

# Dekarbonisierung der Wärme- und Kälteversorgung mittels thermischer Netze

## 20. IGE-Seminar

**HSLU, Horw, 13. März 2024**

Prof. Martin K. Patel

Chair for Energy Efficiency, University of Geneva,  
Institute for Environmental Sciences (ISE)  
and Dpt. Forel for envir. and aquatic sciences (DEFSE)

[martin.patel@unige.ch](mailto:martin.patel@unige.ch), Tel.: 022 379 0658

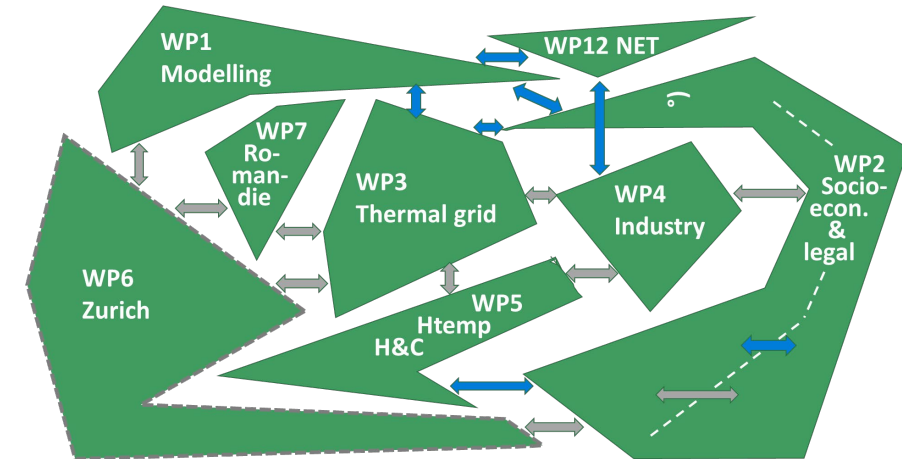
Dr. Willy Villasmil

Leiter Forschung Thermische Netze,  
Hochschule Luzern – Technik & Architektur,  
Institut für Gebäudetechnik und Energie (IGE)

[willy.villasmil@hslu.ch](mailto:willy.villasmil@hslu.ch), Tel.: 041 349 39 67

# DeCarbCH – Decarbonisation of Cooling and Heating

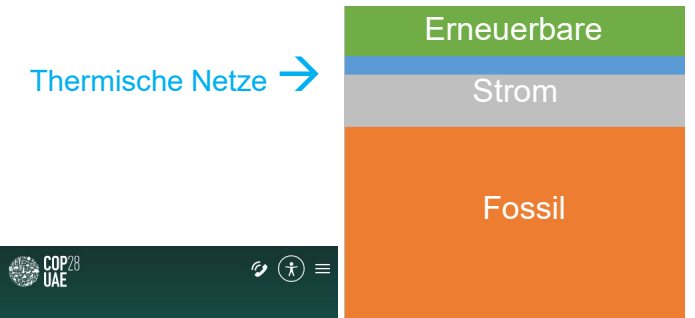
- *Facilitate, speed up and de-risk implementation of renewables for heating and cooling in*
  - residential sector and*
  - service and the industry sector*
- **Interdisziplinär** (u.a. rechtlich u. sozioökonomisch)
- **Modellgestützt u. anwendungsbezogen** (Fallstudien, P&D)
- **Finanziert im Rahmen des BFE-Programms «SWEET»** (8 Mio. CHF, 2022-2030; 10 + 6 Gruppen, ~40 Industriepartner)
- <https://www.sweet-decarb.ch/> (Newsletter, lunch talks, ...)



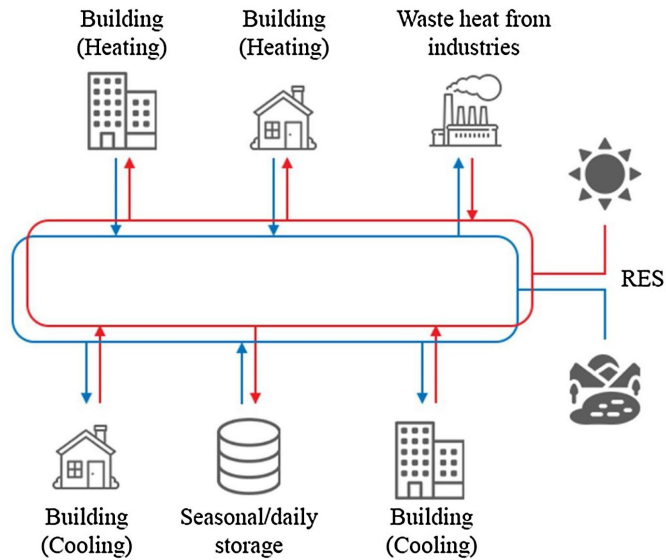
# Motivation

- **Heutiger Energiemix für Heizen**
- Thermische Netze für Gebiete mit **hoher Siedlungsdichte**  
– Umgebungswärme, Geothermie u./o. Nutzung von Abwärme
- **Klimawandel**
  - RCP8.5: Kühlgradtage x 13, Heizgradtage  $\leq -40\%$
  - Klimatisierungsbedarf: einige TWh heute  $\rightarrow$  17.5 TWh in 2050
  - Wärmebedarf: 60 TWh heute  $\rightarrow$  20 TWh in 2050
- **Hitzestau** in Städten, **verbesserte Isolierung** von Gebäuden
- **Demographischer Wandel**, fragilerer Bevölkerungsanteil wächst
- Kombilösungen für **Heizen & Kühlen**
- **Lock-in**, lange Zeiträume
- **Hebelwirkung** für Integration von Erneuerbaren und Energieeffizienz

## Heizen in der Schweiz

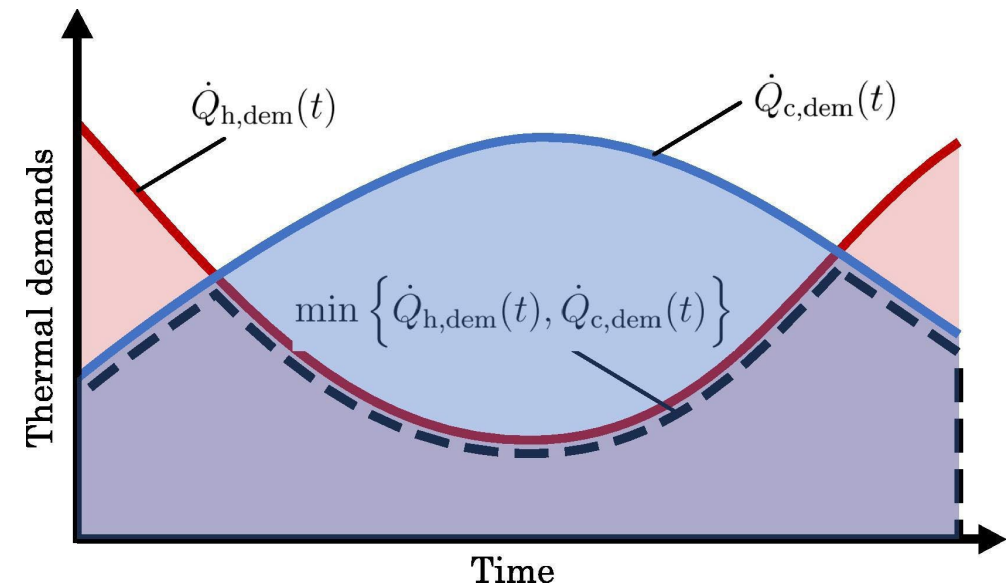


# Thermische Netze der 5. Generation (5GDHC)



- Am meisten 5GDHC Netze **CH** und **DE**
- Nahezu **ideale** Bedingungen in CH
- **Gleichzeitiger Wärme- und Kühlbedarf** als wichtige Voraussetzung für 5GDHC; saisonale Wärmespeicher (seasonal **TES**)

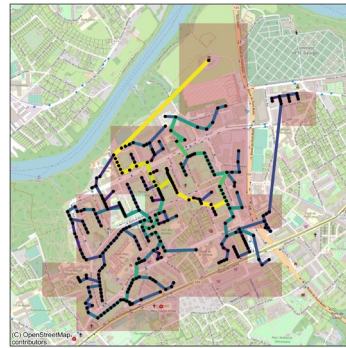
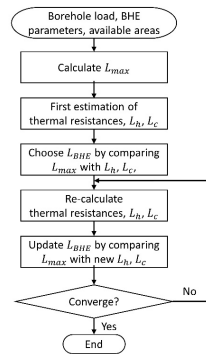
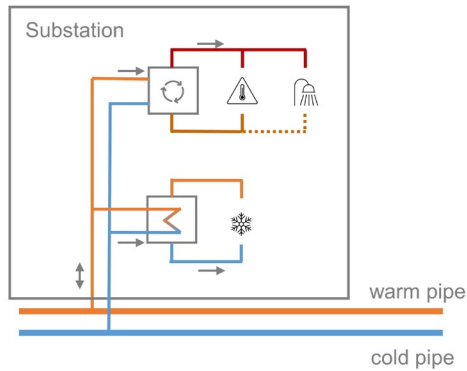
	4G district heating	5GDHC
<b>Netztemperatur</b>	~ 50 °C	< 30 °C
<b>Wärmenutzung</b>	Direkt zum Heizen	WP (Booster) zur Temp.-erhöhung
<b>Wärmefluss</b>	eine Richtung	bidirektional
<b>Heizen und Kühlen</b>	getrennt	kombiniert



