

# Dynamische Simulation von Fernwärmenetzen

## DHNSim

### District Heating Network Simulations

- Validiertes Tool für dynamische Netzsimulation
- Anwendungsbeispiel Rohralterung

Johannes Zipplies,

Bjarne Jürgens, Janybek Orozaliev, Ulrike Jordan, Klaus Vajen

# Universität Kassel, Fachgebiet Solar- und Anlagentechnik

- Angewandte Forschung und Entwicklung zu thermischen Energiesystemen
- ca. 25 Mitarbeiter:innen, dazu Studierende
- Koordinierung Masterstudiengang „Regenerative Energien und Energieeffizienz“
- Beteiligung an Arbeitsgruppen der internationalen Energieagentur, VDI-Gremien, Beratung von BMWK, usw.



## Fachgebiet Solar- und Anlagentechnik



### Fernwärme & kommunale Wärmeplanung

- **Netzmodellierung**
- Wärmekataster
- Erzeugerstrategie
- Quartiere: Neubau & Bestand
- Saisonale Erdbeckenspeicher

### Bereich Prozesswärme

- Integration von Wärmepumpen & Solarthermie in Industrie und Gewerbe
- Energieeffizienz in der Industrie
- Gasdruck-Regelanlagen
- Lastprofilanalyse

