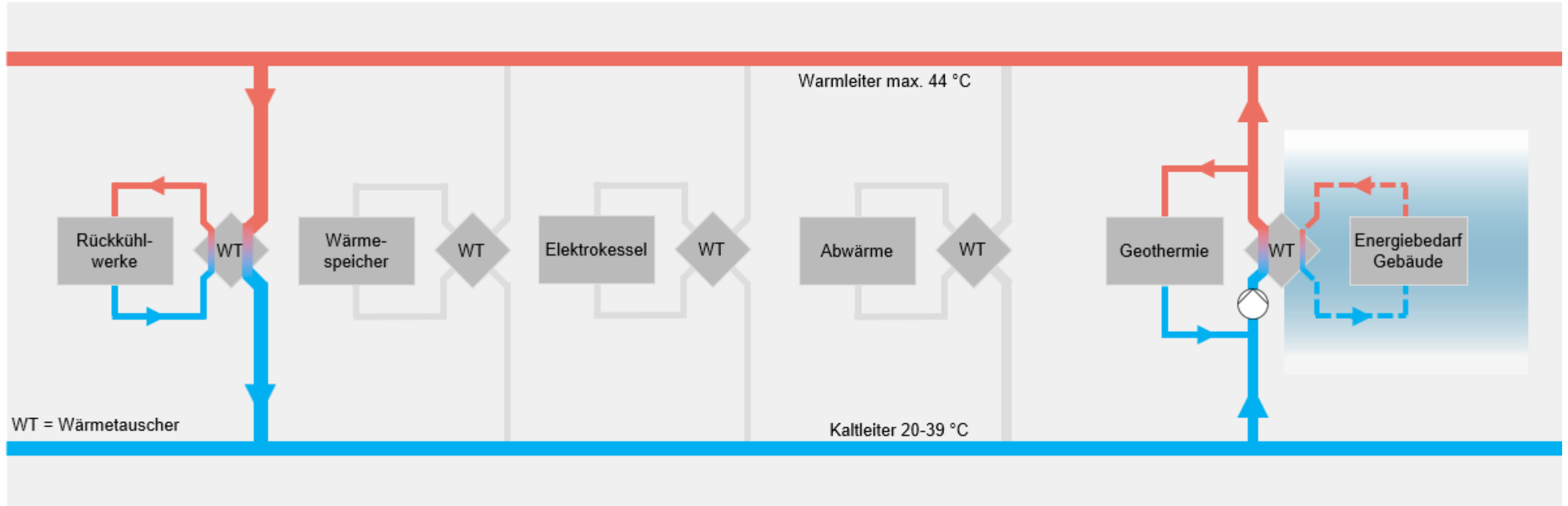
Winter



Grundlagen – Kühlen



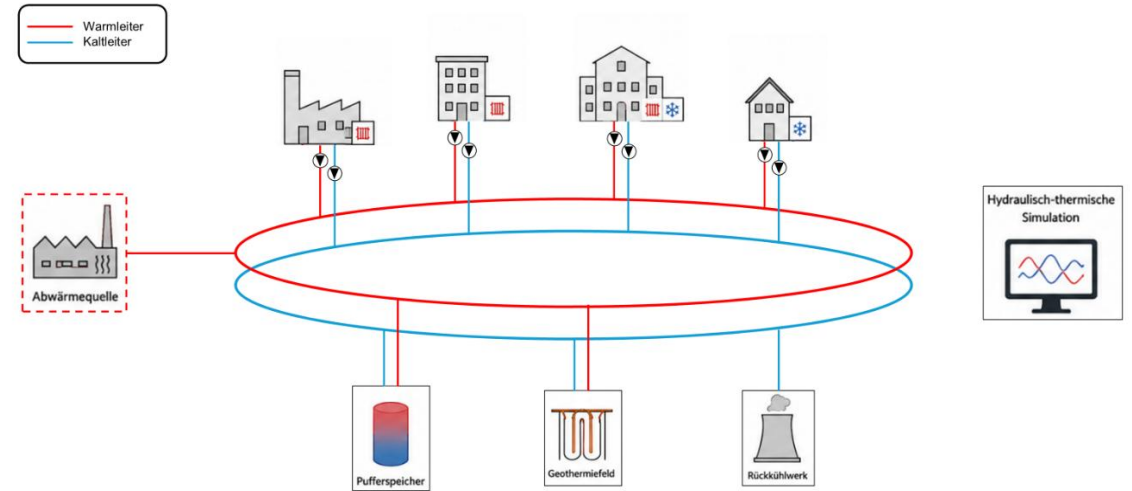
Sommer



Forschungsfrage

Planungsherausforderung

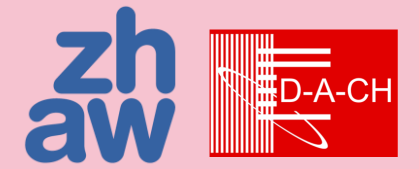
- Keine definierte Flussrichtung des Mediums aufgrund einer Vielzahl von möglichen Szenarien im Netz
- Welche Temperaturen stellen sich ein und wie verteilt sich die Wärme im Netz?
- Welche Gleichzeitigkeiten sind im System zu erwarten?
- Wie müssen Regelstrategien und zu welchem Zweck entwickelt werden?



Forschungsfrage

Welche hydraulischen und thermischen Wechselwirkungen lassen sich durch eine gekoppelte Systemsimulation in ungerichteten Anergienetzen identifizieren und welche Aussagen können daraus für Planung und Betrieb abgeleitet werden?

Methodik



Simulationsaufbau

Primärseite Energienetz

Rohrnetz

- Materialeigenschaften
- Rohrdimensionen
- Rohrnetzverteilung
- Lokalisierung von Anlagen- und Gebäudeanschlüssen

Hydraulische Komponenten

- Auslegungsparameter für Massenstrom und Druckverlust
- Auslegungsparameter für Temperaturgrenzen und Wärmeübertragung
- Ventilkennlinien