Source: Wirtz, 2020; Millar, 2021; Caputo, 2021

# Fallbeispiel – Vergleich von 3 Systemen

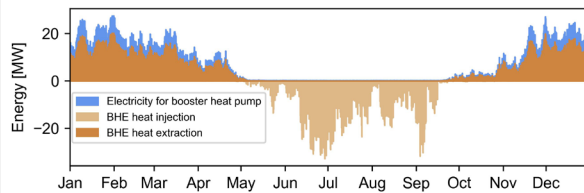
## 5GDHC design and simulation



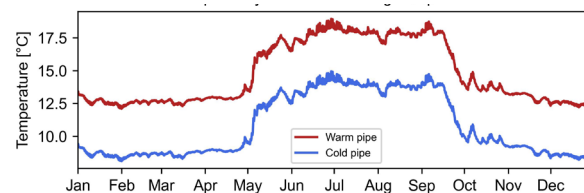
Building substation

Borehole fields

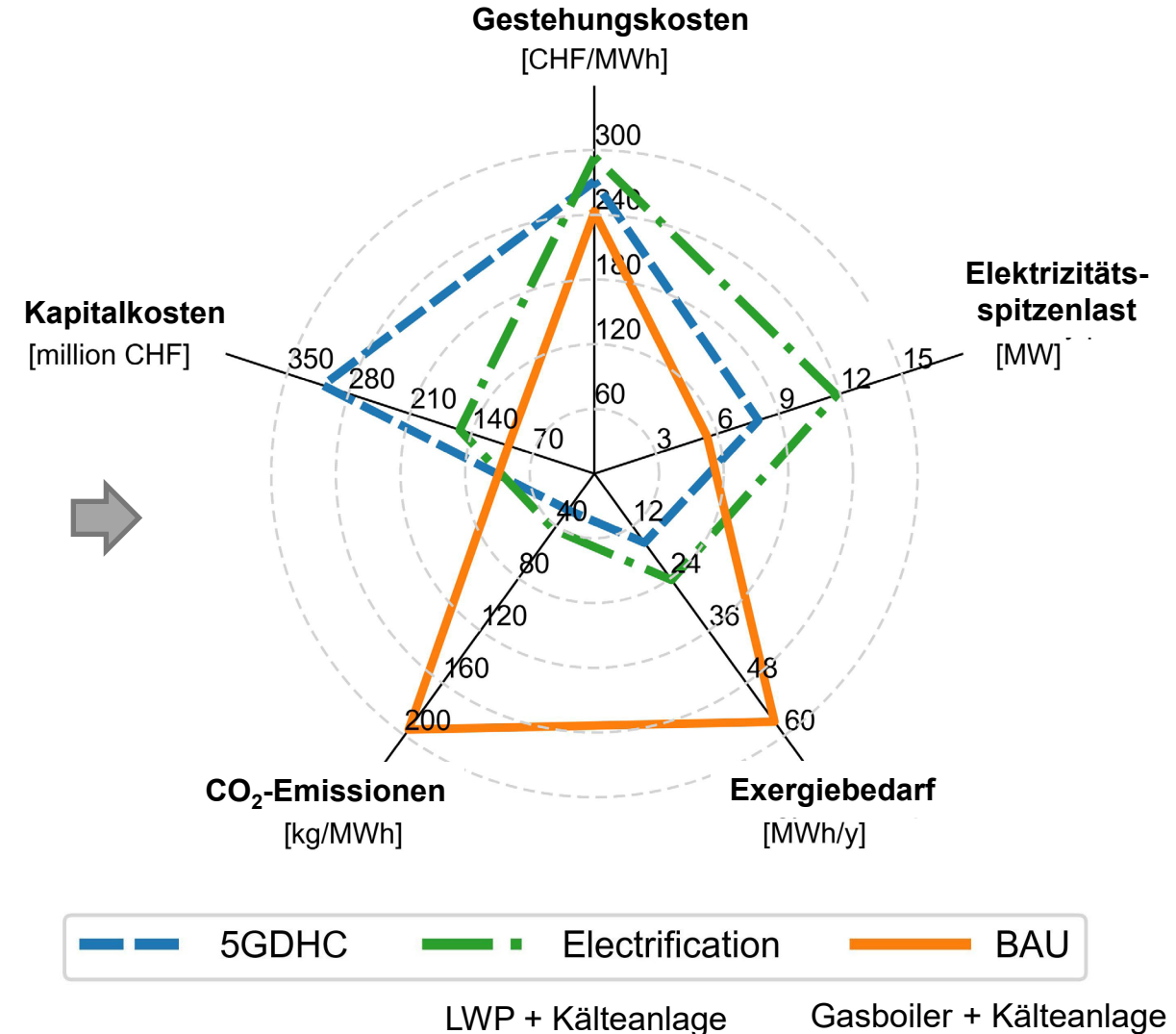
Thermal network



Energy consumption



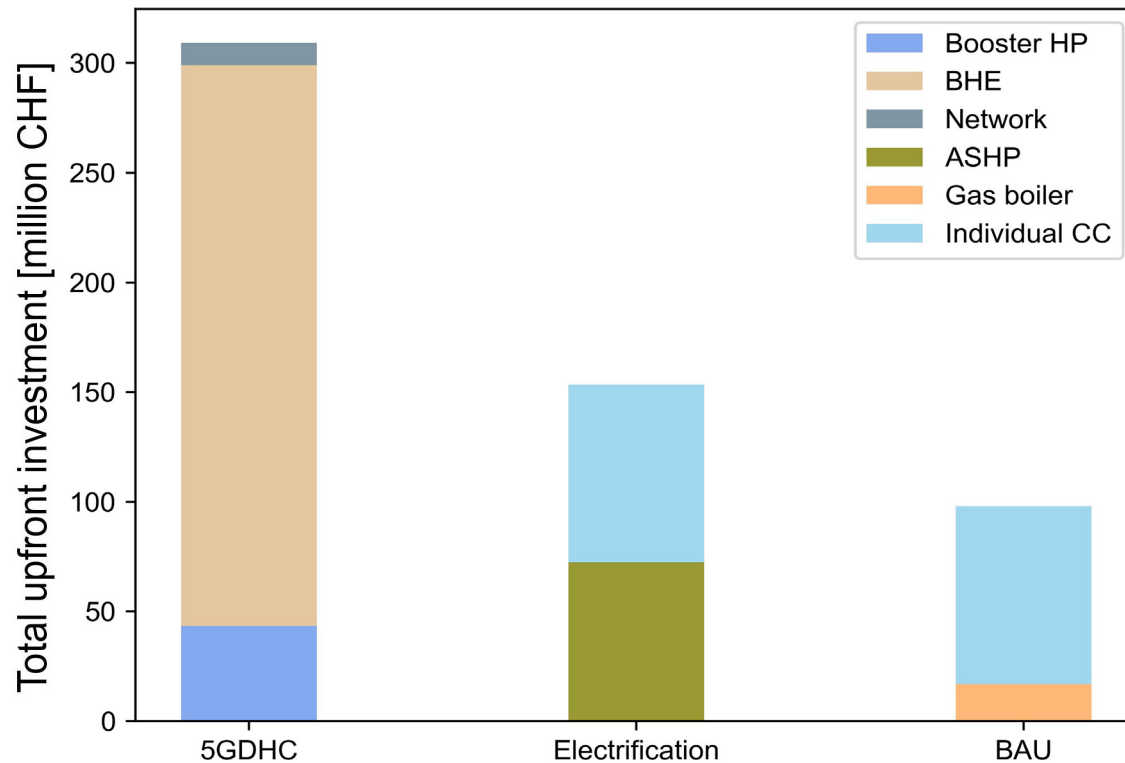
Temperature profile



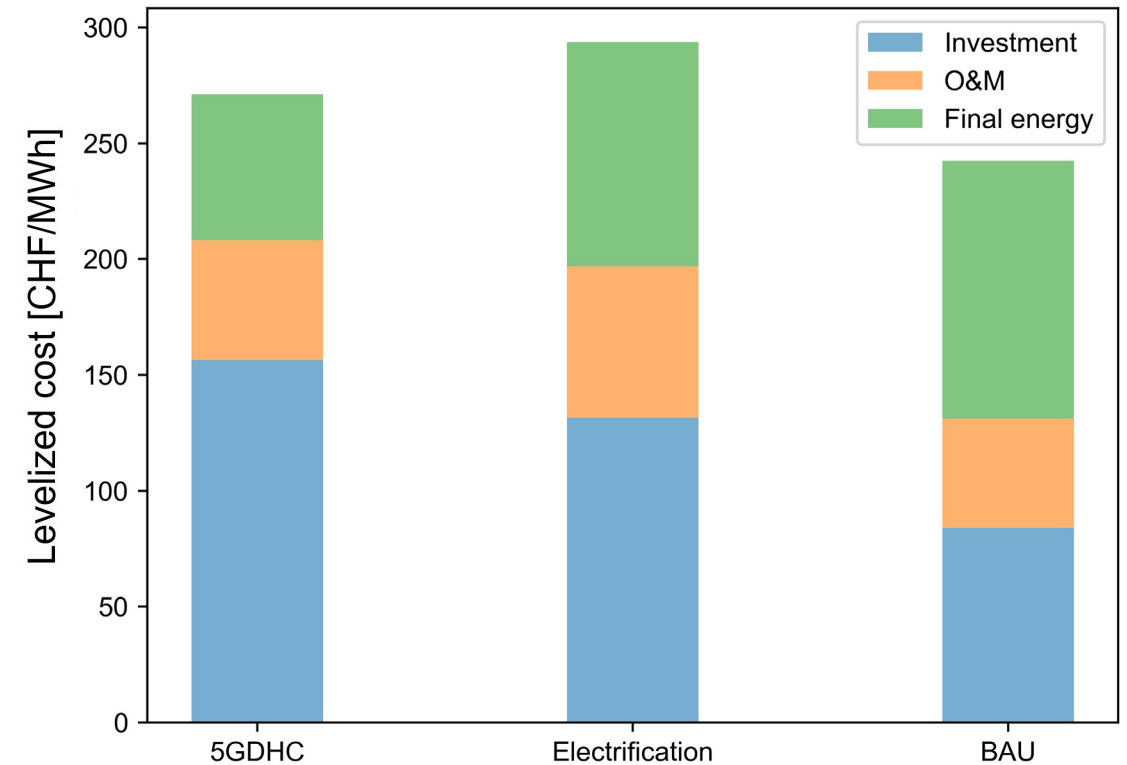
# 5GHDC mit Erdsondenfeld (BTES)

- **BTES**: 83% der Kapitalkosten von 5GHDC
- **5GDHC**: niedrigste Energiekosten