### Fehlerdiagnose

- System-optimierung
- automatisierte Fehlerdetektion

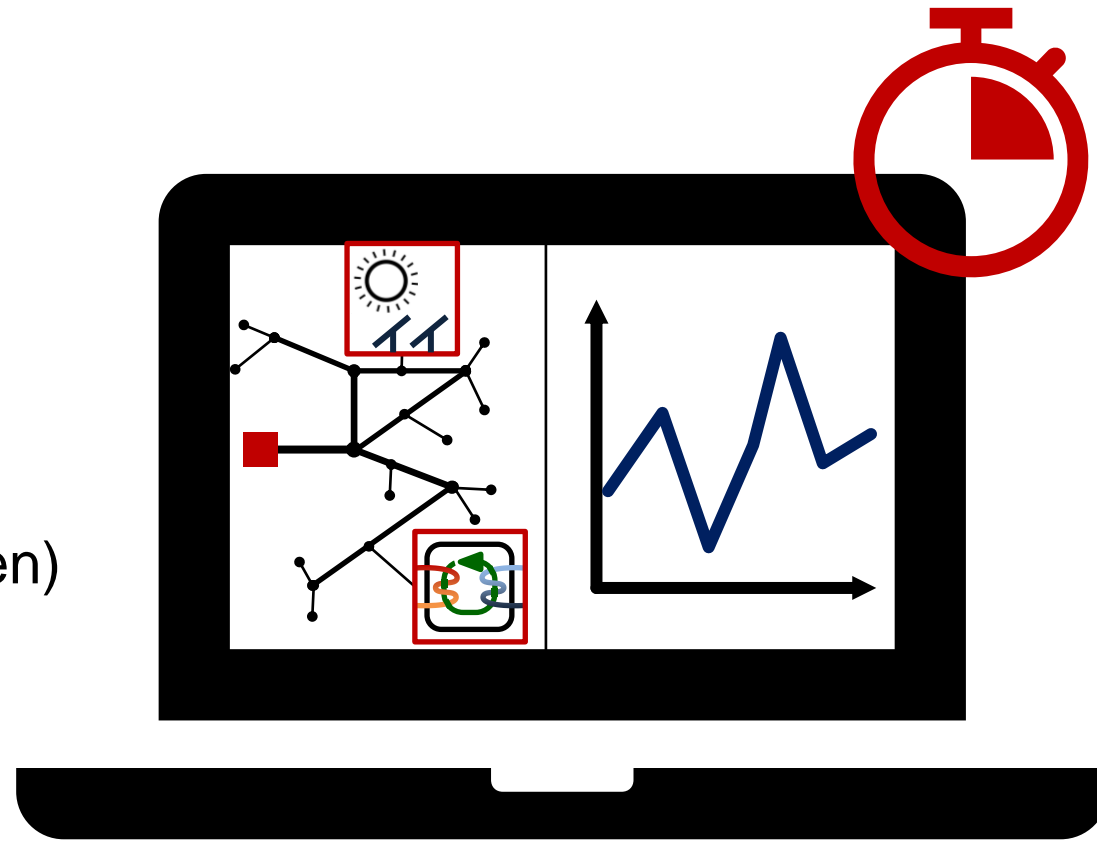
### Sorptionsprozesse

- Offene Flüssig-sorptionsanlagen
- Sorptionsrotoren

# Einleitung

**Motivation:** Herausforderungen durch die Transformation von Fernwärmenetzen, u.a.:

- Dezentrale Einspeisung