Quellen /Senken

- Abwärmeprofil
- Temperaturprofil
- Geothermieabsorber

Sekundärseite Gebäude

- Vor- und Rücklauftemperaturen
- Anschlussleistungen
- Lastprofile Gebäude Heizen aus Gebäudesimulation
- Lastprofile Gebäude Kühlen aus Gebäudesimulation

Dynamische Berechnung IDA ICE Districts

Algorithmen basierende Berechnungen und Modellierung nach Newton-Raphson-Verfahren für die Netztopologie, Knotenpunkten, Rohrleitungen und Komponenten. Bestimmung der zeitlich und örtlich aufgelösten Netzzustände:

- Temperaturen
- Massenströme
- Fließgeschwindigkeiten
- Drücke
- Leistungen
- Energieübertragung
- Systemische Regelungsalgorithmen

Ergebnisse und Analyse

- Fließgeschwindigkeit
- Temperaturen Warmleiter
- Temperaturen Kaltleiter
- Spezifische Druckverluste
- Energiebedarfe und –Erzeugung
- Saisonale Ergebnisse

Input

Simulation

Output

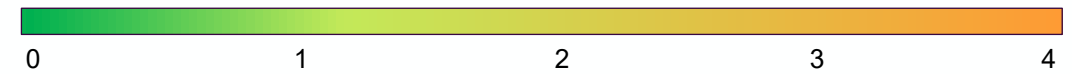
Bewertungskriterien

Hydraulische Bewertung

Soll

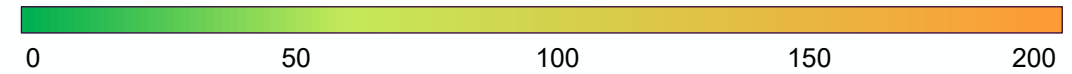
Maximale Fließgeschwindigkeit

0-2 m/s



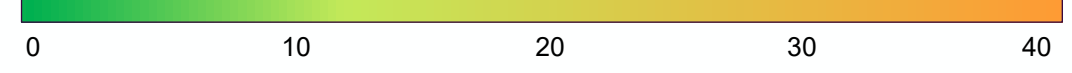
Maximaler spez. Druckverlust
(Zuleitung)