### Aufschlüsselung der Kapitalkosten



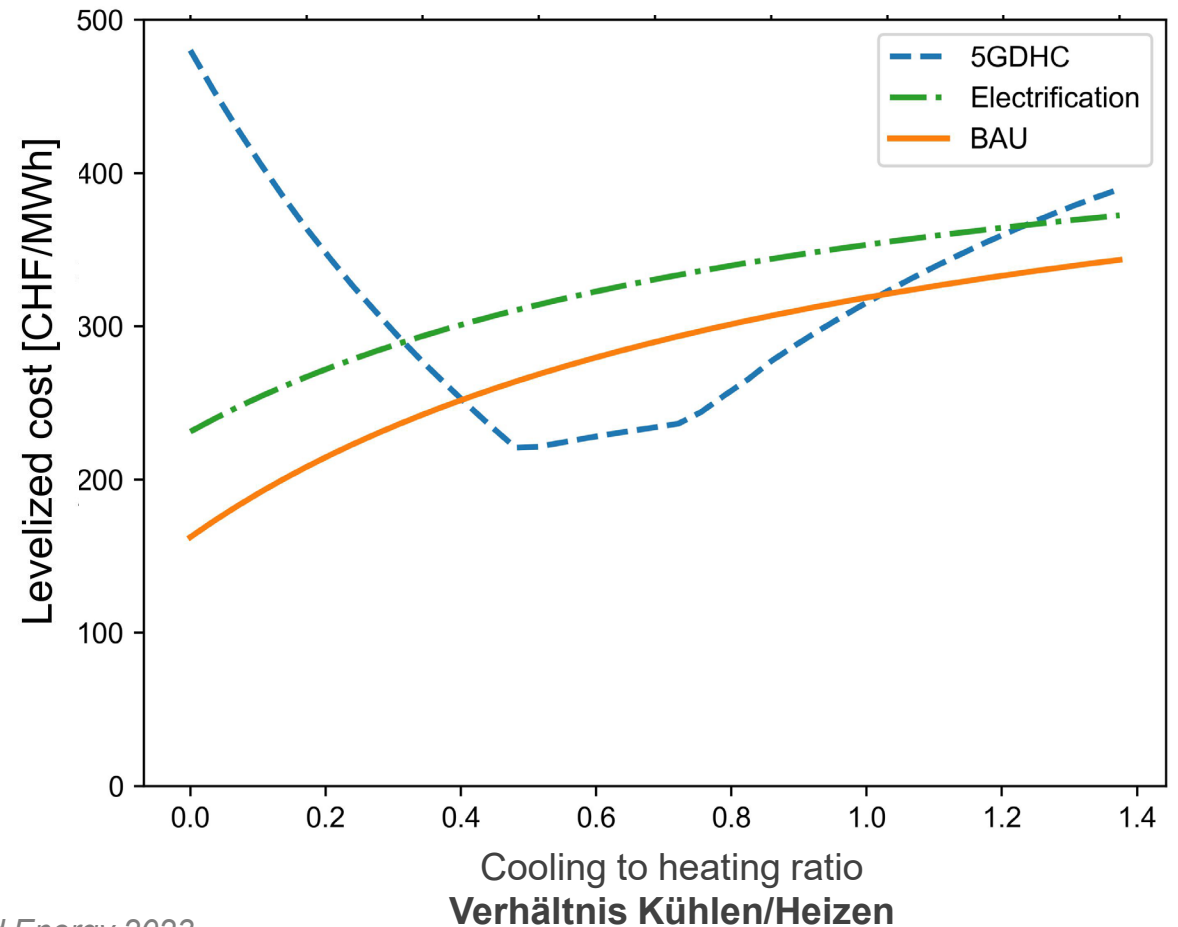
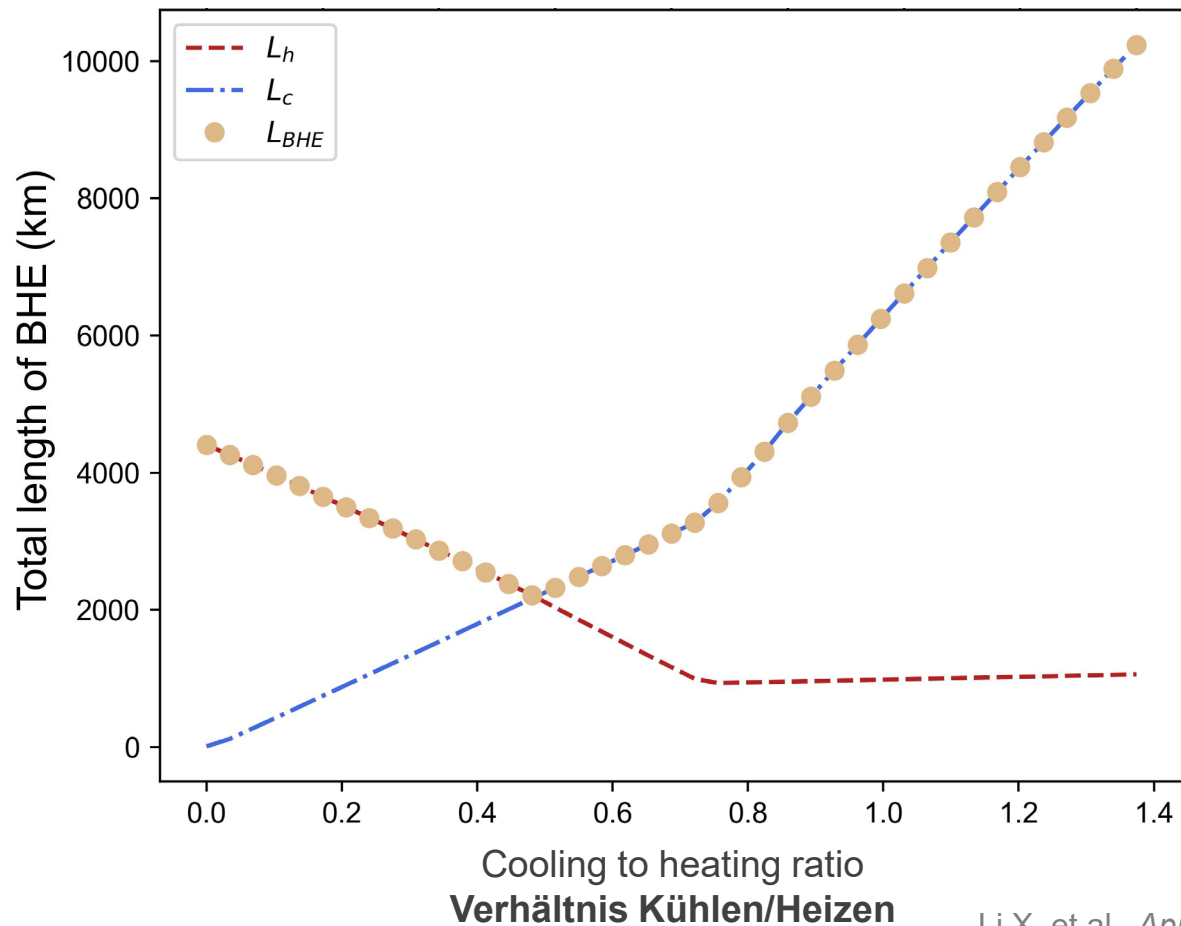
### Aufschlüsselung der Gesteungskosten



- **Kostenminderung von Erdsondenfeldern** könnte sich **sehr positiv** auswirken.

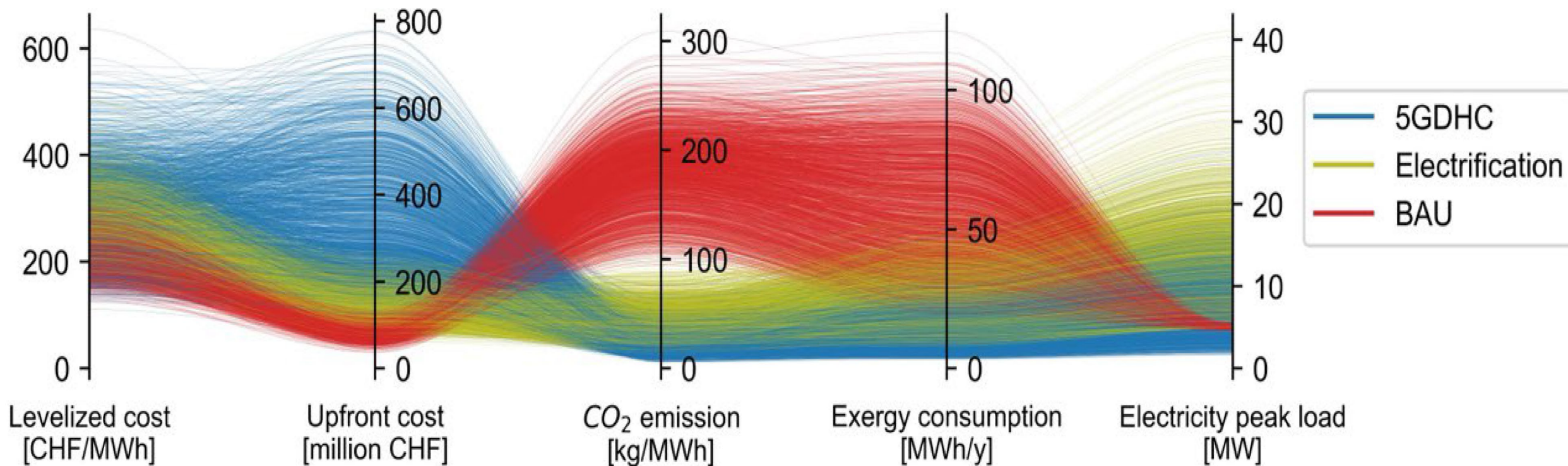
# Bedeutung des Verhältnisses von Kühlung zu Heizen $\varphi_{K:H}$

- 5GDHC: niedrigere Gesteungskosten, wenn  $\varphi_{K:H}$  zwischen 0,4 und 1,0 liegt, minimal bei 0,5 ( $\varphi_{K:H} = 1:2$ )
- Mit wachsendem Kühlbedarf wird 5GDHC **wird interessanter**.



