

Modellgestützte Untersuchung optimaler Betriebsstrategien für kalte Nahwärmenetze

Quartier Linnich-Süd · Systemmodell in TransiEnt / Dymola

Annika Heyer · Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.

Tino Etzold · GELSENWASSER AG / Digitale Infrastruktur

Weitere Autoren: Jörn Benthin, Stefanie Douve, Elina Martens, Amin Nouri, Christian Ontyd

ThermoSim · 22. September 2026

Gelsenwasser-Konzern (Stand 2025)



GWl – Das Energie-Institut in Essen

Als unabhängiges Forschungsinstitut entwickelt das GWl integrierte Lösungen für ein zukunftsfähiges Energiesystem – von der Erzeugung über Infrastrukturen bis zur Anwendung, ob im Quartier oder in industriellen Prozessen.



Schaukasten für digitales Energie-Monitoring – das GWl als LivingLab



Haupteingang des GWl an der Hafenstraße in Essen

GWl



BW



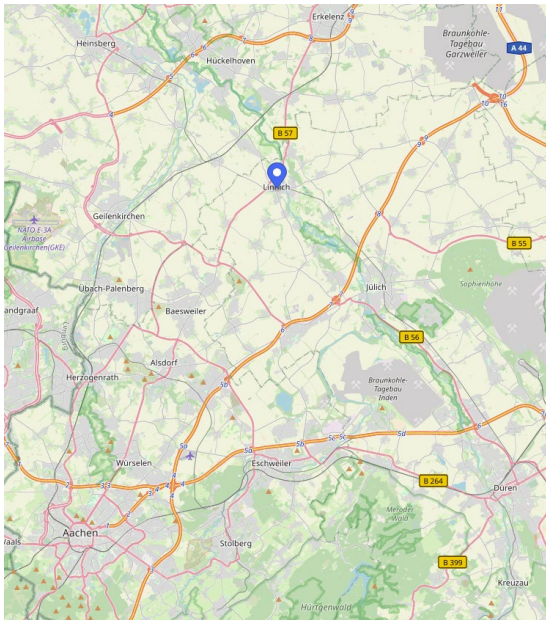
F&E



Ausgangslage: Quartier Linnich-Süd

- Entwicklungsgebiet mit geplantem kaltem Nahwärmenetz auf 19 Hektar
- Gelsenwasser plant, baut und betreibt später das Wärmenetz
- Zwei erneuerbare Wärmequellen: Flusswasser und oberflächennahe Geothermie
- Wärmebereitstellung über dezentrale Wärmepumpen in den Gebäuden
- Reales Vorhaben in der Realisierung (frühe Phase)
- Zusätzlich wird bei Gelsenwasser ein FuE-Projekt zur Optimierung der Betriebsstrategie durchgeführt (Fokus auf prädiktive Regler)

- ca. 300 Gebäude im Quartier
- Wohngebäude, Pflege, Kita
- Wärmebedarf 3,8 MWh/a
- Max. Wärmeleistung 2,6 MW
- Kältebedarf 0,9 MWh/a
- max. Kälteleistung 2,8 MW
- 90 Erdsonden (jeweils 175 Meter tief)
- zwei Abnehmerstränge (insg. 350 m³/h)
- Sole: ethanolbasiertes Fluid ($T_G = -8^\circ\text{C}$)



Der Betrieb ist die eigentliche Herausforderung

Flusswasser

- saisonal stark schwankende Temperatur
- hohe Leistung, aber nicht ganzjährig gleich nutzbar
- abhängig von Umwelt- und Genehmigungsrandbedingungen

Oberflächennahe Geothermie

- begrenztes Sondenfeld, träges Verhalten
- Regenerationsbedarf über die Jahre
- Langzeitverhalten entscheidet über Effizienz
- Fehlende Betriebserfahrung

- Ohne abgestimmte Betriebsstrategie: Auskühlung des Sondenfeldes und sinkende Effizienz der Wärmepumpen
- Auslegungsentscheidungen fallen sehr früh im Projekt, ihre Wirkung zeigt sich erst nach Jahren
- Bis zur baulichen Fertigstellung des Projekts fehlen wichtige Erkenntnisse, die für die Festlegung einer Betriebsstrategie nötig sind → Simulationsmodell als Basis zur Festlegung der Regelstrategie