0-100 Pa/m



Maximaler spez. Druckverlust
(Anergieleitung)

0-20 Pa/m



Energetische Bewertung

Soll

Maximale Temperatur Warmleiter

11-44 °C

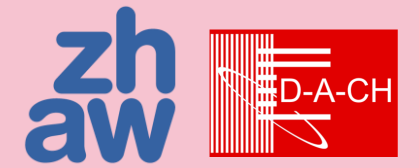


Minimale Temperatur Kaltleiter

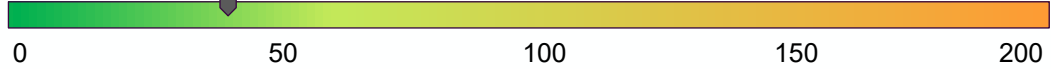
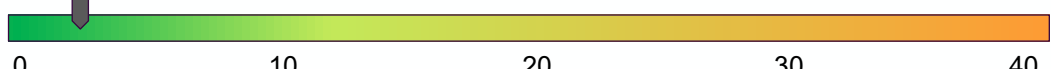
7-39 °C



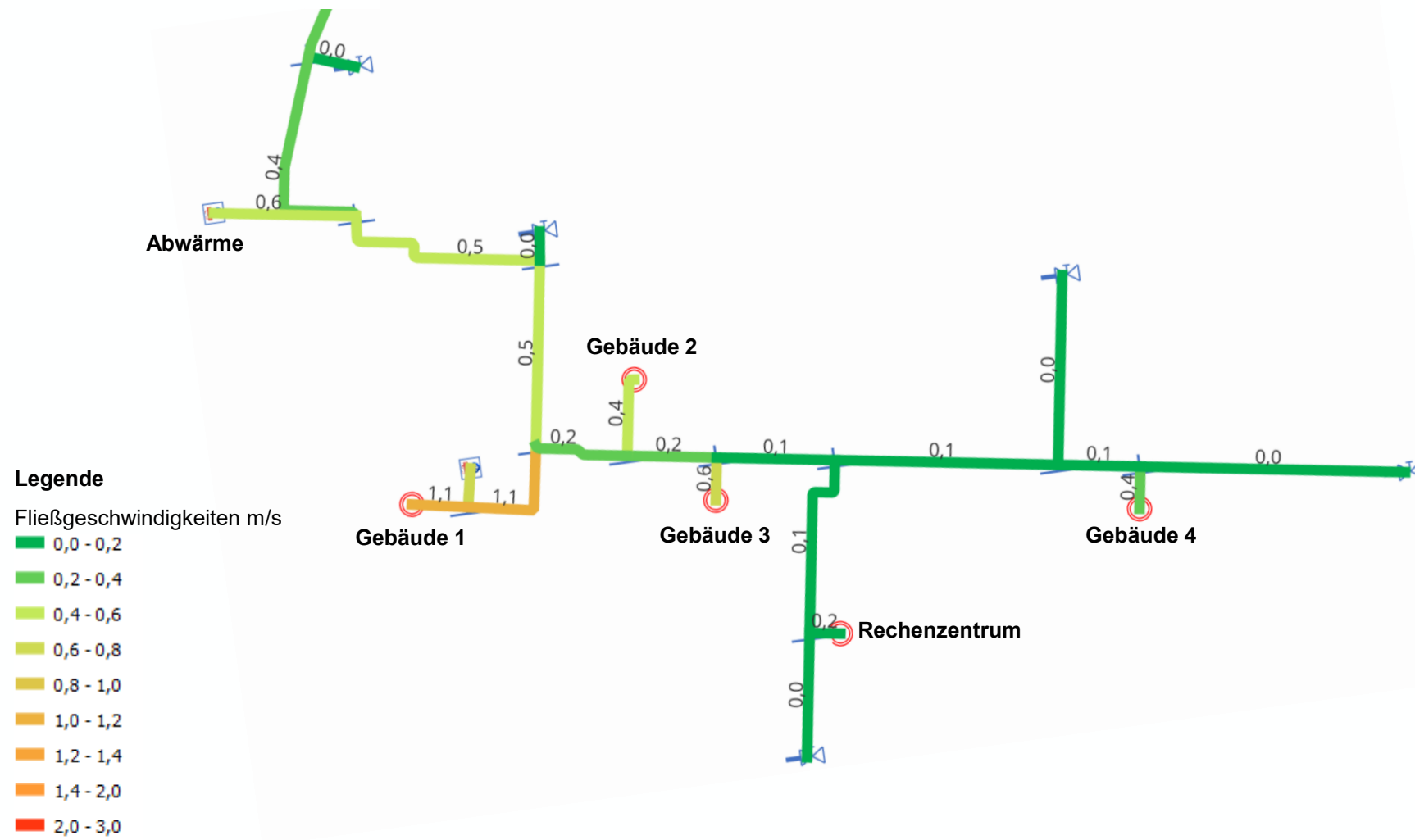
Ergebnisse



Bewertungskriterien

Hydraulische Bewertung	Ist	Soll	
Maximale Fließgeschwindigkeit	1,0 m/s	0-2 m/s	
Maximaler spez. Druckverlust (Zuleitung)	39 Pa/m	0-100 Pa/m	
Maximaler spez. Druckverlust (Anergieleitung)	3 Pa/m	0-20 Pa/m	
Energetische Bewertung	Ist	Soll	
Maximale Temperatur Warmleiter	43,5 °C	11-44 °C	
Minimale Temperatur Kaltleiter	10,7 °C	7-39 °C	