# Sensitivitätsanalyse für 5GDHC

Monte-Carlo-Analyse zur Ermittlung der Bandbreite der Leistungsindikatoren im Vgl. zu Referenz (BAU)



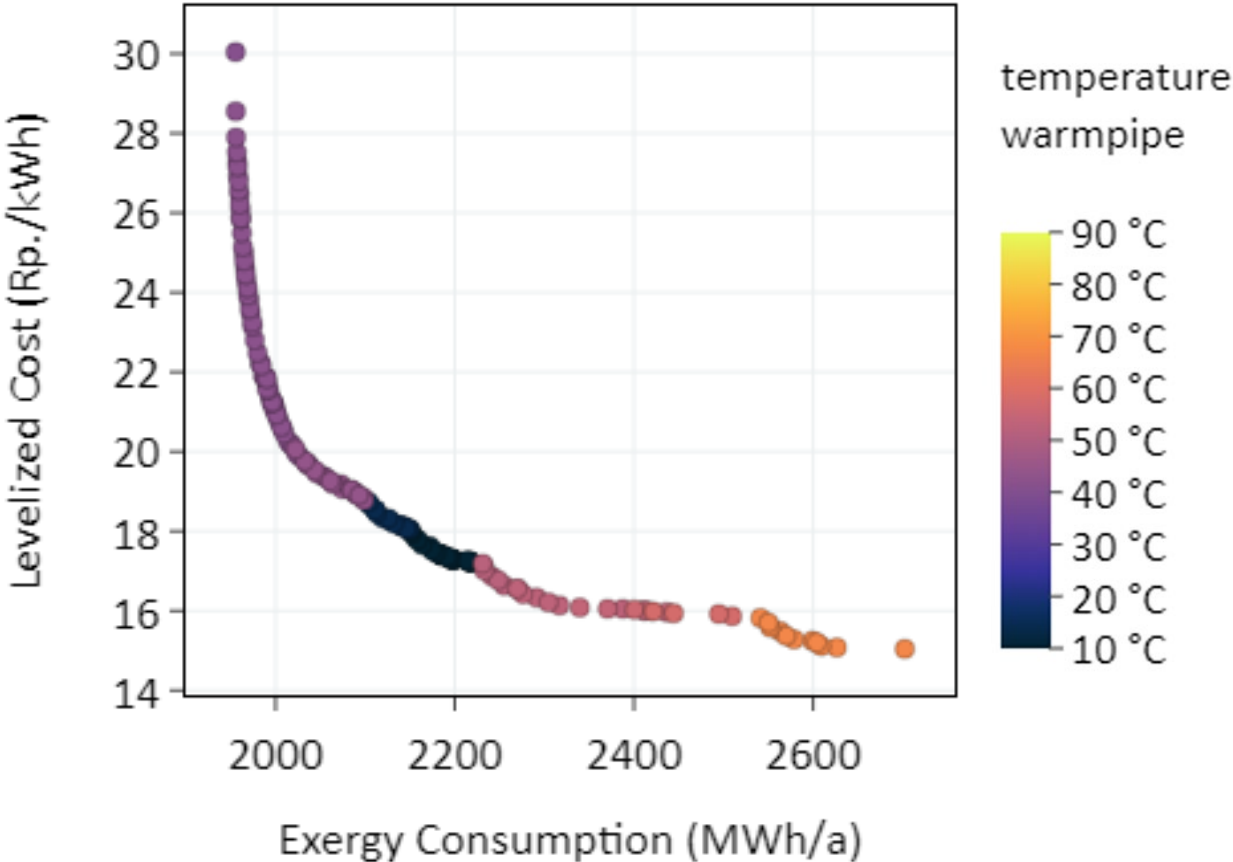


# Sensitivitätsanalyse für 5GDHC

Case study Zurich  
Bellevue/Limmat  
City Energy Analyst

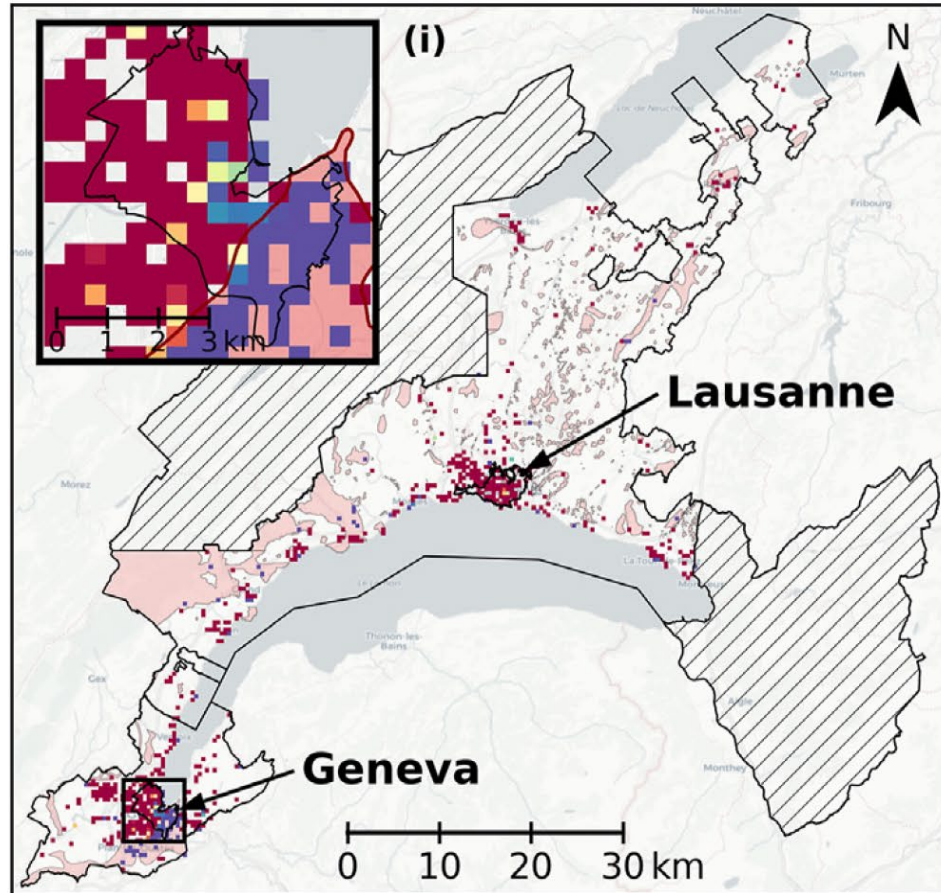


Multi-criteria (Pareto)  
optimization of thermal grid  
Python

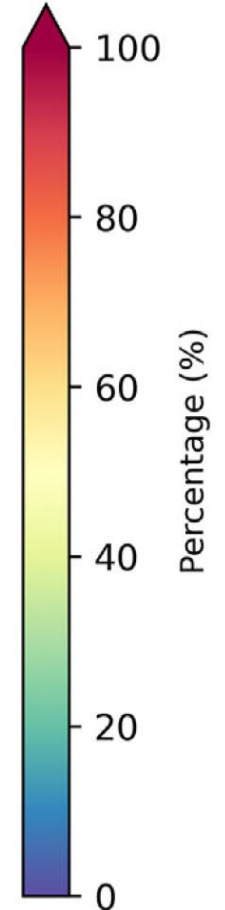
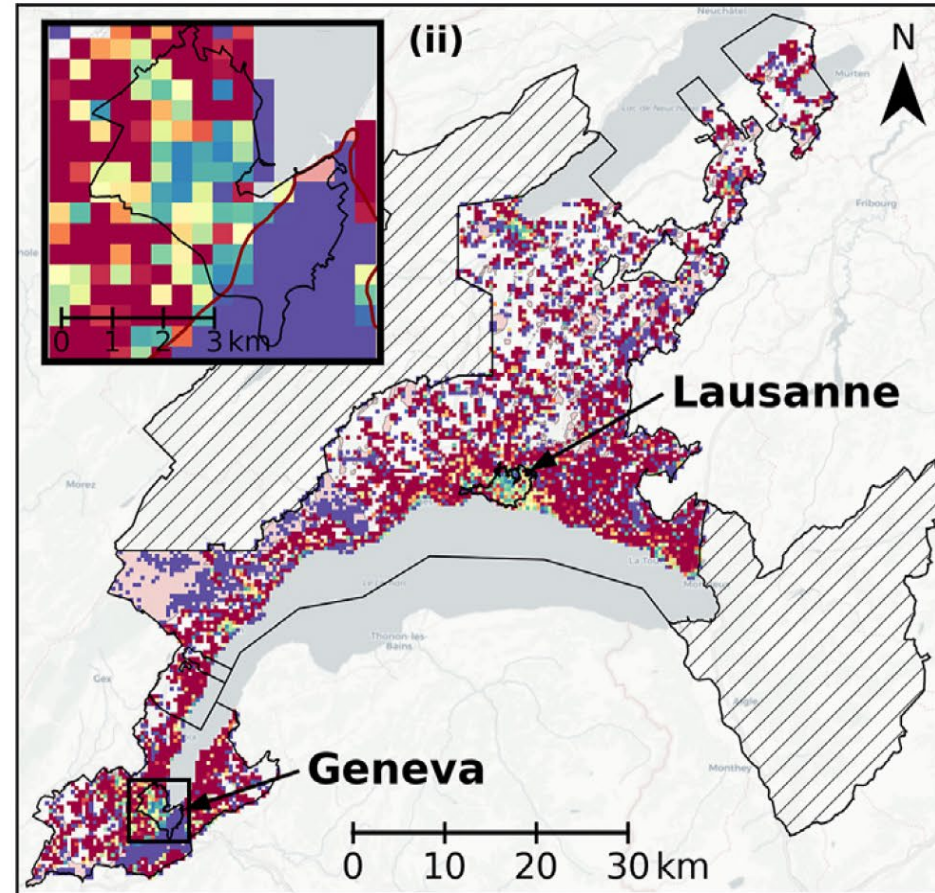