Von der Auslegung zur Betriebsuntersuchung

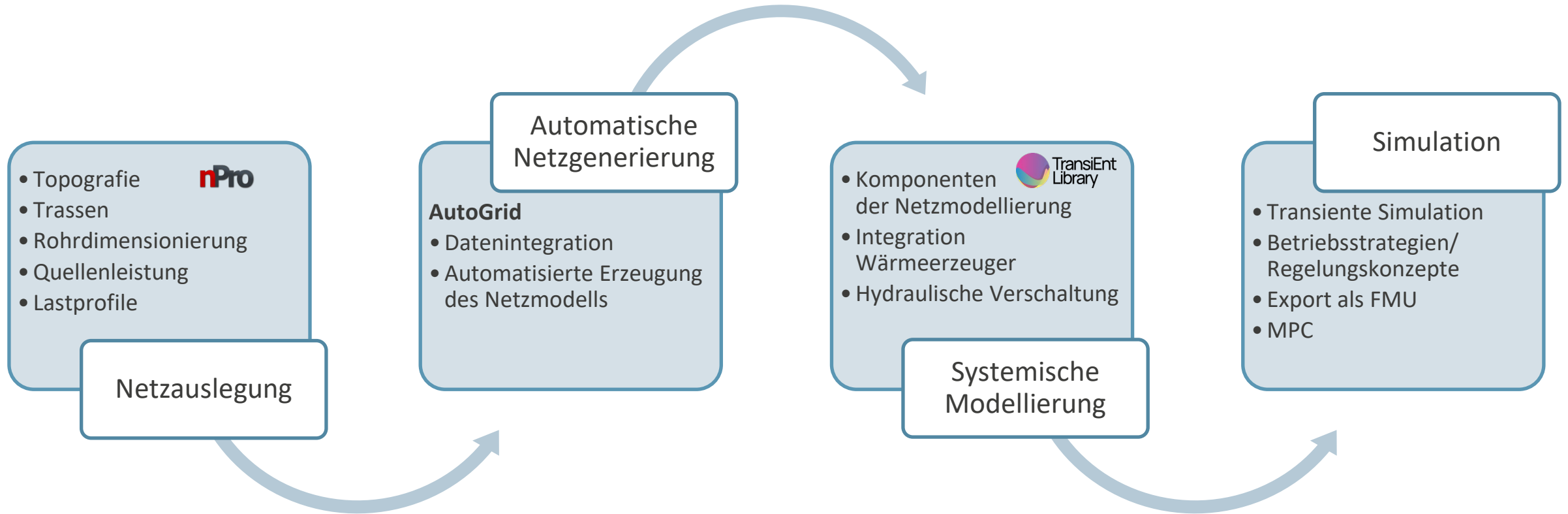
Leitfragen an das Modell

- Wie teilen wir die Last saisonal optimal auf beide Quellen auf?
- Wie viel Regeneration benötigt das Sondenfeld für einen stabilen Langzeitbetrieb?
- Kann das Sondenfeld für saisonale Optimierungen genutzt werden, welcher Nutzen ist zu erwarten?
- Was bringt eine prädiktive Regelung gegenüber einer regelbasierten Fahrweise?
- Welchen Einfluss haben Gleichzeitigkeiten auf die Auslegung?

Anforderungen aus der Praxis

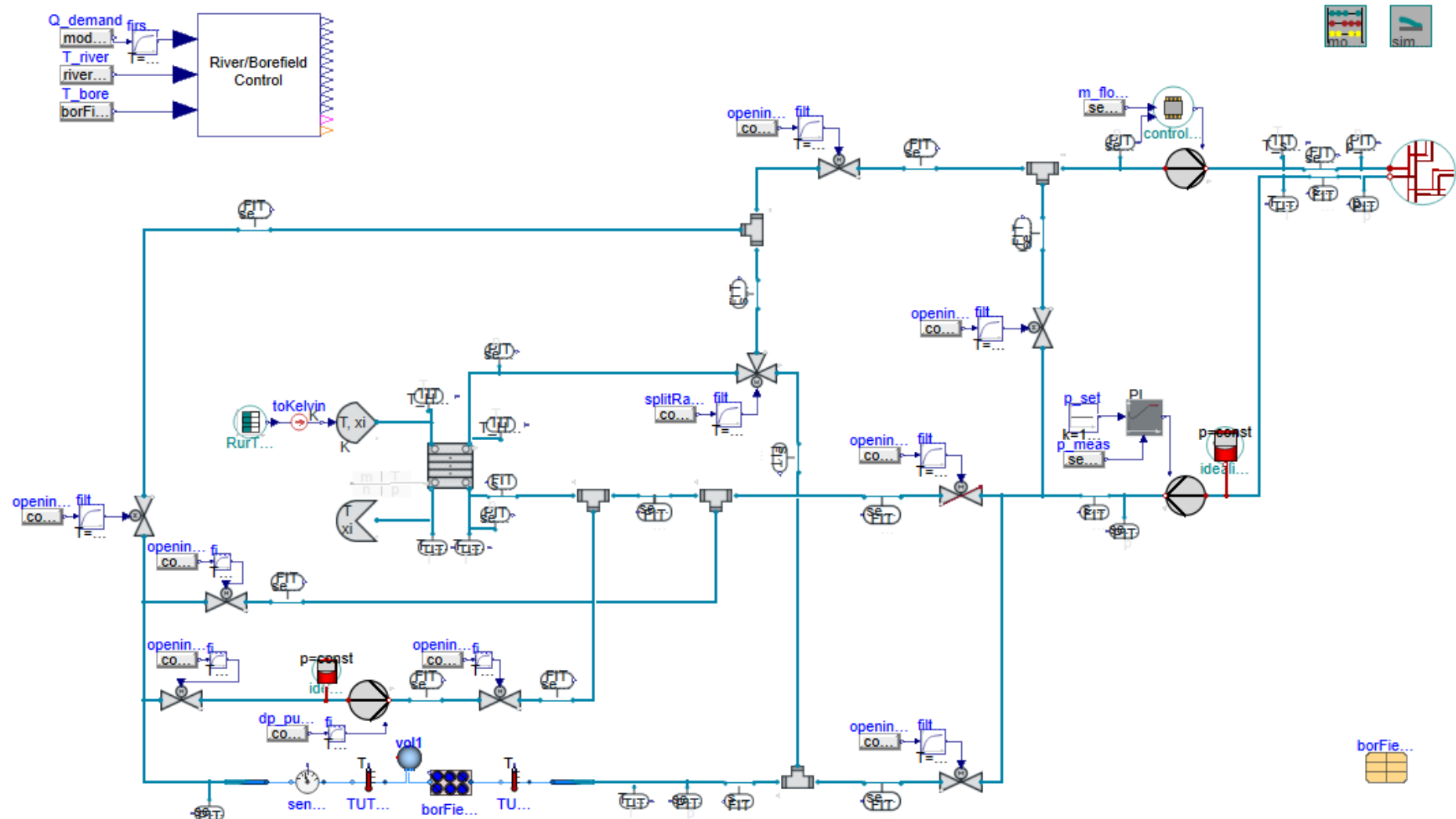
- Verfügbarkeit von Echtzeitdaten (Messdaten aus der Technikzentrale und dem Netz) und Prognosen (Wetterdaten, ggf. Strompreise)
- Leistungsfähige Compute-Instanz für die Simulations- und Optimierungs-Rechnungen
- Kalibrierung des Modells anhand von Messdaten, sobald diese vorliegen
- Sichere Übermittlung von Steuersignalen von Compute-Instanz auf die Anlagensteuerung