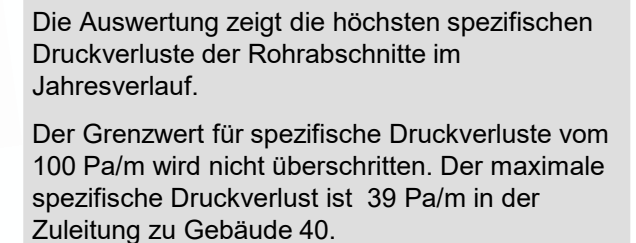
Ergebnisse – Fließgeschwindigkeiten



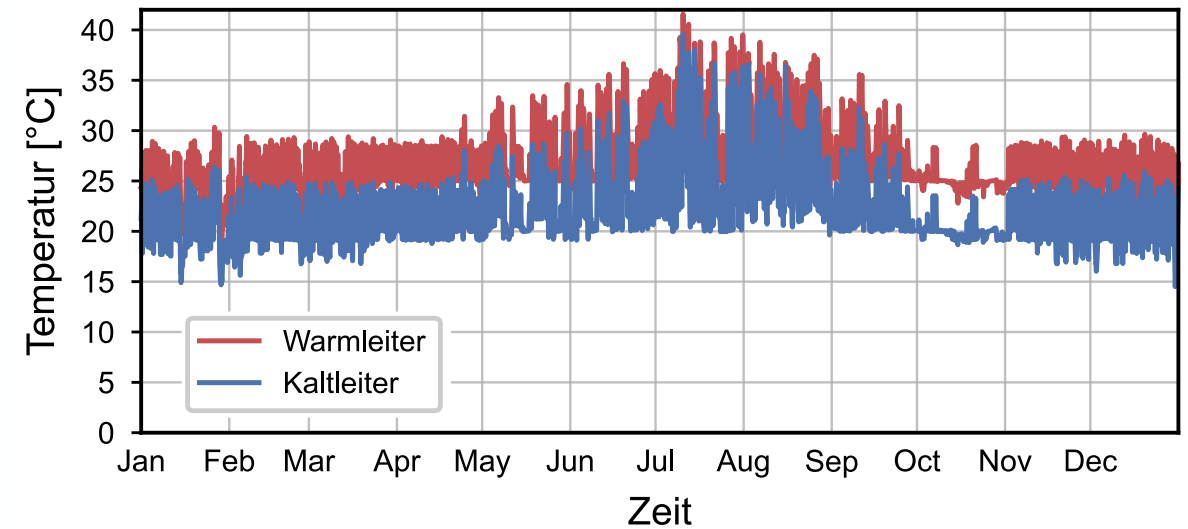
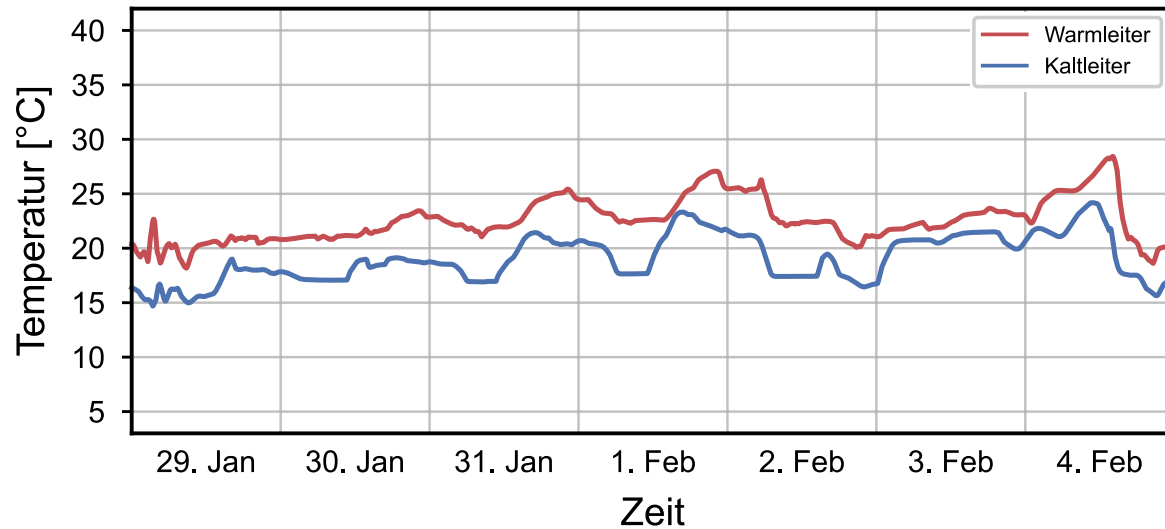
