

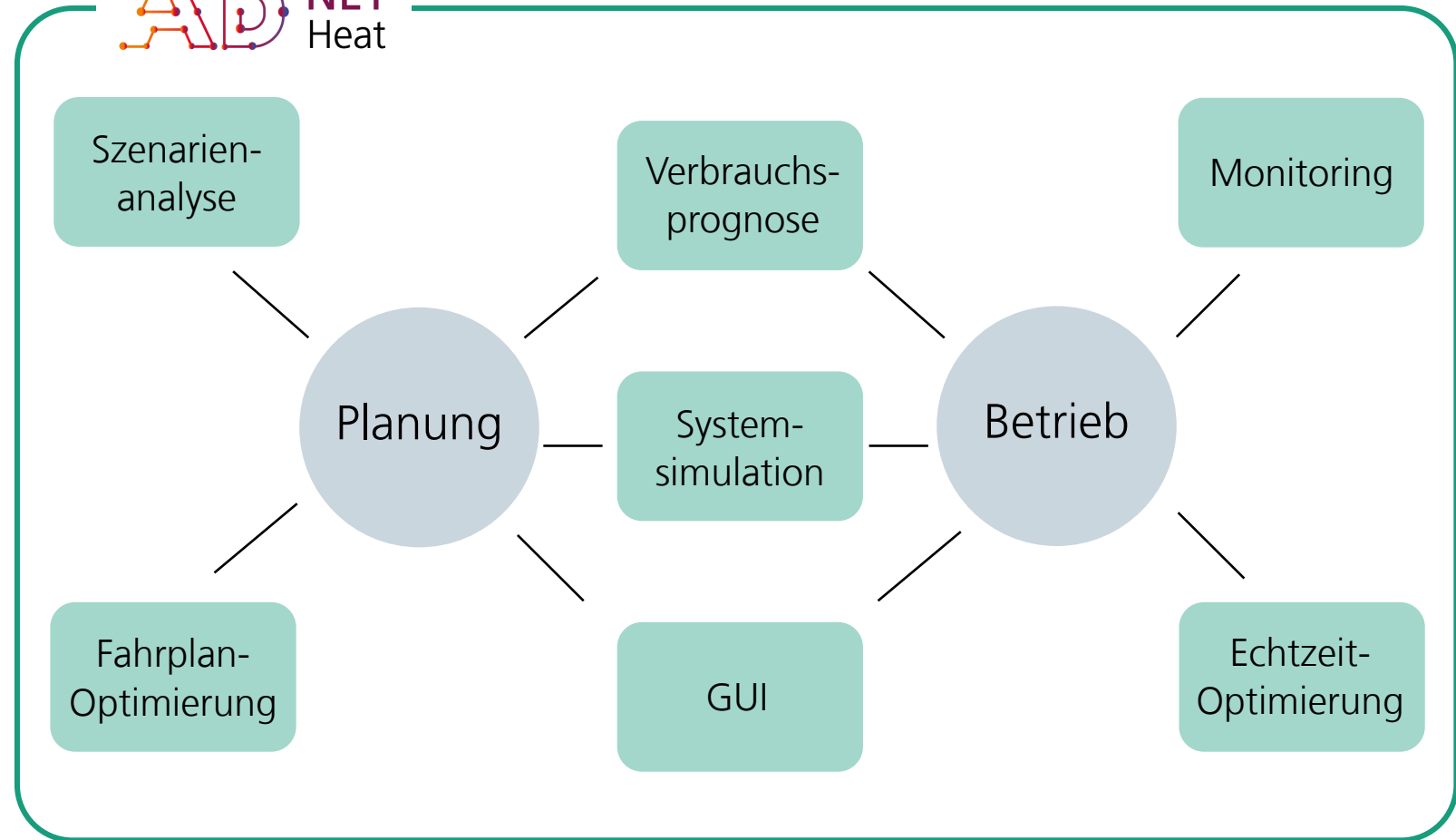


# Digitaler Zwilling für die Fernwärme – Monitoring und Optimierung von Wärmenetzen

---

Johanna Heidrich, Dr. Jan Mohring, Dr. Norbert Siedow,  
Dr. Matthias Eimer, Dr. Jaroslaw Wlazlo