  - Fluktuierende erneuerbare Wärmequellen
- ⇒ Mehr dynamische Prozesse im Wärmenetz (z.B. Strömungsumkehr, kalte und warme Pfropfen)
- ⇒ Auswirkungen auf Effizienz, Lebensdauer und Betriebsstrategien müssen untersucht werden



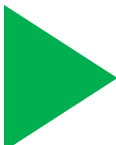
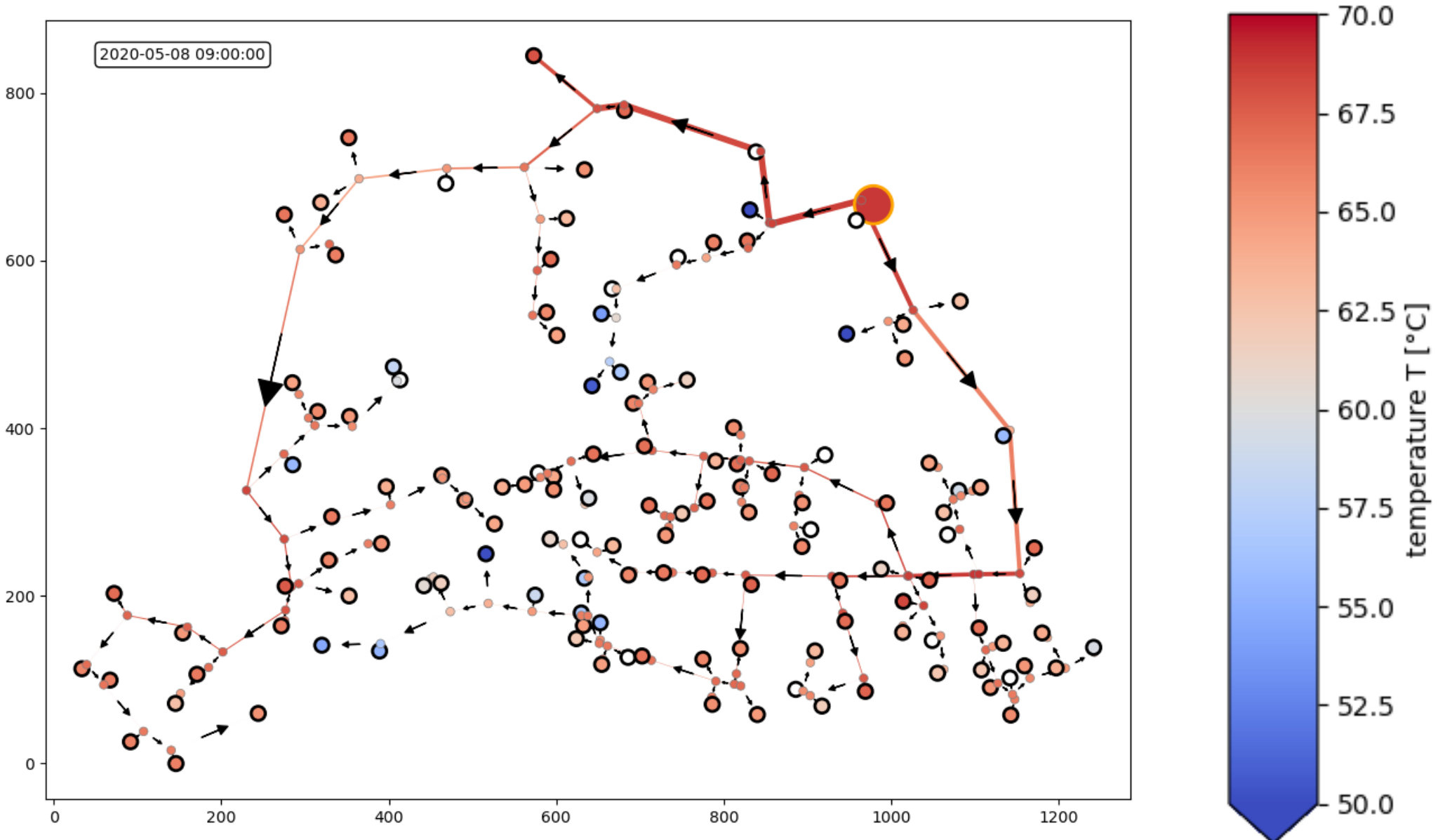
**DHNSim** bietet:

- Effiziente dynamische thermo-hydraulische Modelle
- Jahressimulationen
- Hohe räumliche und zeitliche Auflösung

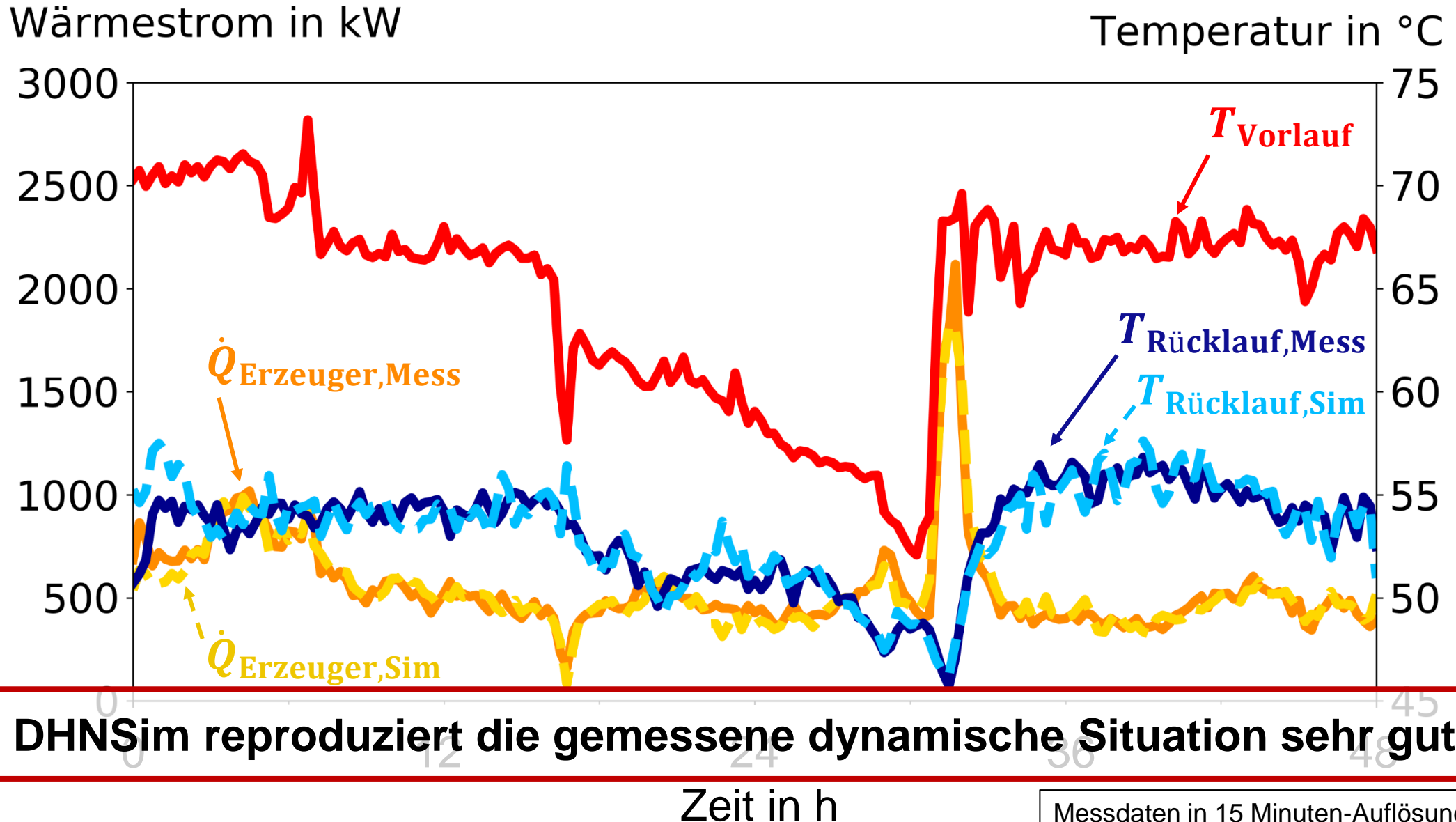
Modelica  
Language

**Dymola**

# Beispiel: Simulation einer Temperaturwelle



# Validierung: Beispiel Steiler Temperaturanstieg



Messdaten in 15 Minuten-Auflösung aus Wärmernetz mit ca. 200 Abnehmern

Nach wie vielen Zyklen ist mit einem Schaden zu rechnen? → DIN EN 13941-1

Zahl  $N_0$  der Temperaturvolllastwechsel (VLW) mit äquivalenter Belastung:

$$N_0 = \sum_i n_i \left( \frac{\Delta T_i}{\Delta T_0} \right)^4$$

$n_i$  - Zahl der Zyklen mit Temperaturdifferenz  $\Delta T_i$

1 Zyklus mit  $\Delta T_0 = 110$  K

≙

≈ 900 Zyklen mit  $\Delta T = 20$  K

≙

≈ 200.000 Zyklen mit  $\Delta T = 5$  K

Rohre müssen bestimmte Anzahl VLW ertragen können, z.B. Transportleitungen:  $N_0 \leq 100$

**Zur Ermittlung der Rohralterung müssen alle im Lauf der Zeit auftretenden Temperaturschwankungen berücksichtigt werden.**