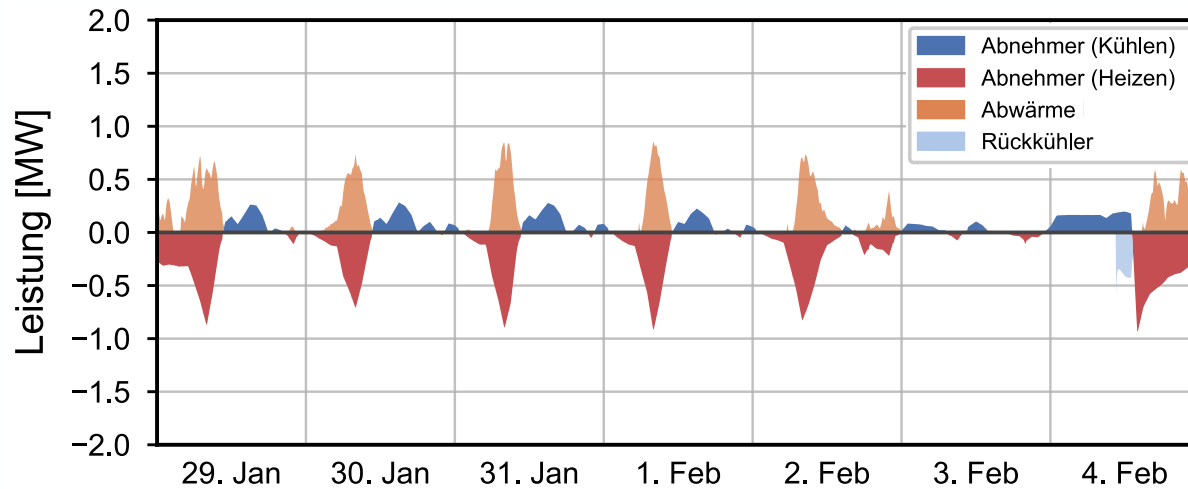
Die Auswertung zeigt die höchsten Fließgeschwindigkeiten der Rohrabschnitte im Jahresverlauf.