# Softwarelösung *AD Net Heat* – Mathematik statt Hardware



$$\begin{aligned} T(\xi) &= \frac{\partial}{\partial \theta} \int_{R_n} T(x) f(x, \theta) dx = \int_{R_n} \frac{\partial}{\partial \theta} T(x) f(x, \theta) dx \\ f_{a, \sigma^2}(\xi_1) &= \frac{(\xi_1 - a)}{\sigma^2} f_{a, \sigma^2}(\xi_1) = \sqrt{2\pi} \\ \frac{\partial}{\partial \theta} f(x, \theta) dx &= M \left( T(\xi) \cdot \frac{\partial}{\partial \theta} \ln L(\xi, \theta) \right) \\ \frac{\partial}{\partial \theta} \ln L(x, \theta) \cdot f(x, \theta) dx &= \int_{R_n} T(x) \cdot \left( \frac{\partial}{\partial \theta} \ln L(x, \theta) \right) \cdot f(x, \theta) dx \\ T(\xi) &= \frac{\partial}{\partial \theta} \int_{R_n} T(x) f(x, \theta) dx = \int_{R_n} \frac{\partial}{\partial \theta} T(x) f(x, \theta) dx \end{aligned}$$

# Mathematisches Modell eines Fernwärmenetzes

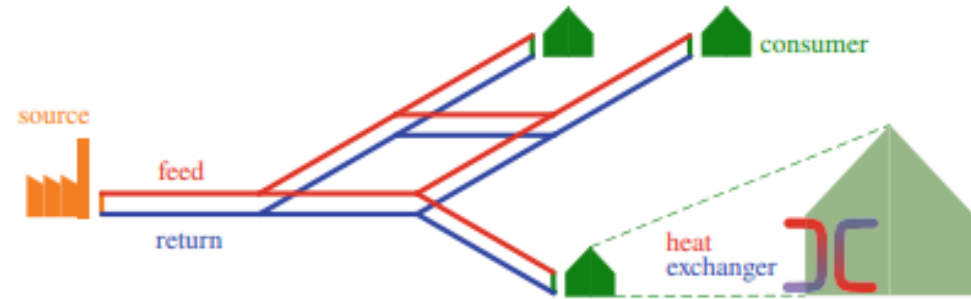
Modelle für Leitungen, Verbraucher, Quellen ...

Leitungen: Inkompressible Euler Gleichungen

$$\partial_x v = 0$$

$$\rho \partial_t v + \partial_x p = f(\rho, v)$$

$$\partial_t e + v \partial_x e = S(e)$$



Verbraucher: Modell als Randbedingung

$$Q(t) = v(t) \cdot (e(0, t) - e_{return})$$

Quelle: Randbedingung

$$e(1, t) = e_0(t), p(1, t) = p_{in}^s(t), p(0, t) = p_{out}^s(t)$$

J. Mohring, D. Linn, M. Eimer and N. Siedow: District Heating Networks - Dynamic Simulation and Optimal Operation, S. Göttlich, M. Herty and A. Milde: *Mathematical Modeling, Simulation and Optimization for Power Engineering and Management*, Springer Nature, 303--325, 2021.