# Beispielhafte Simulationsstudie zur Rohralterung

Referenzfall

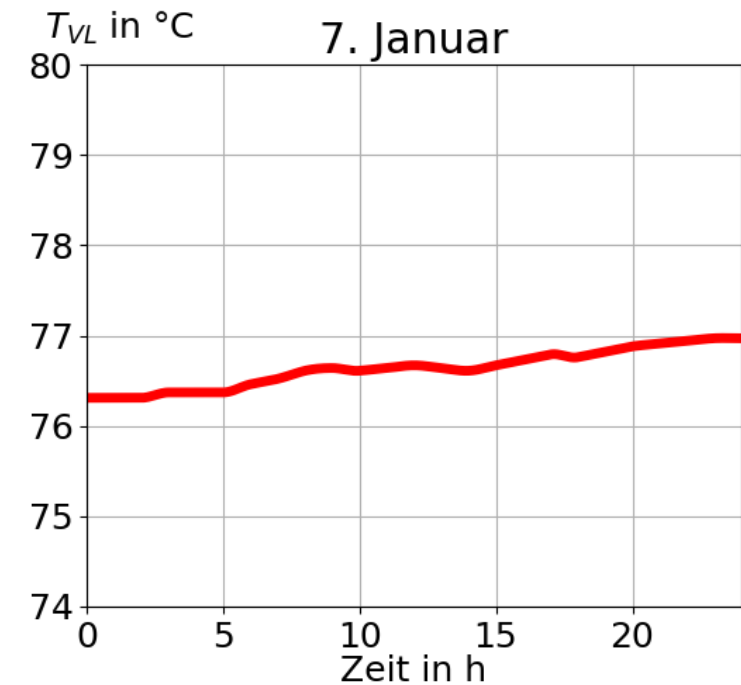
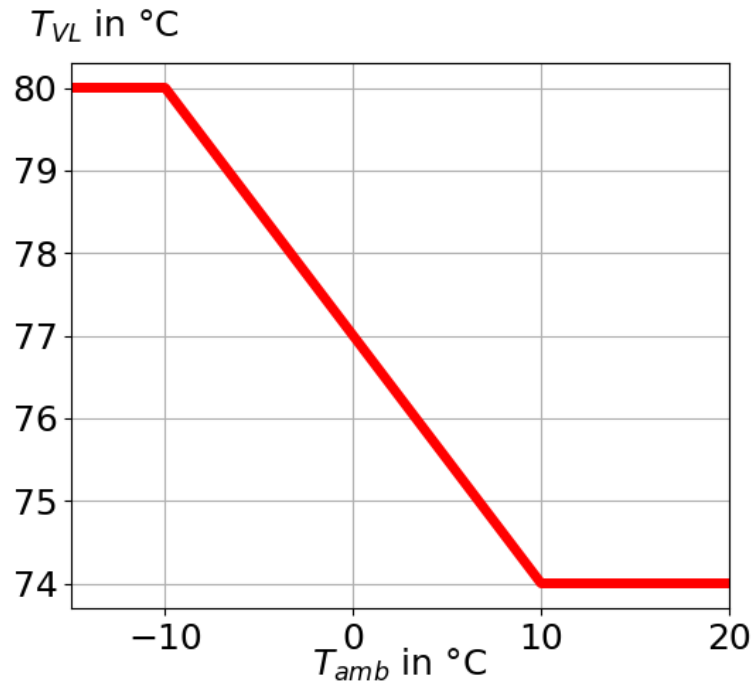
Geänderte  
Netzfahrkurve