Der Grenzwert für Fließgeschwindigkeit von 2 m/s wird nicht überschritten. Die maximale Fließgeschwindigkeit ist 1,1 m/s an der Hausanschlussleitung zu Gebäude 40.

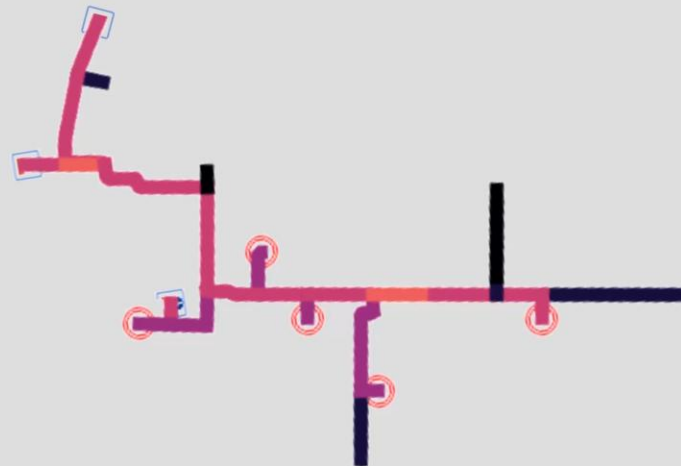
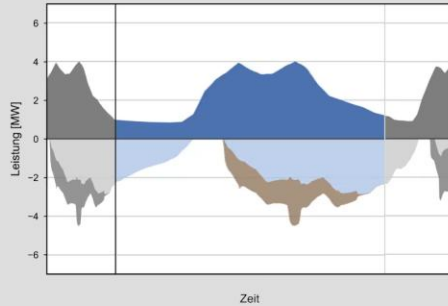
Im Anergienetz liegt allgemein eine geringe Strömungsgeschwindigkeit vor.



Ergebnisse – Energiebilanz

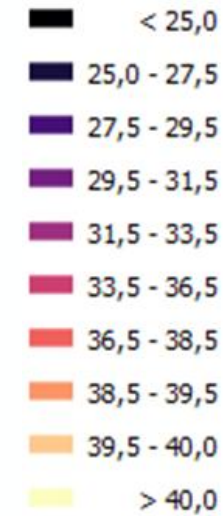


Ergebnisse – Warmleitertemperatur Sommer



Legende

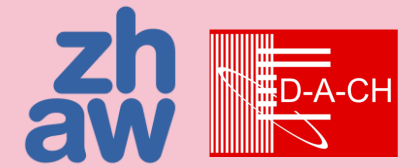
Temperaturen in °C



00:00
9. Juli

Die energetische Untersuchung zeigt eine gleichförmige Temperaturverteilung im Netz. Die Regeneration (Abkühlen) des gesamten Netzes dauert ca. 14 Stunde (von 18 Uhr bis 8 Uhr am Folgetag).