Von der Auslegung zur Betriebsuntersuchung

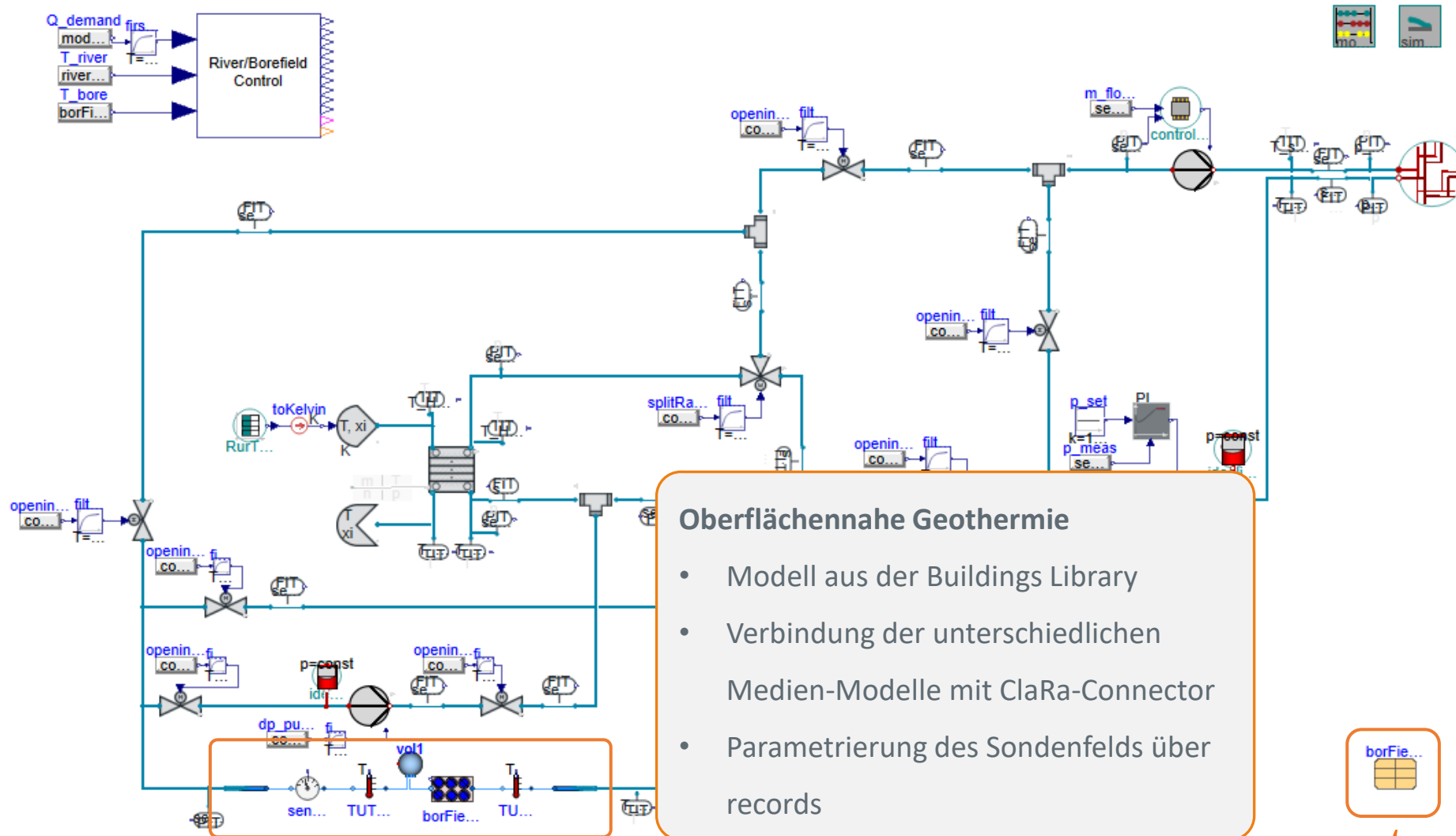


Die Ergebnisse aus nPro gelten als Referenz — Geometrie, Dimensionierung und Energiebilanz des Detailmodells werden dagegen plausibilisiert.