# Softwarelösung *AD Net Heat*

Dynamische Simulation für die Netze von morgen

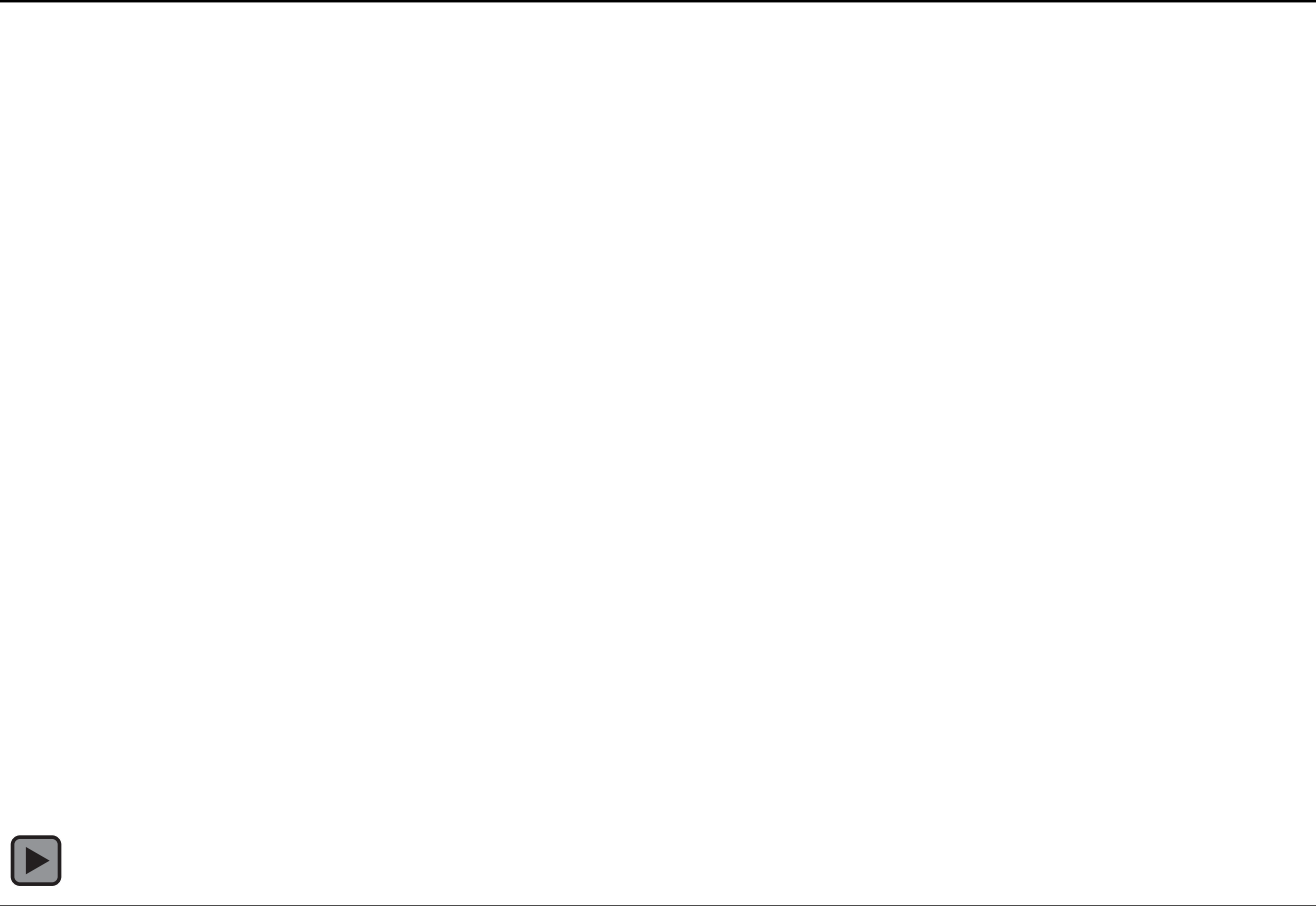
---

## Modellierte Effekte

- Temperaturtransport mit Abkühlung
- Druckverluste durch Reibung, Einbauten
- Flussumkehr in Netzen mit Maschen