Diskussion und Fazit



Forschungsfrage

Welche hydraulischen und thermischen Wechselwirkungen lassen sich durch eine gekoppelte Systemsimulation in ungerichteten Anergienetzen identifizieren und welche Aussagen können daraus für Planung und Betrieb abgeleitet werden?

Ergebnisse – Planungshilfe

Thema	Fragestellung	Relevante Bewertungskriterien
Netzauslegung	Ist das Netz ausreichend dimensioniert?	Druckverläufe Volumenströme Temperaturprofile
Betriebsgrenzen	Werden Grenzwerte für Druck, Temperatur und Fließgeschwindigkeit eingehalten?	Max./Min. Druck Temperaturspreizung Strömungsgeschwindigkeiten
Komponentenwahl	Welche Kennfelder müssen Pumpen und Regelventile abdecken?	Betriebspunkte Druckverluste Förderhöhen
Ausbauplanung	Welche Quellen- und Senkenpotenziale müssen in welchen Ausbaustufen erschlossen werden?	Netztemperatur Fließgeschwindigkeiten Druckverluste
Extremwetter	Wie reagiert das Netz auf extreme Wetterbedingungen?	Netztemperatur Förderhöhen
Regelung & Monitoring	Welche Messgrößen sind für die Netzregelung relevant? Wo im Netz müssen Messgrößen erfasst werden?	Druckverluste Fließgeschwindigkeiten Temperaturen
Störfallanalyse	Wie reagiert das Netz bei Ausfällen?	Netztemperatur

Diskussion

- Verhältnismäßig großer Aufwand für Simulation im Planungsprozess
- Vereinfachtes Wärmepumpenmodell zur Reduzierung der Simulationszeit (Hauptfokus lag auf der Verteilung von Volumenstrom und Temperatur im Netz)
- Keine Messdaten zur Validierung zur Verfügung, Profile sind ebenfalls aus Simulationen
- Hilft in weiteren Planungsphasen enorm

Fazit

- Beschaffenheiten und Eigenheiten des Netzes können durch eine Simulation greifbarer gemacht werden
- Ersatz und Höhere Qualität im Vergleich zur klassischen statische Rohrnetzberechnung
- Frühzeitige Erkennung von zukünftigen Herausforderungen und Vermeiden kostspieliger Änderungen in Betrieb

References

- Allegrini, J., Orehounig, K., Mavromatidis, G., Ruesch, F., Evins, R., Dorer, V. 2015. A review of modelling approaches for district energy systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews. DOI: 10.1016/j.rser.2015.07.042
- Buffa, M., Cozzini, M., D'Antoni, M., Baratieri, M., Fedrizzi, R. 2019. 5th generation district heating and cooling systems: A review of existing cases in Europe. Renewable and Sustainable Energy Reviews. DOI: 10.1016/j.rser.2018.12.033
- Buonomano, A., Forzano, C., Mongibello, L., Palombo, A., Russo, G. 2024. Optimising low-temperature district heating networks: A simulation-based approach with experimental verification. Energy. DOI: 10.1016/j.energy.2024.131954
- Dang, L. M., Nguyen, L. Q., Nam, J., Nguyen, T. N., Lee, S., Song, H.-K., Moon, H. 2024. Fifth generation district heating and cooling: A comprehensive survey. Energy Reports. DOI: 10.1016/j.egyr.2024.01.037
- Lake, A., Reiner, D., et al. 2017. Review of district heating systems for a sustainable future. Renewable and Sustainable Energy Reviews. DOI: 10.1016/j.rser.2016.09.061

Vielen Dank



Kontakt:

Dr. Christian Hepf

ch@kbp.de

KBP Ingenieure

KBP Ingenieure GmbH
Wilhelm-Wagenfeld-Straße 6
80807 München
T. +49 89 189 19 - 0