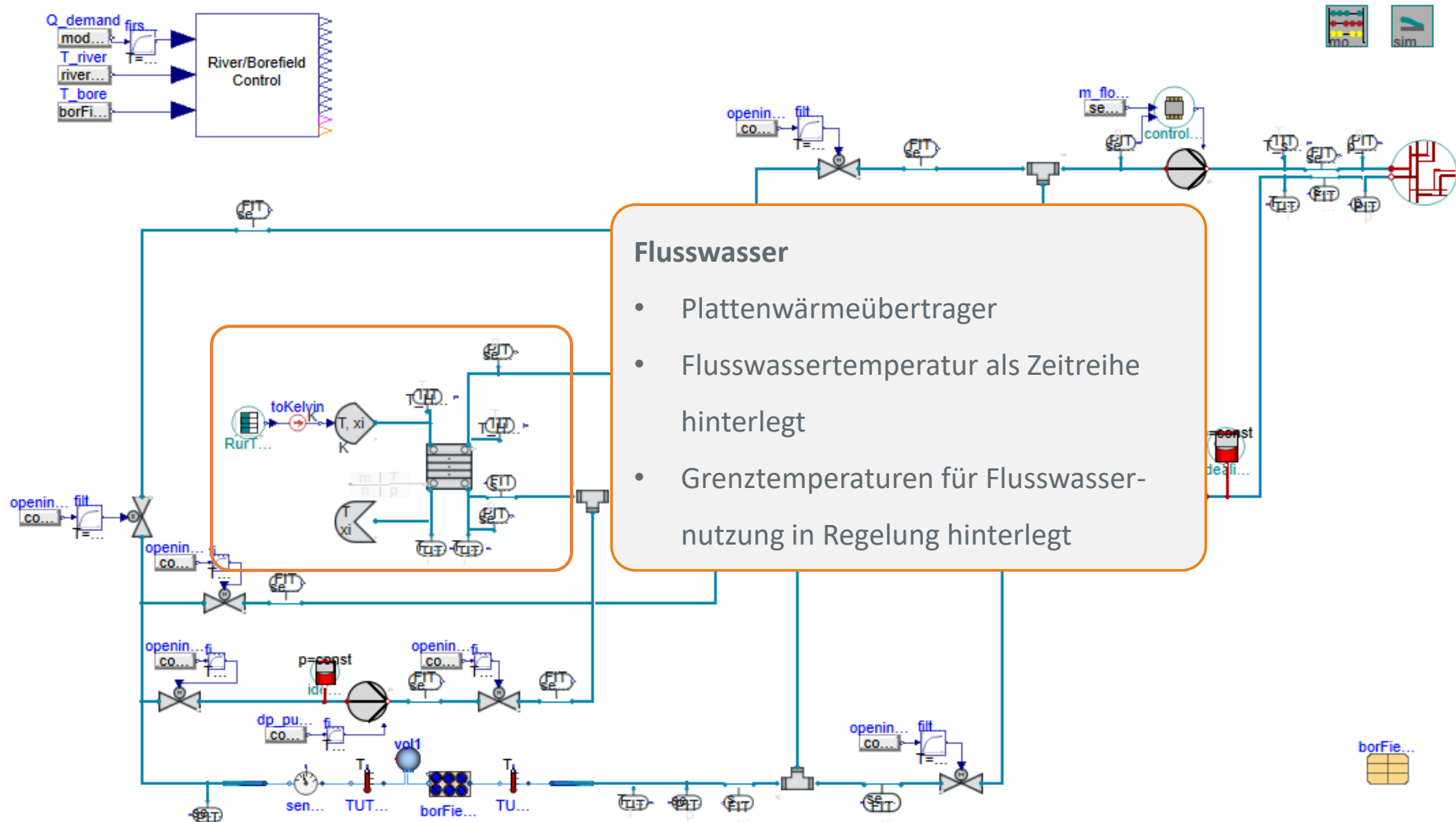
Gesamtsystemmodell



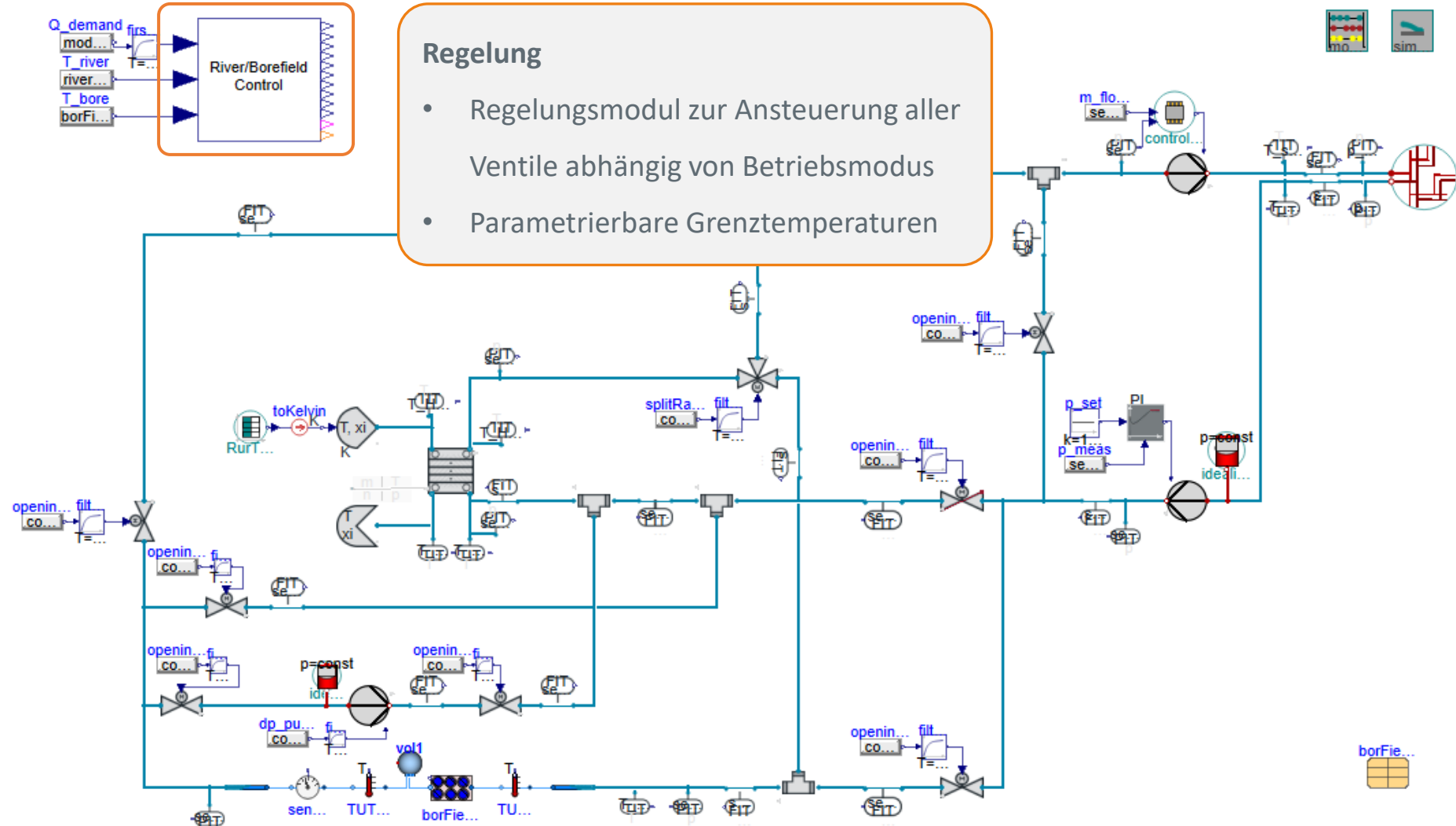
Gesamtsystemmodell



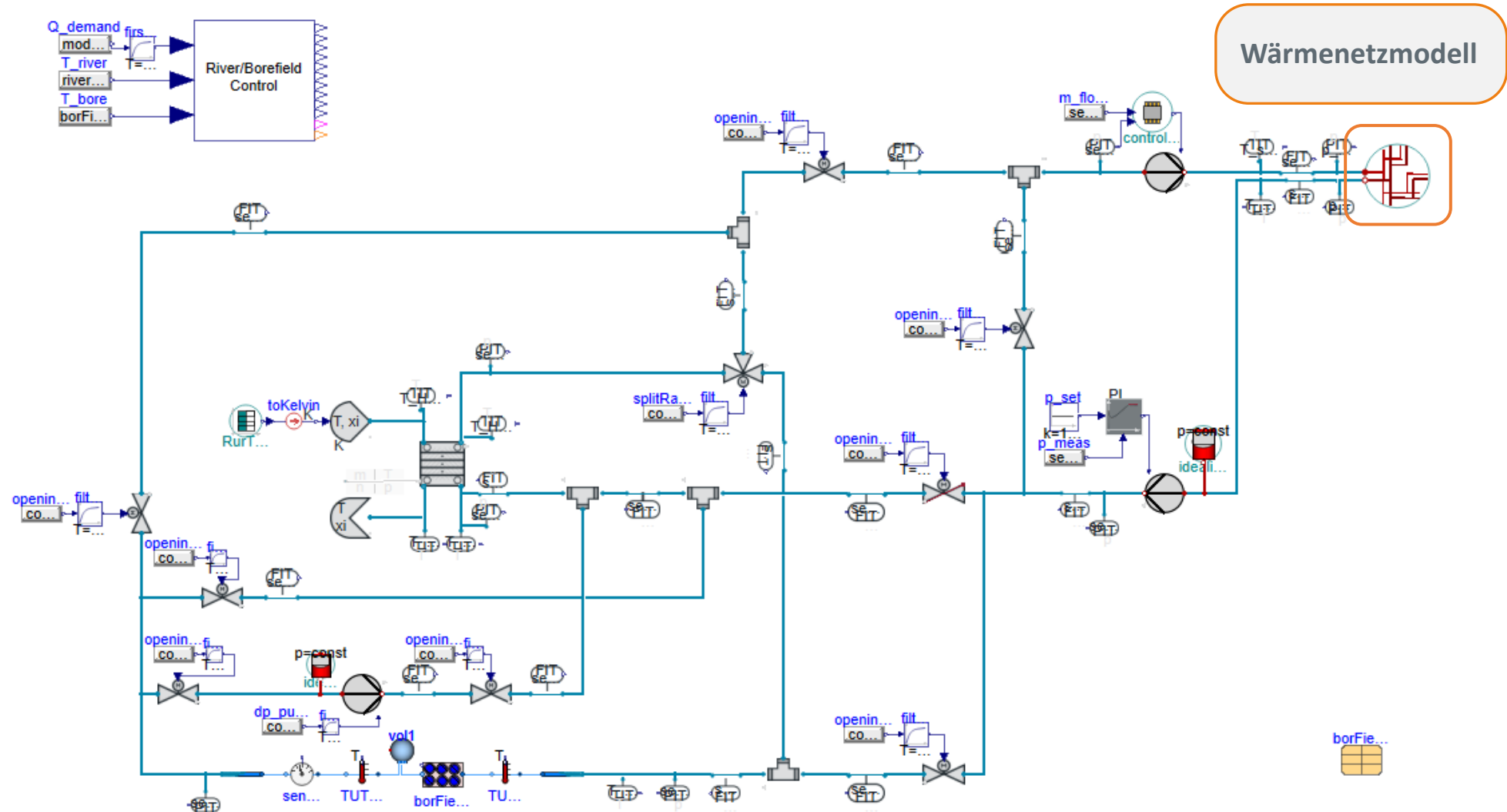