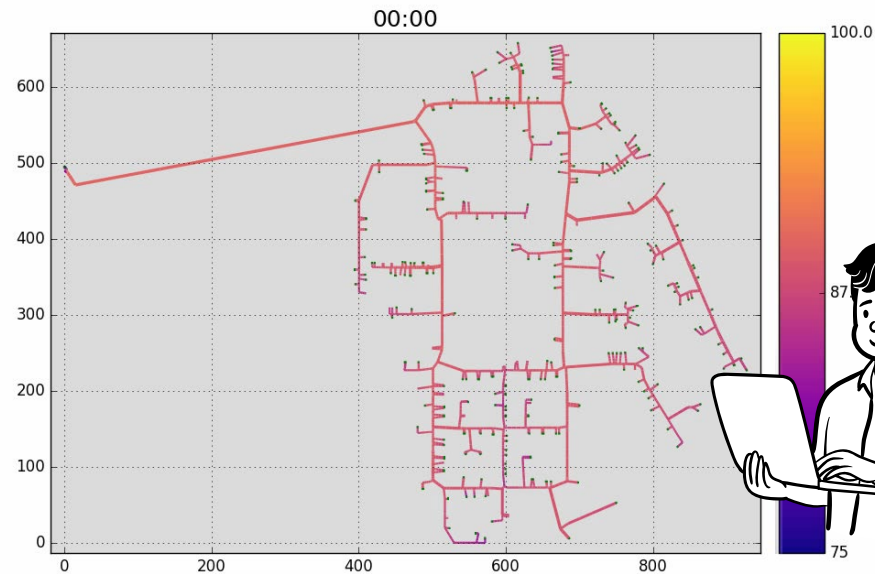
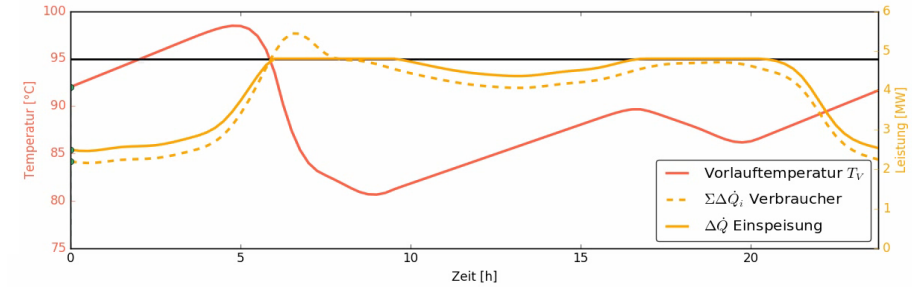
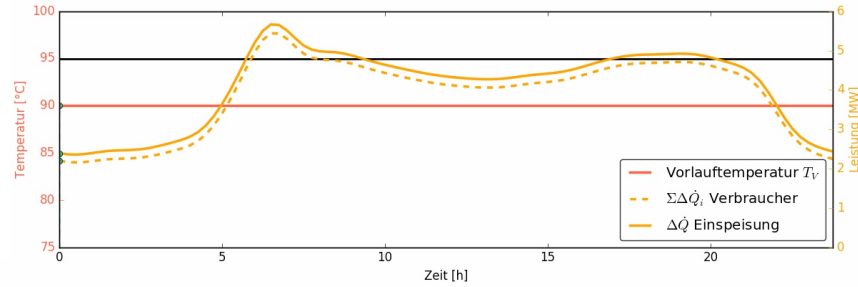
## Prinzip: C++ Rechenkern *AD Net*

- erlaubt schnelle dynamische Simulation
- liefert Werte und Gradienten von Zielgrößen und Nebenbedingungen für Optimierer