# Regionalanalyse von WP mit Erdwärmesonden (1/2)

## Kühlen



## Heizen



**WP mit Erdwärmesonden,  
ohne thermisches Netz**

**35% des Heizbedarfs  
(ohne Kühlung)**

**54% des Heizbedarfs  
59% des Kühlbedarfs**

*Alle Werte  
für RCP 4.5*

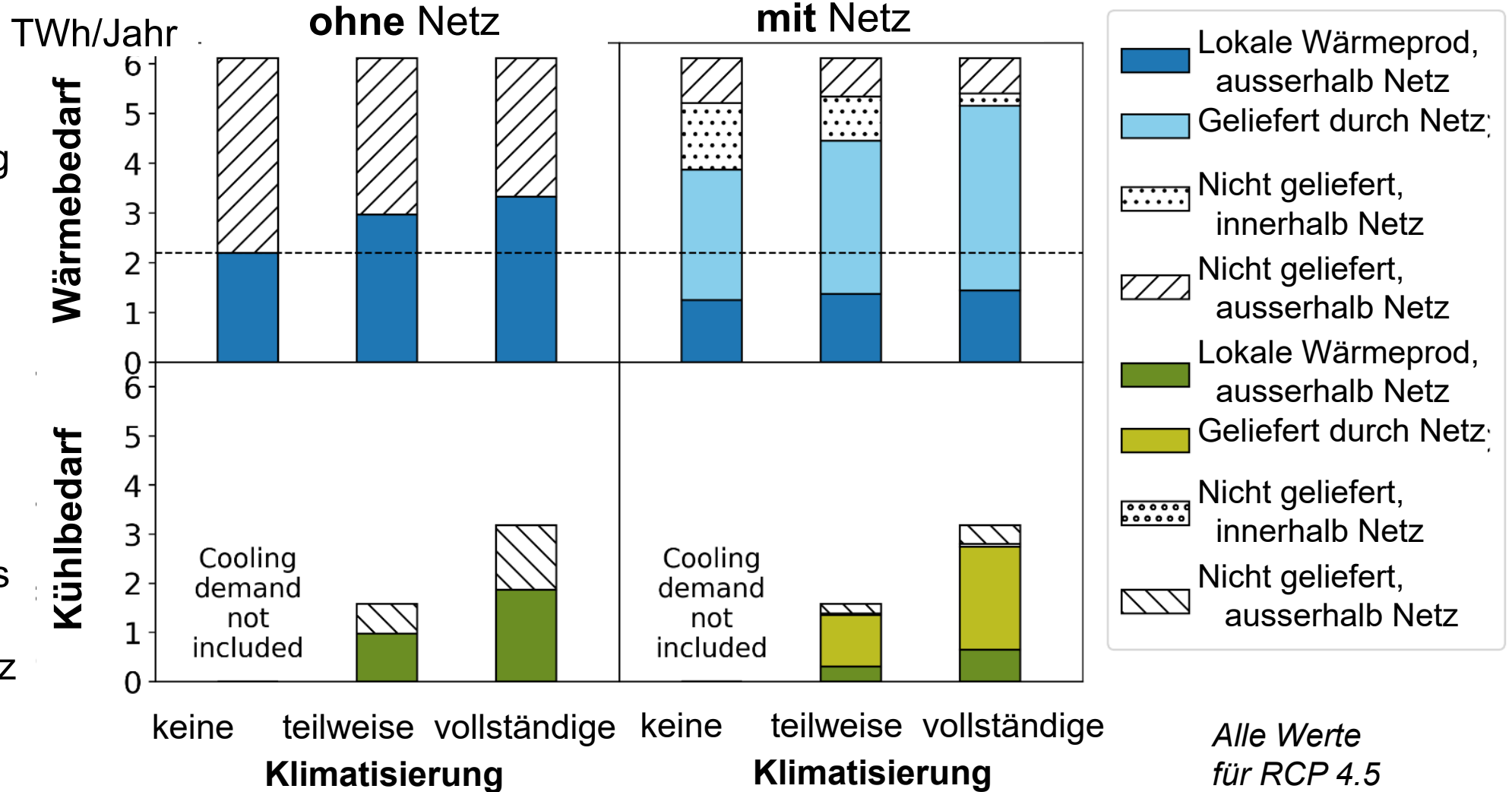
# Regionalanalyse von WP mit Erdwärmesonden (2/2)

## Vergleich

- ohne Klimatisierung  
→ mit **Klimatisierung**
- Ohne Netz  
→ mit **Netz**

## Synergien

- Heizung profitiert von Kühlung
- Sowohl Heizung als auch Kühlung profitieren vom Netz

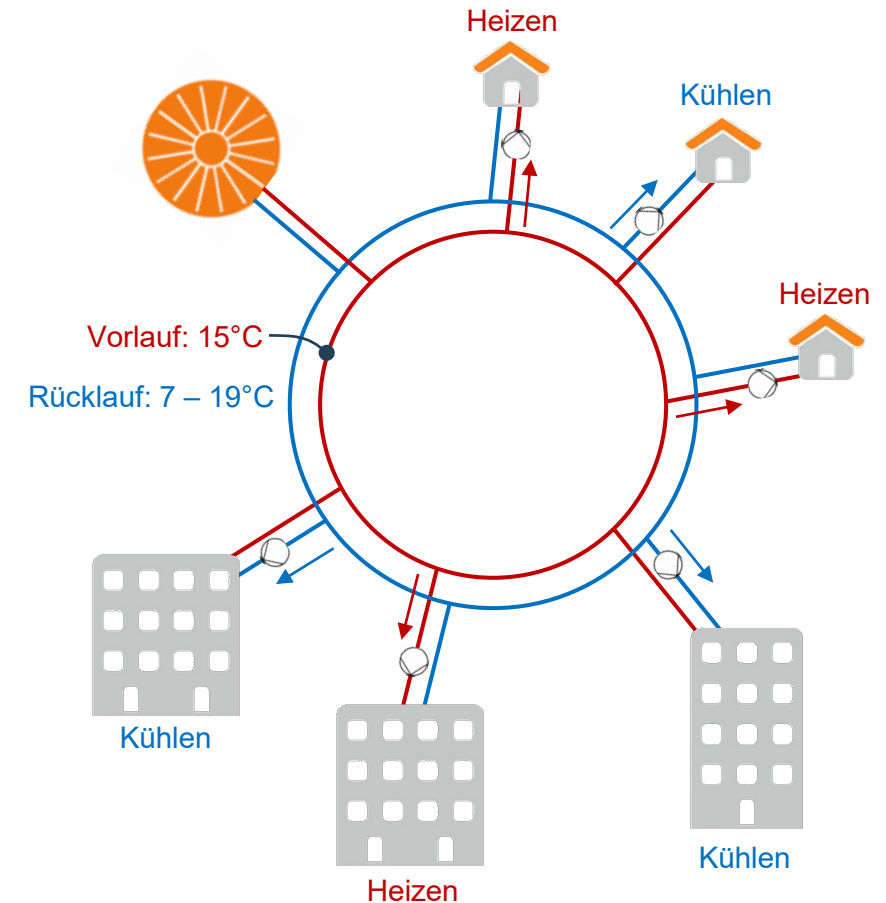


# Einfluss der Temperatur von Wärmeverteilungssystemen in Gebäuden auf die Effizienz von 5GDHC-Netzen

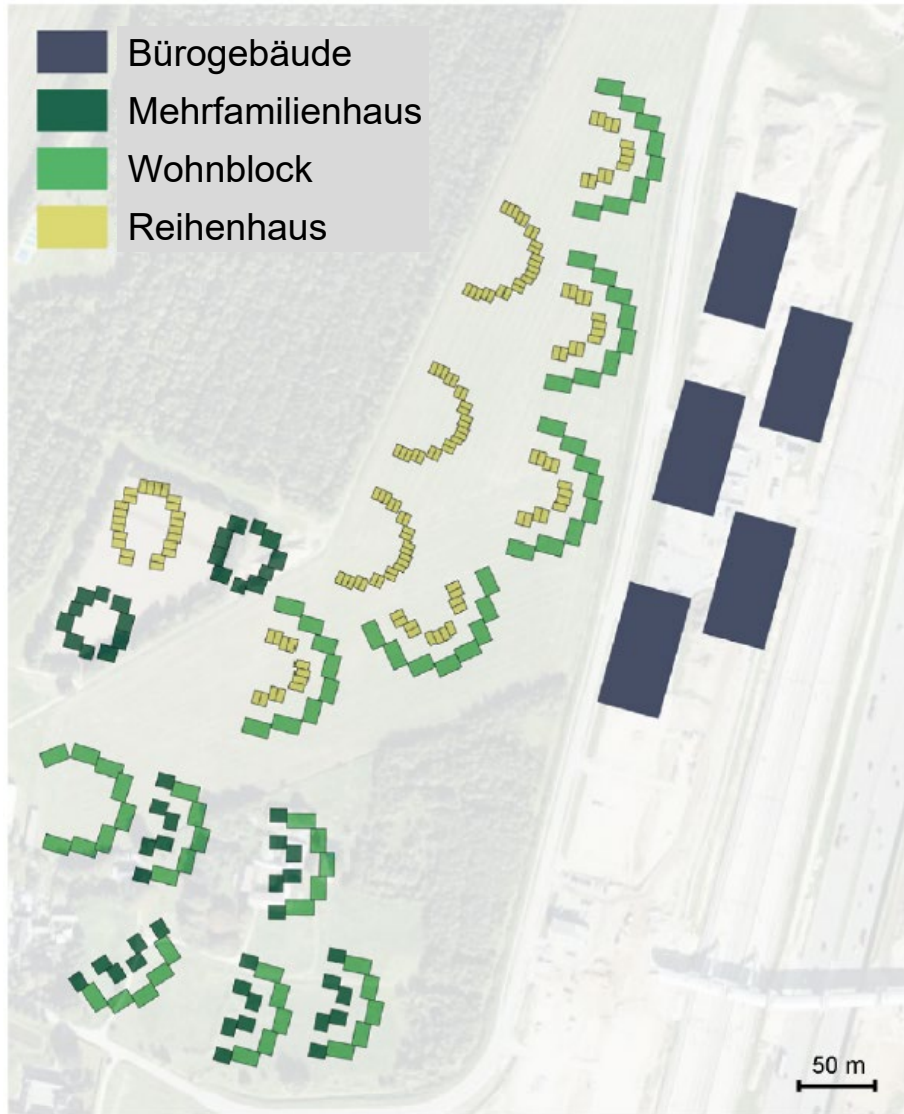
## Neues Gebäudeareal (Køge Nord, Dänemark)