Gesamtsystemmodell



Gesamtsystemmodell



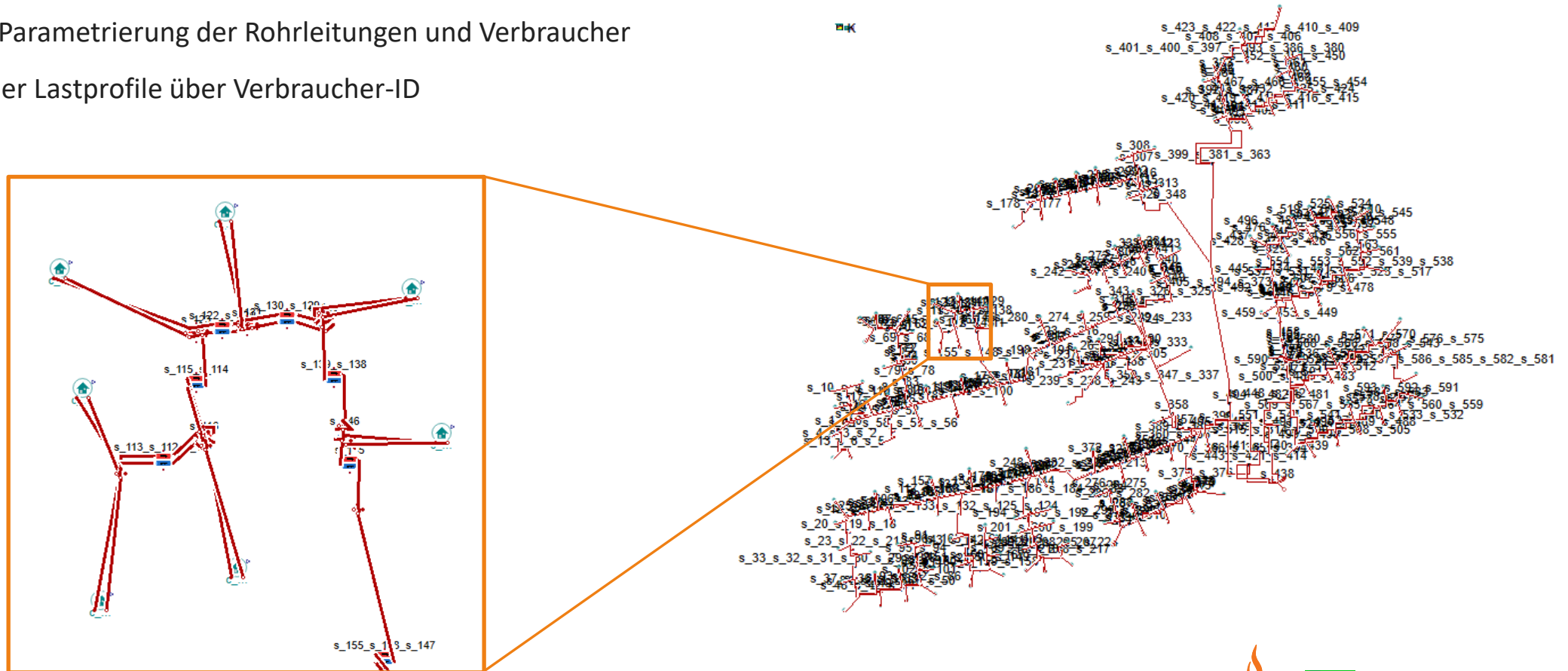
Gesamtsystemmodell



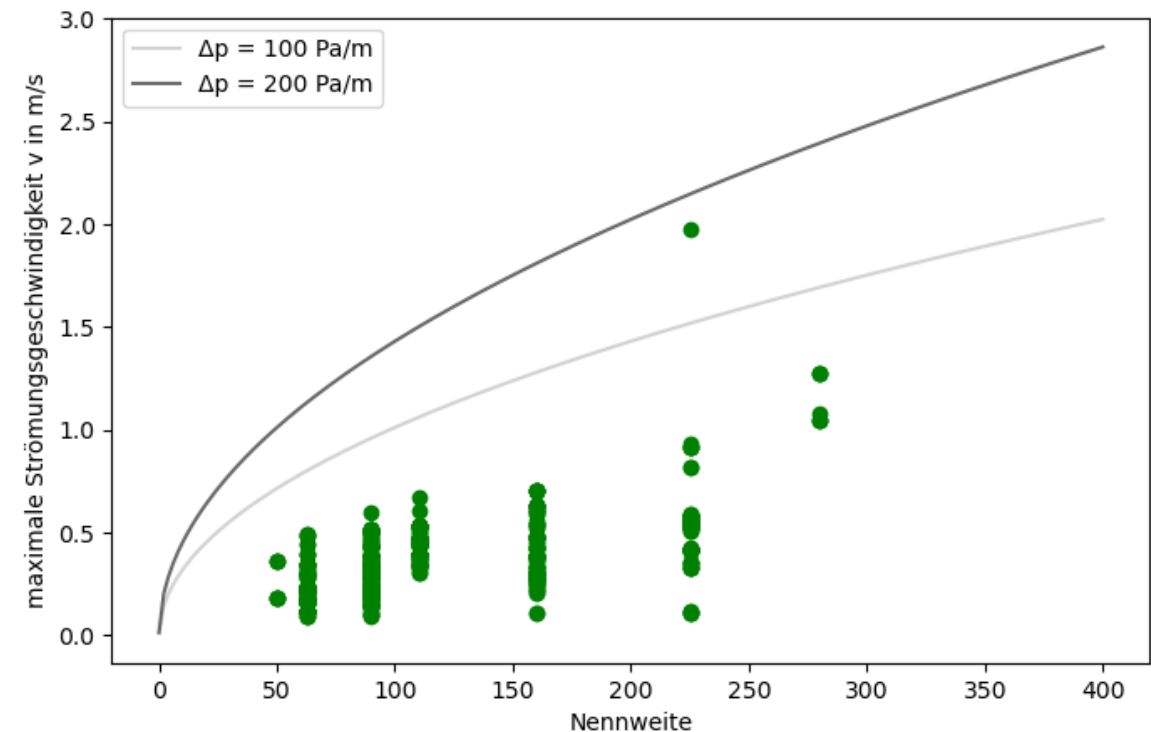