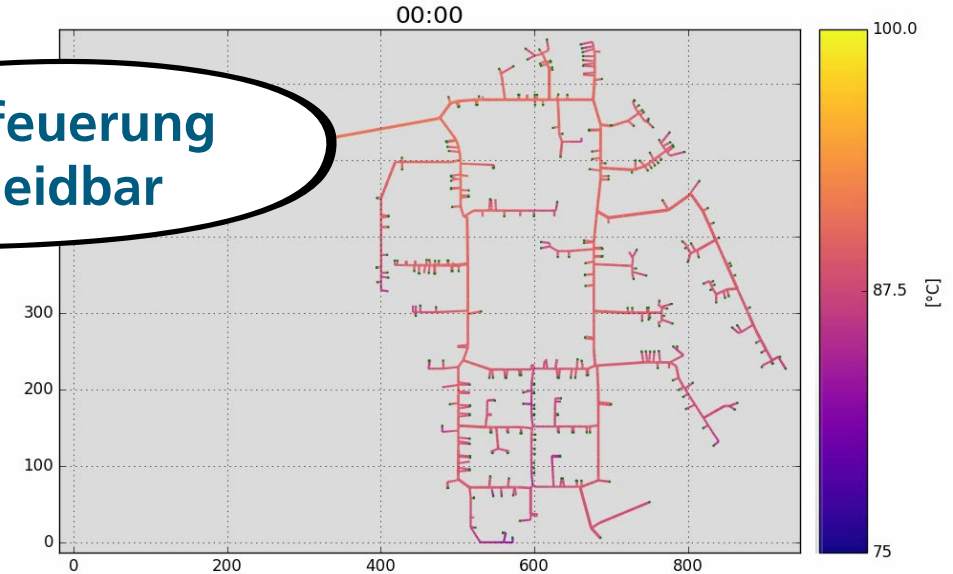


# AD Net Heat – Einsatzgebiet »Betrieboptimierung«

Prinzip: Minimierung der Zusatzfeuerung



Zusatzfeuerung  
vermeidbar

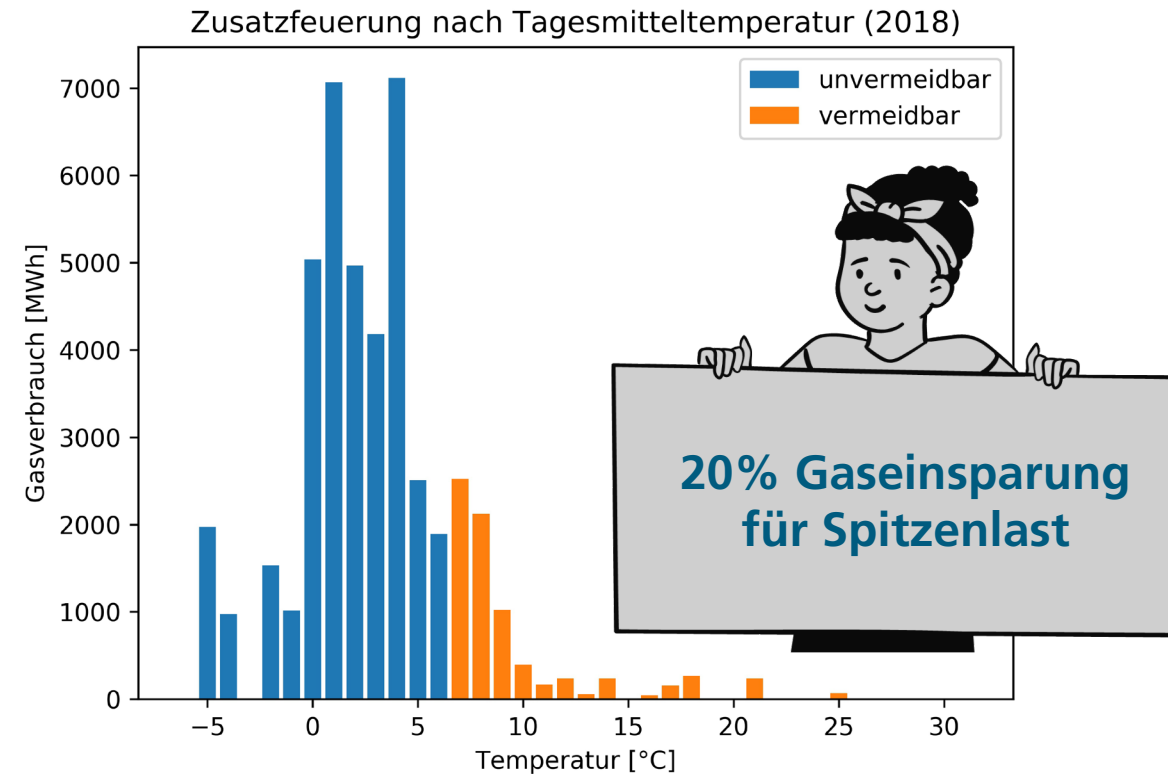
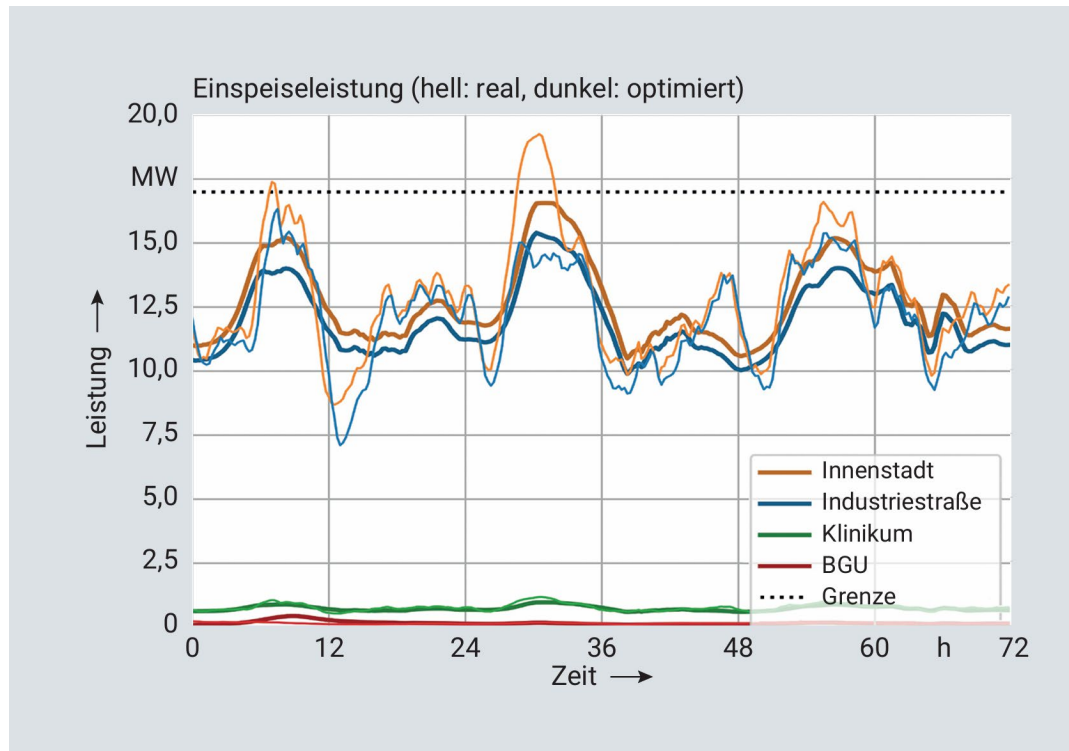