Lastspitzen-  
glättung

Pulsierender  
Betrieb

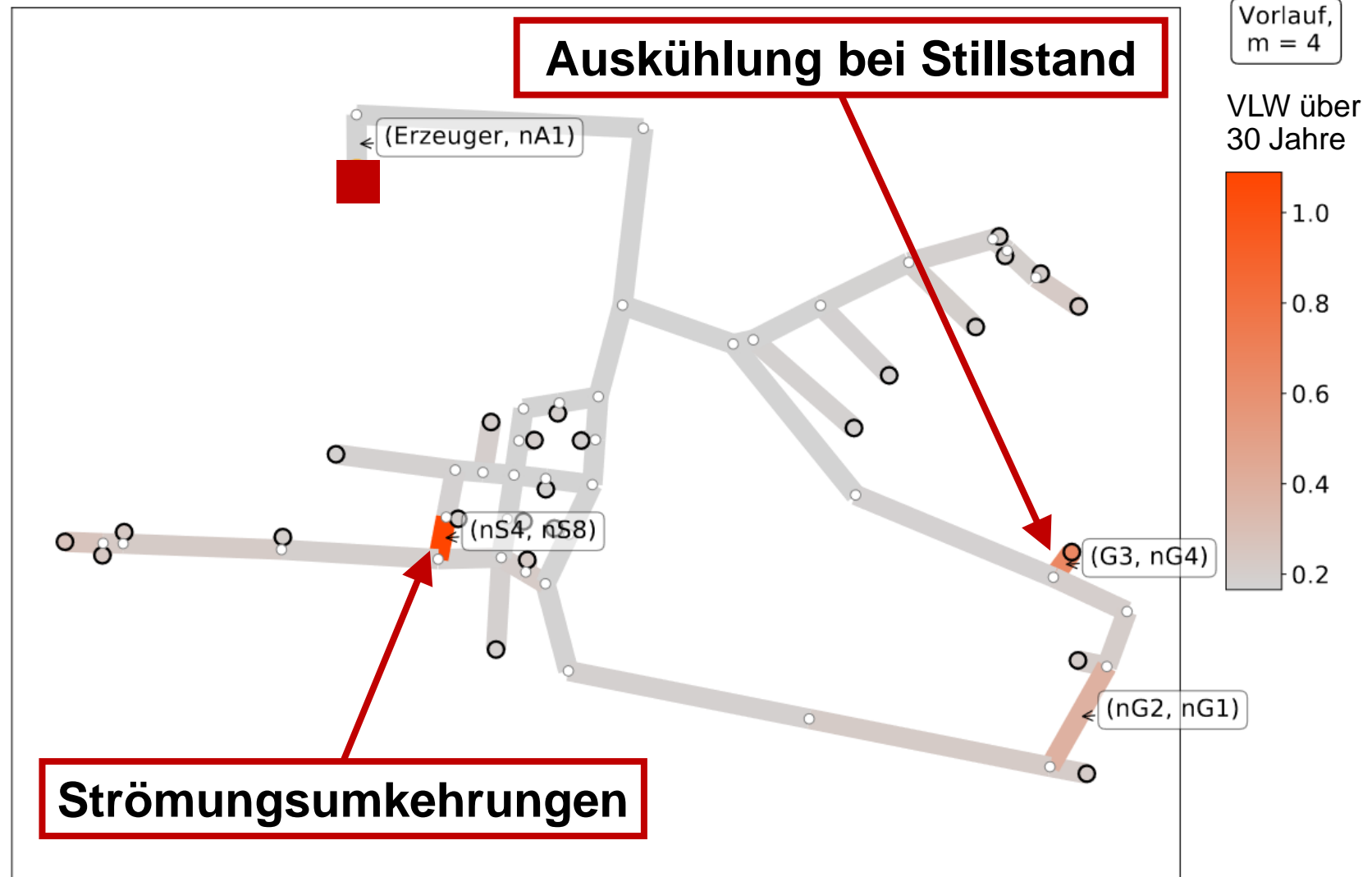
Methodik:

1. Erstellung Netzmodell
2. Erstellung Lastprofile
3. Definition Temperaturfahrkurve
4. Annahmen zu Rücklauftemperaturen
5. **Jahressimulation des Wärmenetzes**



# Ergebnisse – Referenzfall, Rohrbelastung im Vorlauf

- Überall sehr geringe Belastungen (sehr flache Netzfahrkurve)
- DHNSim identifiziert lokale, abweichende Belastungen (Ursache: dynamische Effekte)