## 5GDHC-Netz

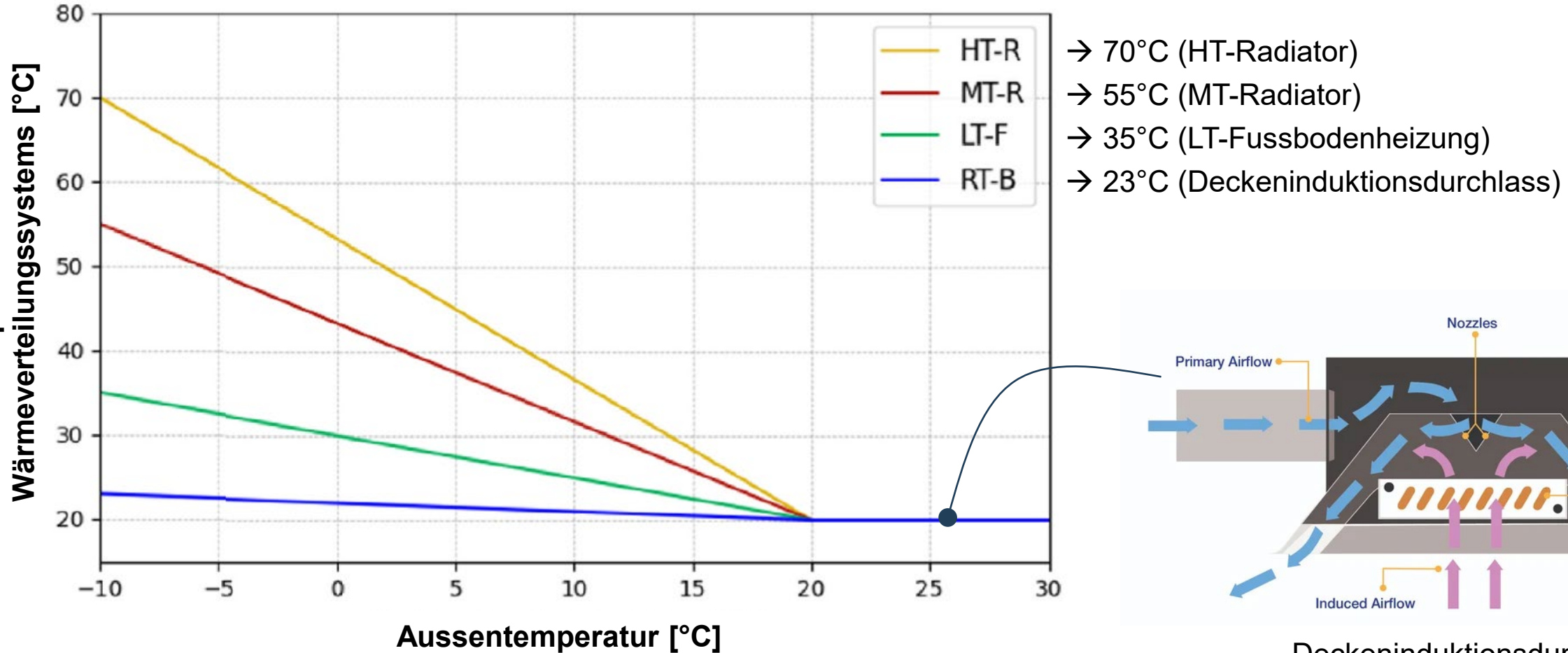


# Gebäudetypologien

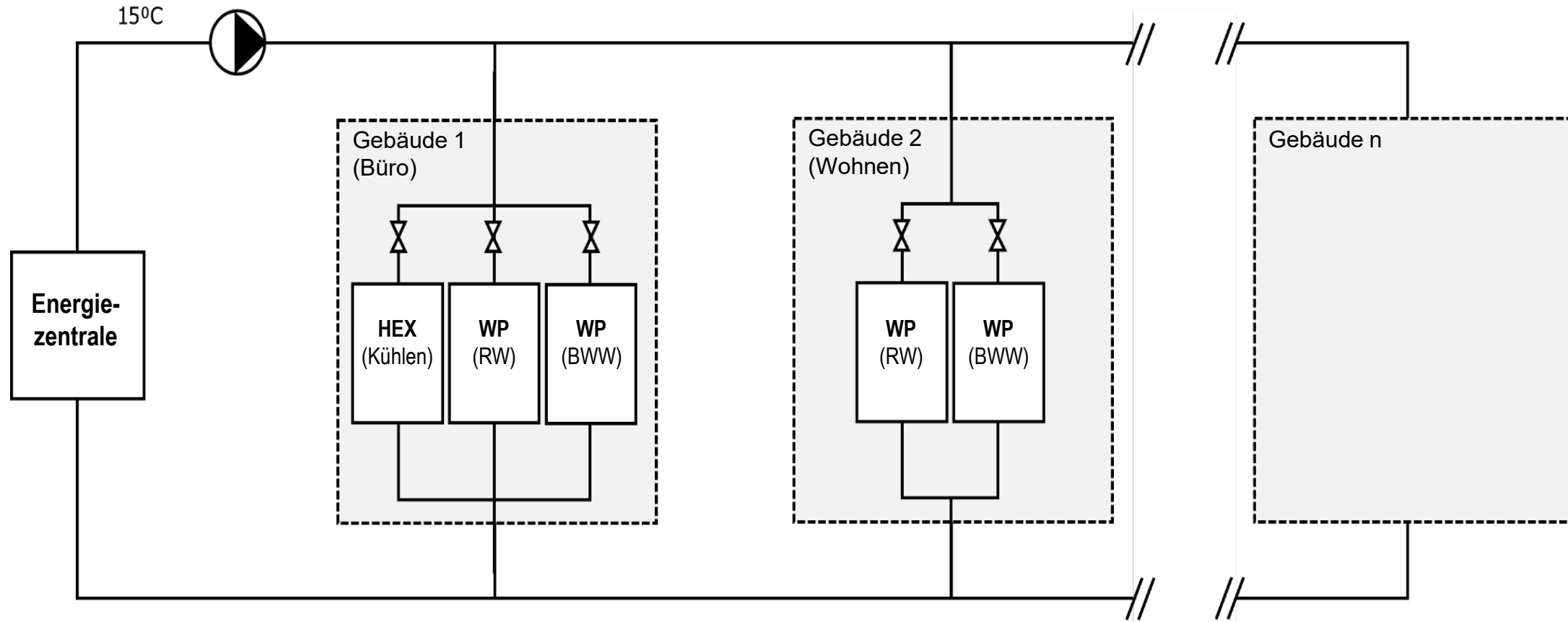


Gebäudetypologie	Anzahl Einheiten	Geschossfläche pro Einheit [m <sup>2</sup> ]	Geschossfläche total [m <sup>2</sup> ]
Bürogebäude	5	10'000	50'000
Mehrfamilienhaus	50	242	12'100
Wohnblock	73	800	58'400
Reihenhaus	153	96	14'688

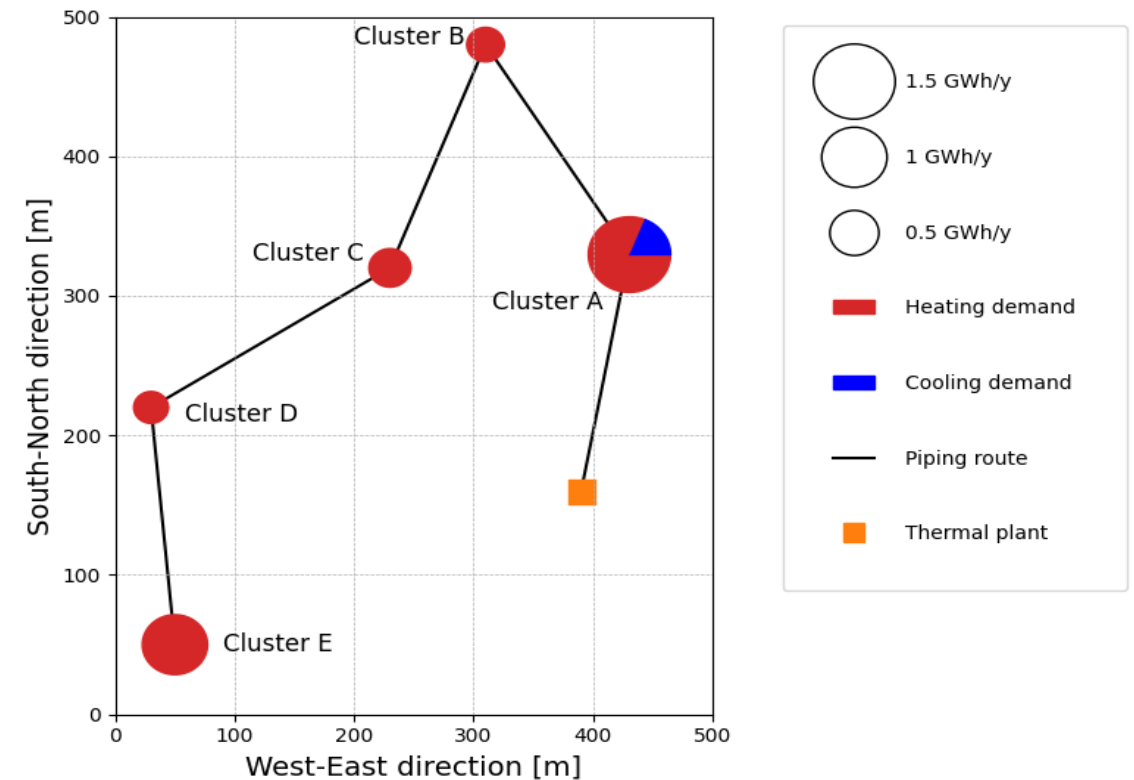
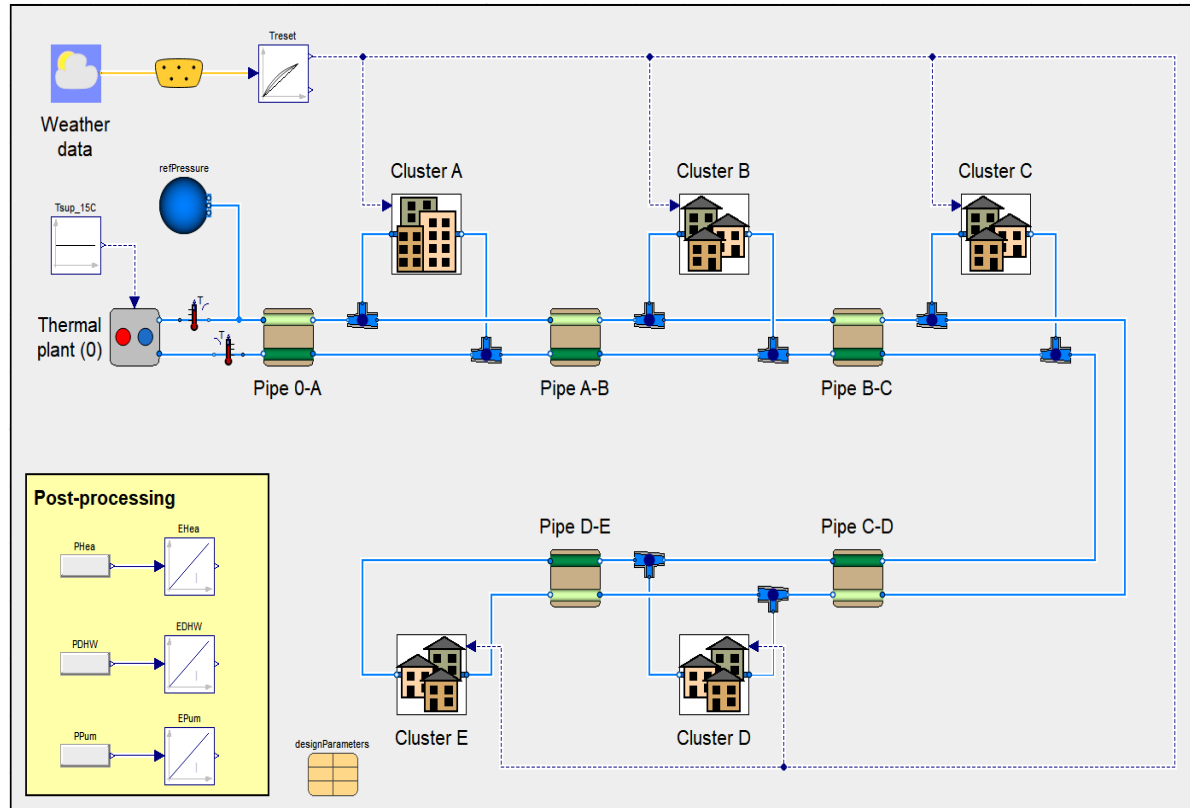
# Wärmeverteilungssysteme