Standardbetrieb: Konstante Einspeisetemperatur

Optimierter Betrieb: Variable Einspeisetemperatur

# AD Net Heat – Einsatzgebiet »Betrieboptimierung«

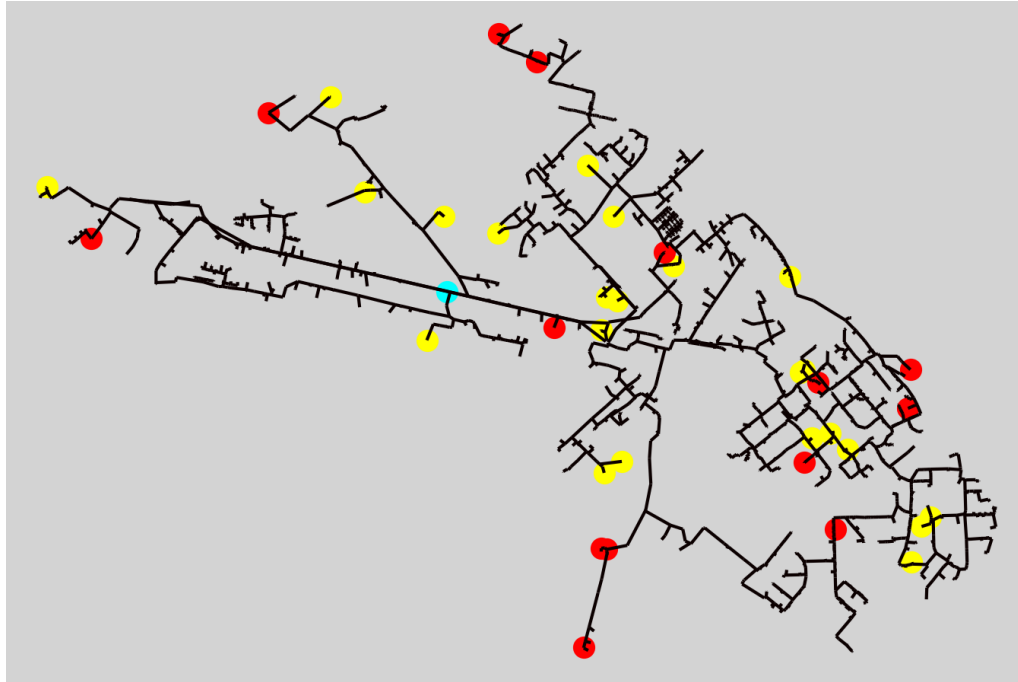
Minimierung der Zusatzfeuerung im Innenstadtnetz TWL