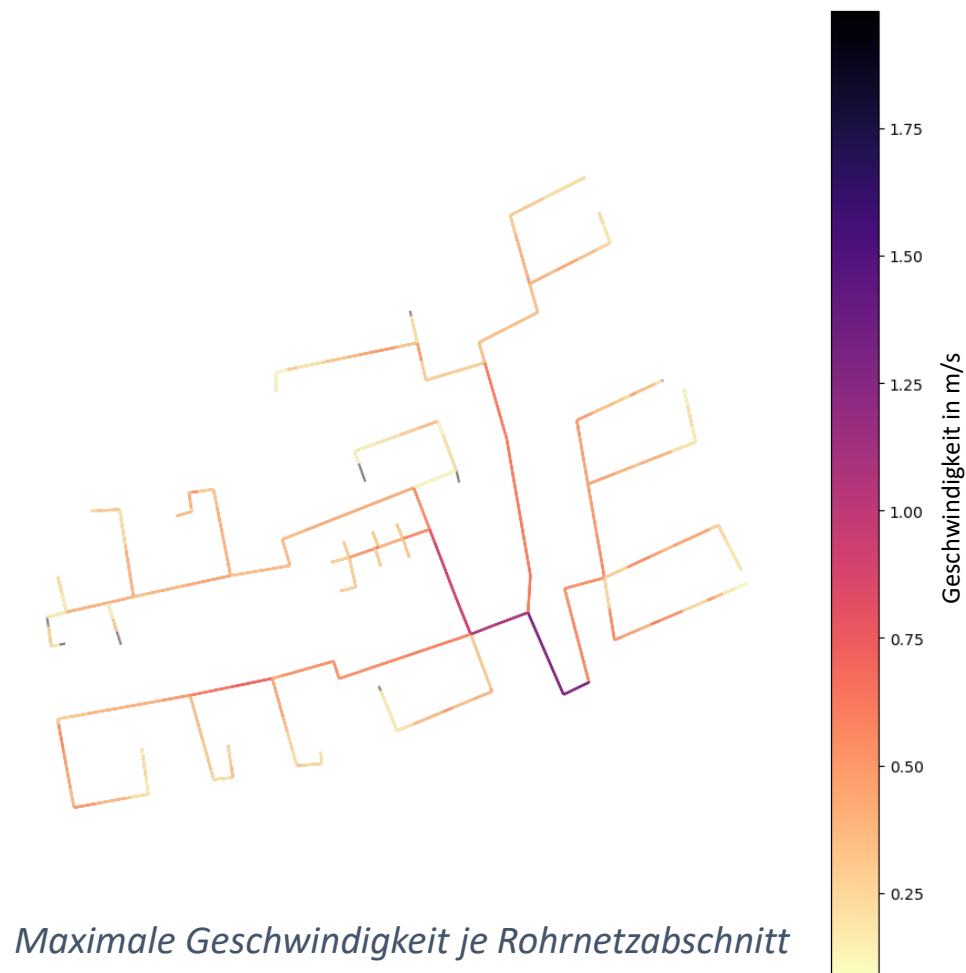
Automatische Netzmodellgenerierung

AutoGrid

- Räumliche Verortung der Knoten und Kanten wird aus npro Datensatz in Dymola-Modell übersetzt
- Automatische Parametrierung der Rohrleitungen und Verbraucher
- Verknüpfung der Lastprofile über Verbraucher-ID