# Layout des 5GDHC-Systems

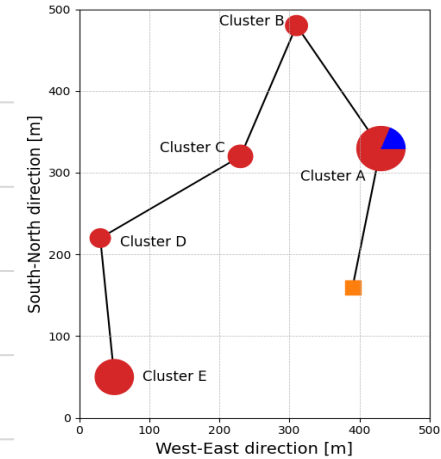
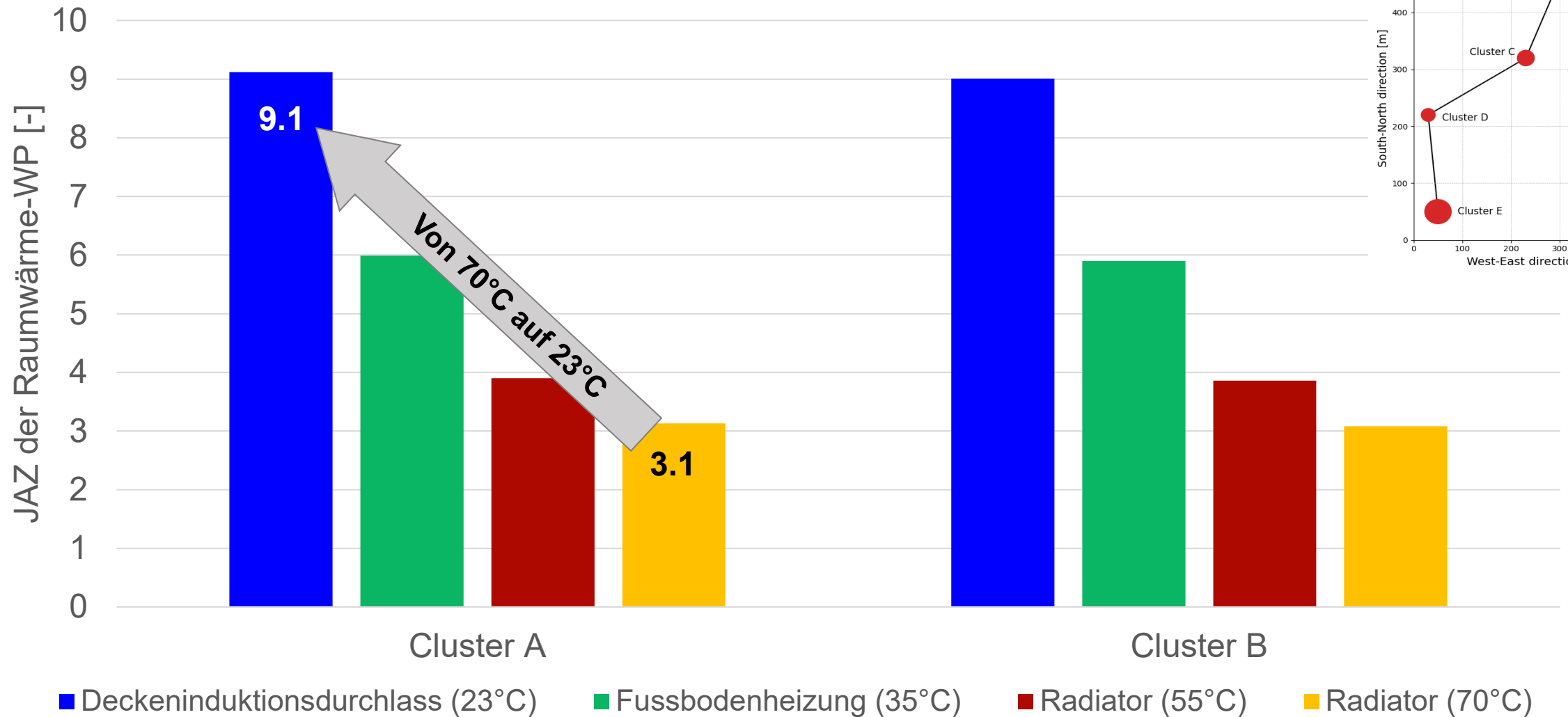


# Dynamisches Modell und Gebäudecluster

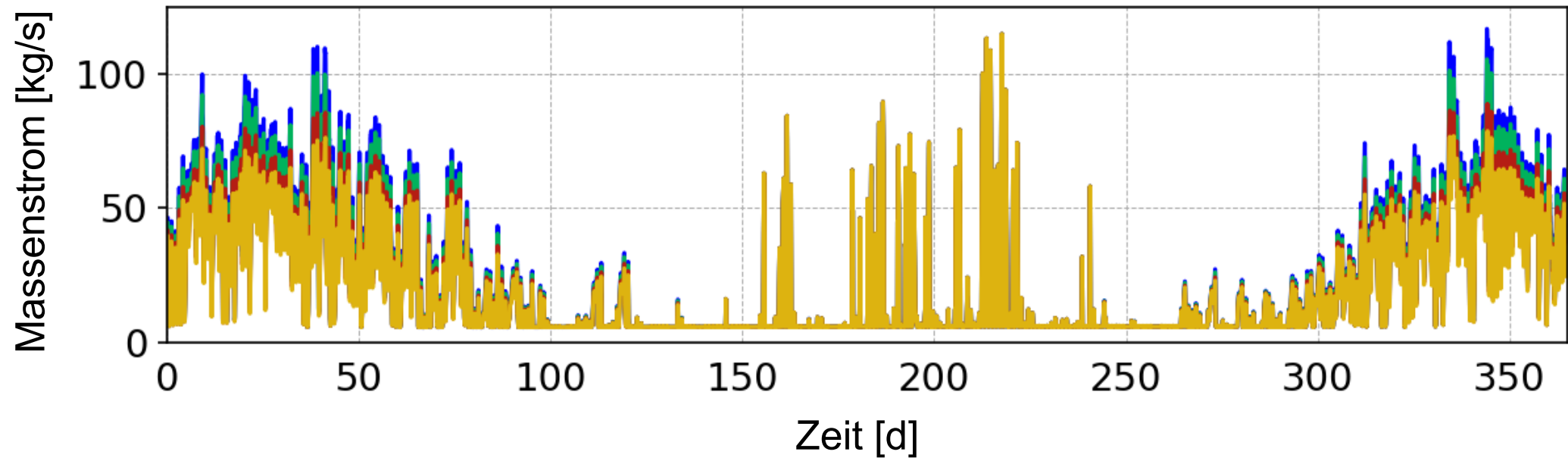




# Ergebnisse: Einfluss der Temperatur des Wärmeverteilungssystems auf die JAZ der Raumwärme-Wärmepumpen



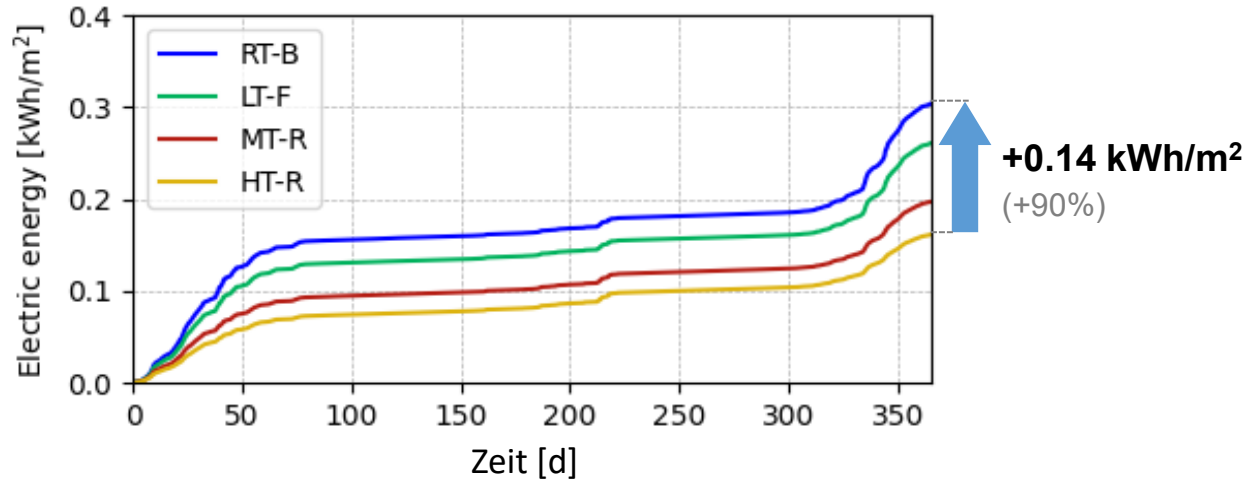
# Ergebnisse: Einfluss der Temperatur des Wärmeverteilungssystems auf den Massenstrom