# Geänderte Betriebsstrategie: pulsierender Betrieb

Referenzfall

Geänderte  
Netzfahrkurve

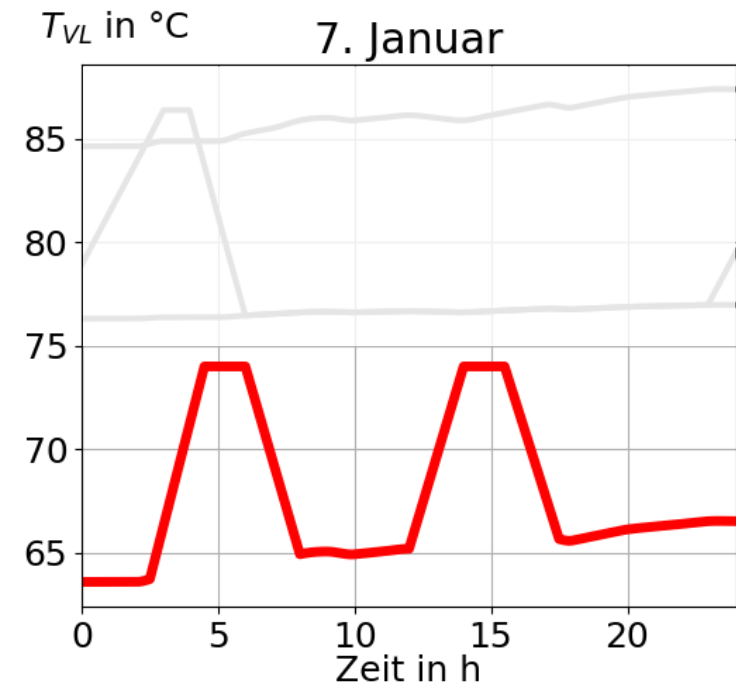
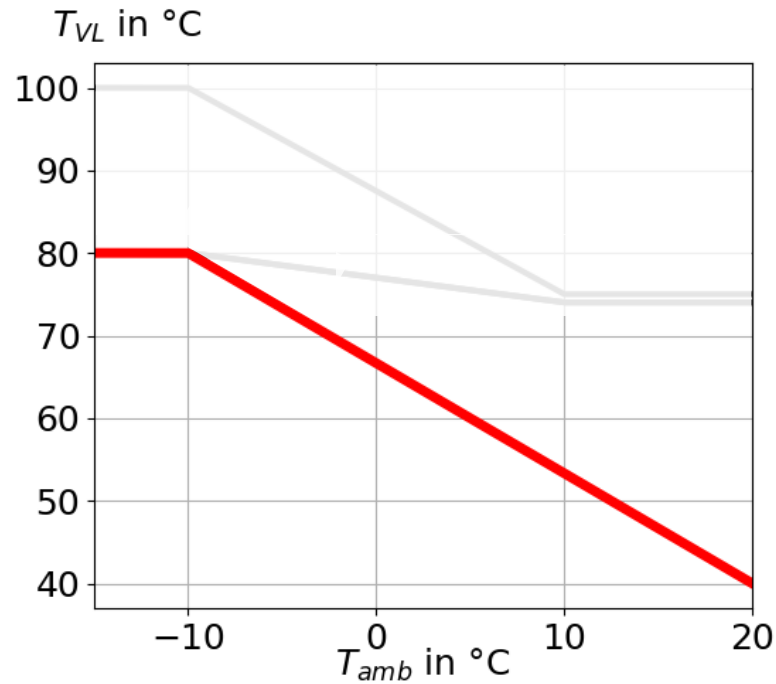
Lastspitzen-  
glättung