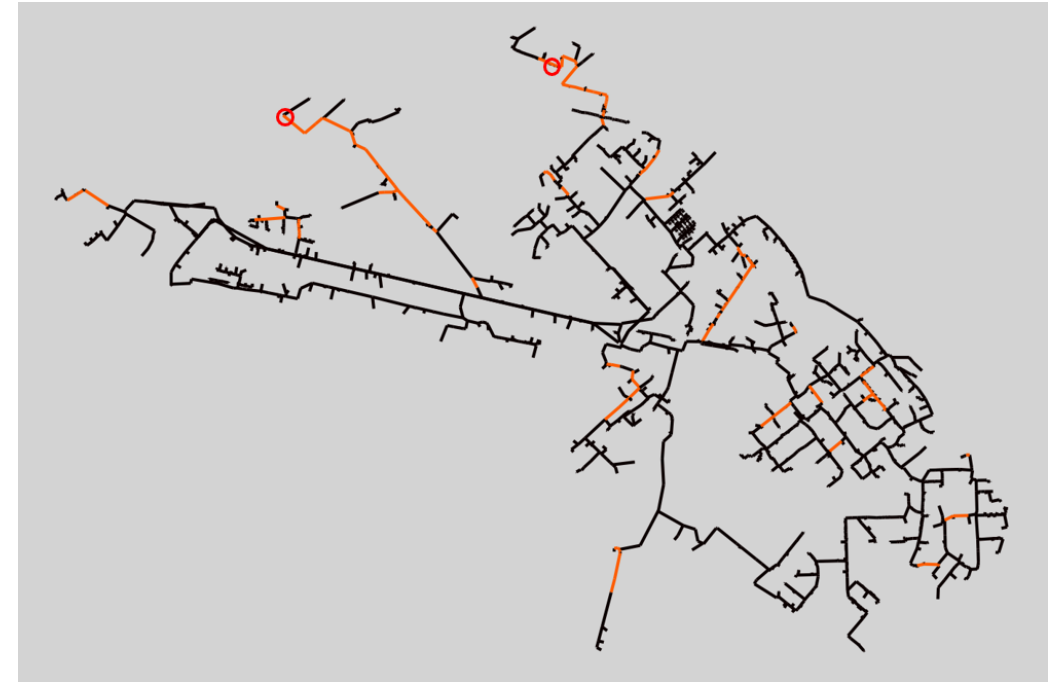
J. Mohring, N. Siedow, M. Heidenbluth, T. Brüggemann: Dynamische Fernwärme-Netzsimulation in der Kraftwerkseinsatzoptimierung, EUROHEAT&POWER, 2021.

# AD Net Heat – Einsatzgebiet »Monitoring des Live-Betriebs«

Studie »Optimale Sensorplatzierung zur Identifikation von Modellparametern«



Fernwärmenetz der TWL: Optimale Sensorplatzierung (Rot: im Vorlauf, Cyan: im Rücklauf) zur Ermittlung von 12 verschiedenen Wärmeübergangskoeffizienten der Leitungen, sofern auf die Daten vorhandener Messstellen bei den Verbrauchern (Gelb) zugegriffen werden kann.



Fernwärmenetz der TWL: Orange Einfärbung aller Leitungen im Vorlauf, in denen der am häufigsten vorkommende Wärmeübergangskoeffizient 0,74 auftritt, der genauer zu bestimmen ist. Rote Kreise markieren die identifizierten optimalen Sensorpositionen im Vorlauf, die an solche Leitungen angrenzen.

# AD Net Heat – Einsatzgebiet »Monitoring des Live-Betriebs«

Digitaler Zwilling des Innenstadtnetzes TWL

---

## Digitaler Zwilling

- Zeitlich und räumlich hochaufgelöste Überwachung des aktuellen Netzzustandes (Verteilung von Temperatur, Druck, Druckabfall, Fließgeschwindigkeit, Masse- und Energiefluss)
- Abgleich mit Live-Messwerten zur Störungserkennung
- Überwachung kritischer Werte
- Darstellung zukünftiger Zustände bei gegebener Fahrweise
- Geringe Sensorabdeckung ausreichend für Monitoring wegen modellbasiertem Ansatz





# Kontakt

---

**Johanna Heidrich**  
**Abteilung »Transportvorgänge«**  
**Tel. +49 631 31600-4632**  
**[johanna.heidrich@itwm.fraunhofer.de](mailto:johanna.heidrich@itwm.fraunhofer.de)**

Fraunhofer ITWM  
Fraunhofer-Platz 1  
67663 Kaiserslautern  
[www.itwm.fraunhofer.de](http://www.itwm.fraunhofer.de)