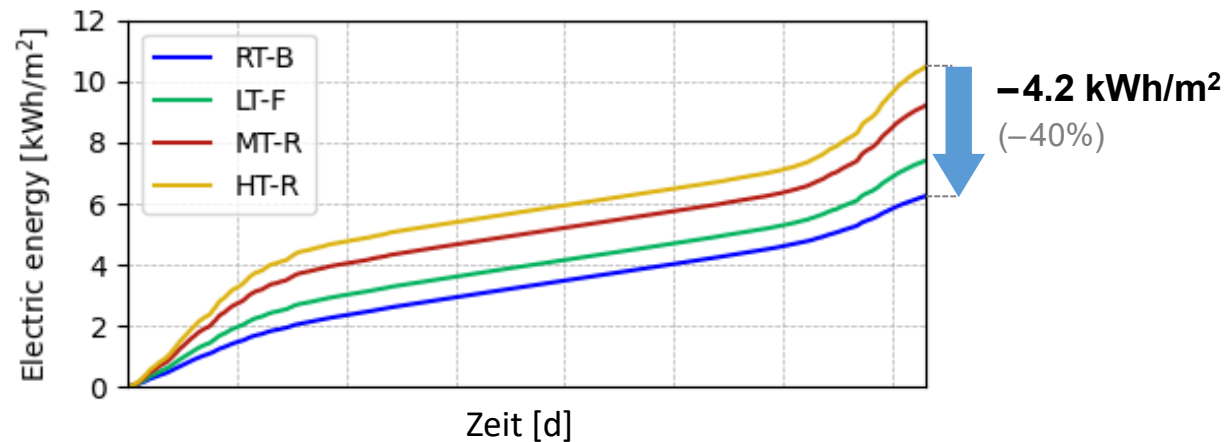
- Deckeninduktionsdurchlass (23°C)
- Fussbodenheizung (35°C)
- Radiator (55°C)
- Radiator (70°C)

# Ergebnisse: Stromverbrauch

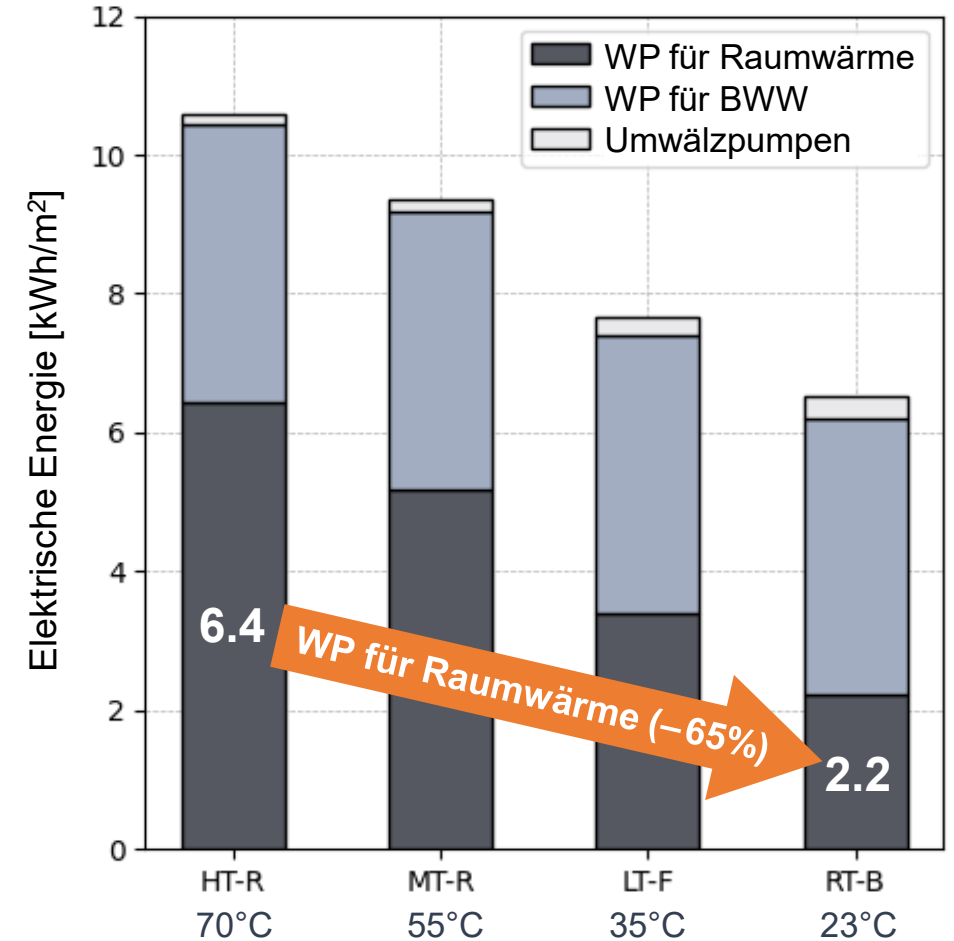
## Kumulierter Stromverbrauch der Umwälzpumpen



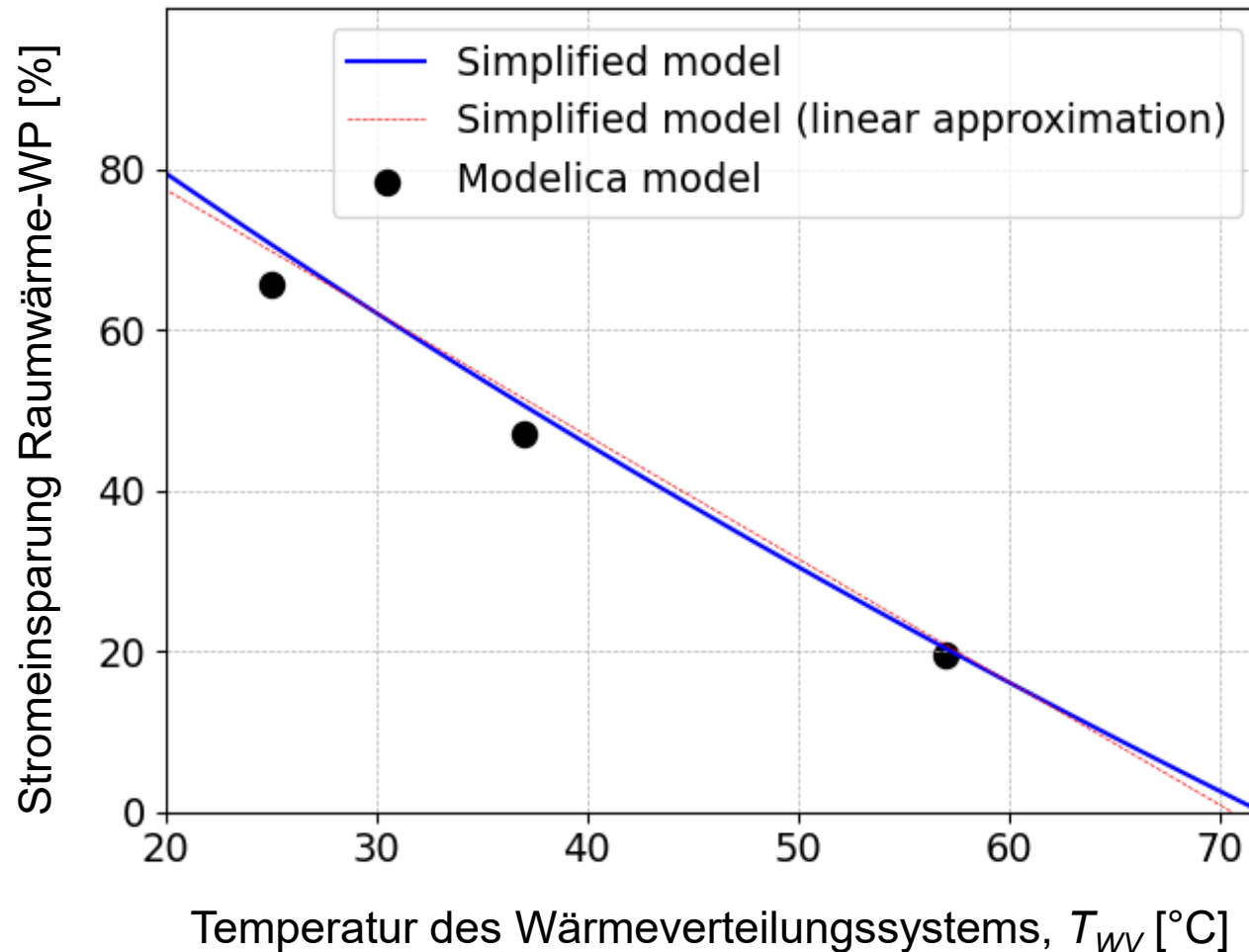
## Kumulierter Stromverbrauch der Wärmepumpen



## Jahresverbrauch elektrischer Energie



# Ergebnisse: Elektrische Energieeinsparungen je nach Wärmeverteilungssystem



$$S_{el,WP} = -1.53 \cdot T_{WV} + 108$$

Für jedes Grad Temperaturabsenkung



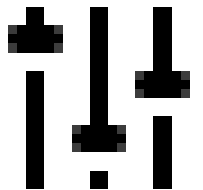
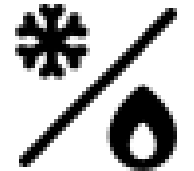
1.5% Stromverbrauch Einsparung

# Schlussfolgerungen



## ▪ **Tools** for konzeptionelles Design

- Zukünftige thermische Netze sollten den **wachsenden Kühlbedarf** decken
- Wie am besten **Geothermie** integrieren?
- **Netzdesign** (1-Rohr, 2-Rohr, 4-Rohr; zentralisiert oder teilweise dezentralisiert?)
- **Temperaturen** der Wärme- und Kälteverteilsysteme
- **Thermische Energiespeicherung** zur Flexibilitätserhöhung (Sektorkopplung)
- Optimierte **Fahrweise** (z. B. variable Netztemperatur?)



## ▪ Erste robuste **Standardlösungen** (Guidelines)