Pulsierender  
Betrieb

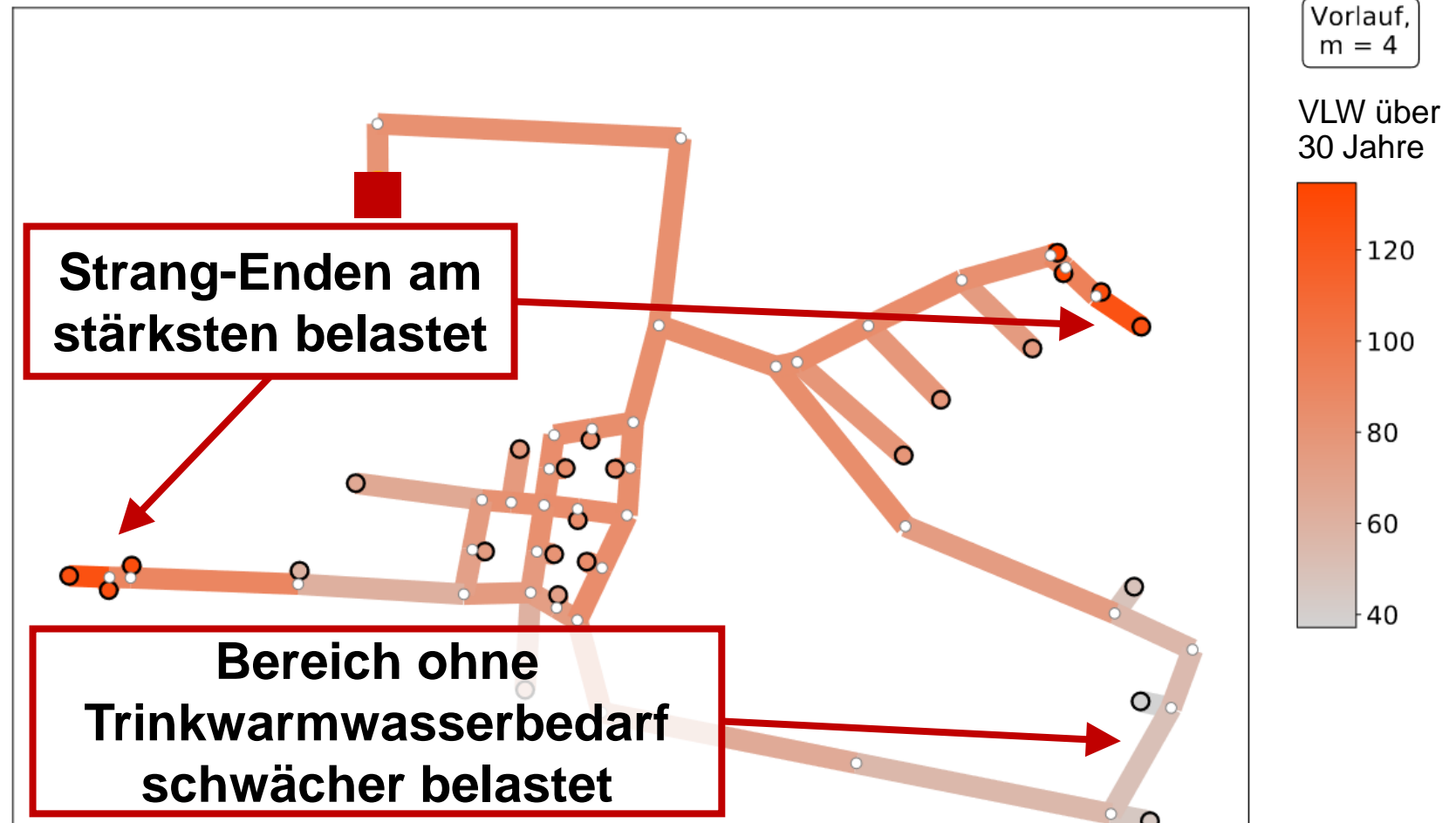
## Betriebsstrategie:

- Dezentrale Trinkwarmwasserspeicher zweimal täglich laden
- dazwischen Netzbetrieb mit möglichst geringer Vorlauftemperatur (entsprechend Anforderungen Heizbetrieb)

**Ziel: Verringerung der Wärmeverluste im Netz**



- Belastungen durch die Temperaturpulse im kritischen Bereich
- Am Erzeuger werden durch die Fahrweise 82 VLW über 30 Jahre eingebracht
- Im Netz teils deutlich abweichende Werte (40 - 120 VLW) aufgrund dynamischer Effekte

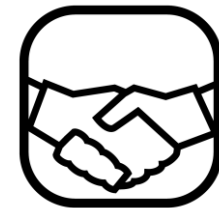


**DHNSim ermöglicht die Ermittlung der Rohralterung aufgrund von Temperaturschwankungen durch dynamische Simulation eines ganzen Betriebsjahrs bei hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung.**

## DHNSim:

- Dynamische thermo-hydraulische Simulation
- Detaillierte Simulation von Wärmenetzen für ganzes Betriebsjahr
- Validiert anhand Messdaten
- Auswertungsroutinen, z.B. Rohralterung durch Temperaturschwankungen
- Flexibel für neue Fragestellungen aus der Forschung und Praxis

**Weiterentwicklung und Open-Source Veröffentlichung geplant.**



Fachgebiet Solar- und Anlagentechnik  
**Universität Kassel**  
**Institut für Thermische Energietechnik**  
Kurt-Wolters-Str. 3, 34125 Kassel  
[www.solar.uni-kassel.de](http://www.solar.uni-kassel.de)

**M.Sc. Johannes Zipplies**  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Tel.: +49 561 804 2508  
[j.zipplies@uni-kassel.de](mailto:j.zipplies@uni-kassel.de)