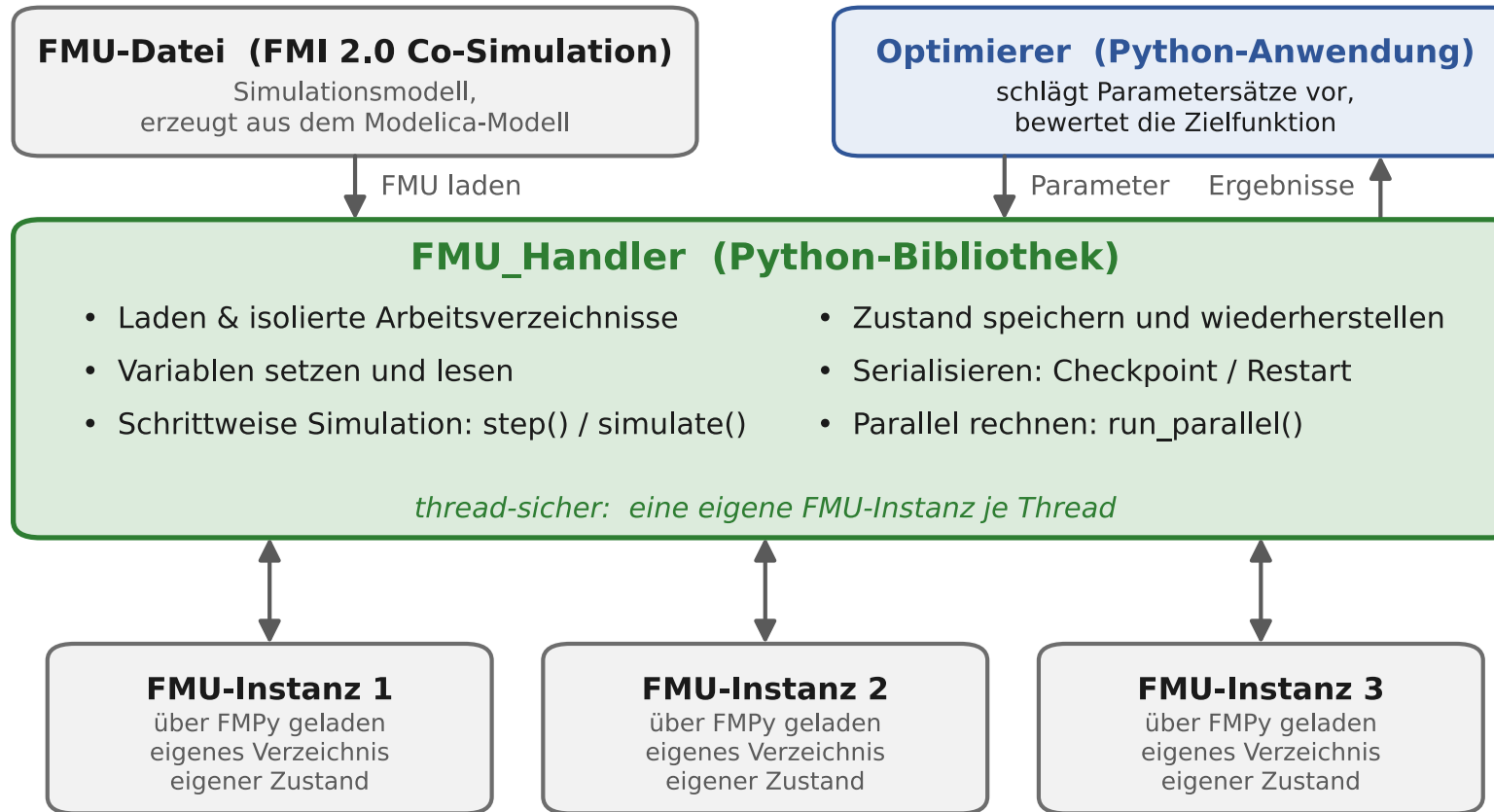
Strömungsgeschwindigkeiten im Wärmenetz



Maximale Strömungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Nennweite

FMU als Standard für Simulationsmodelle bei Gelsenwasser

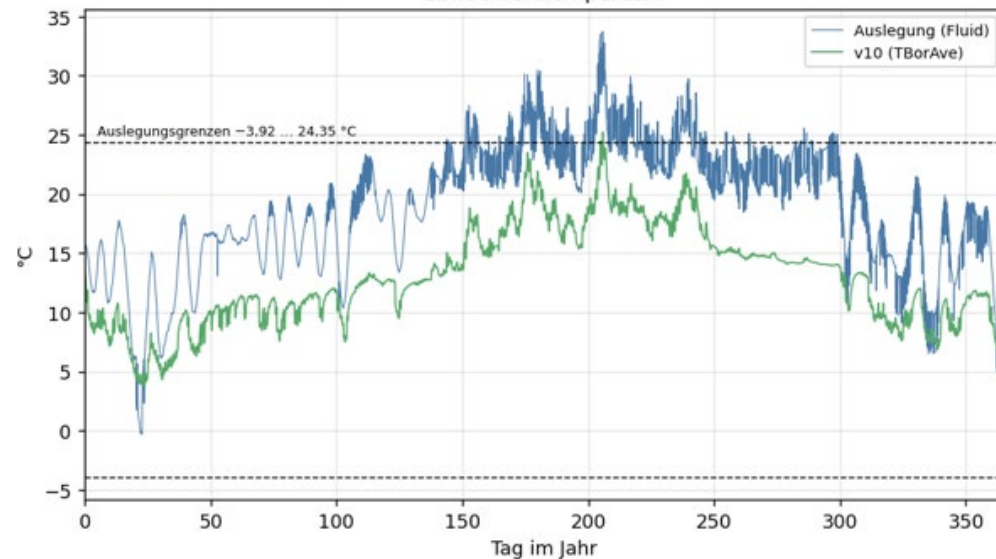
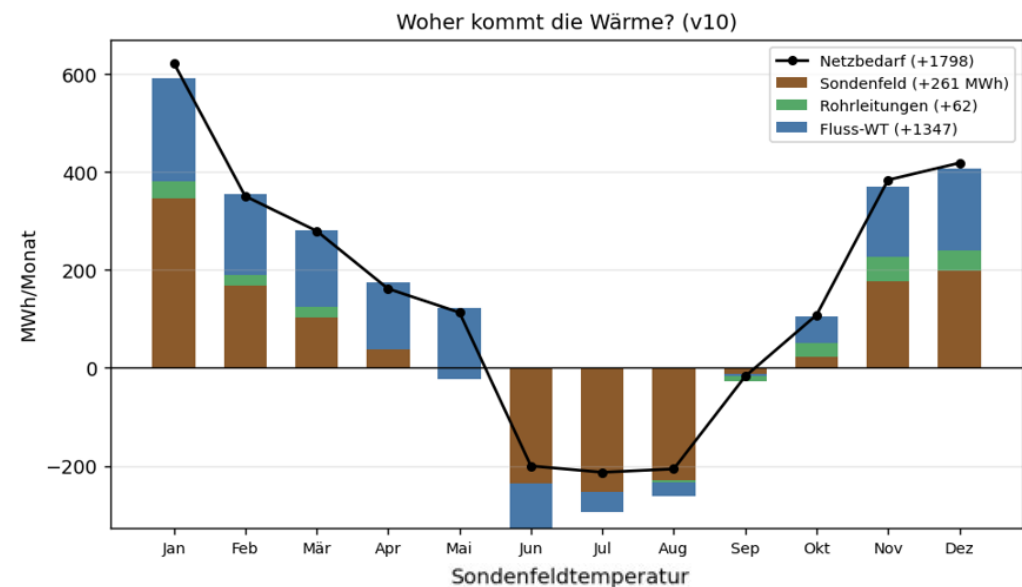
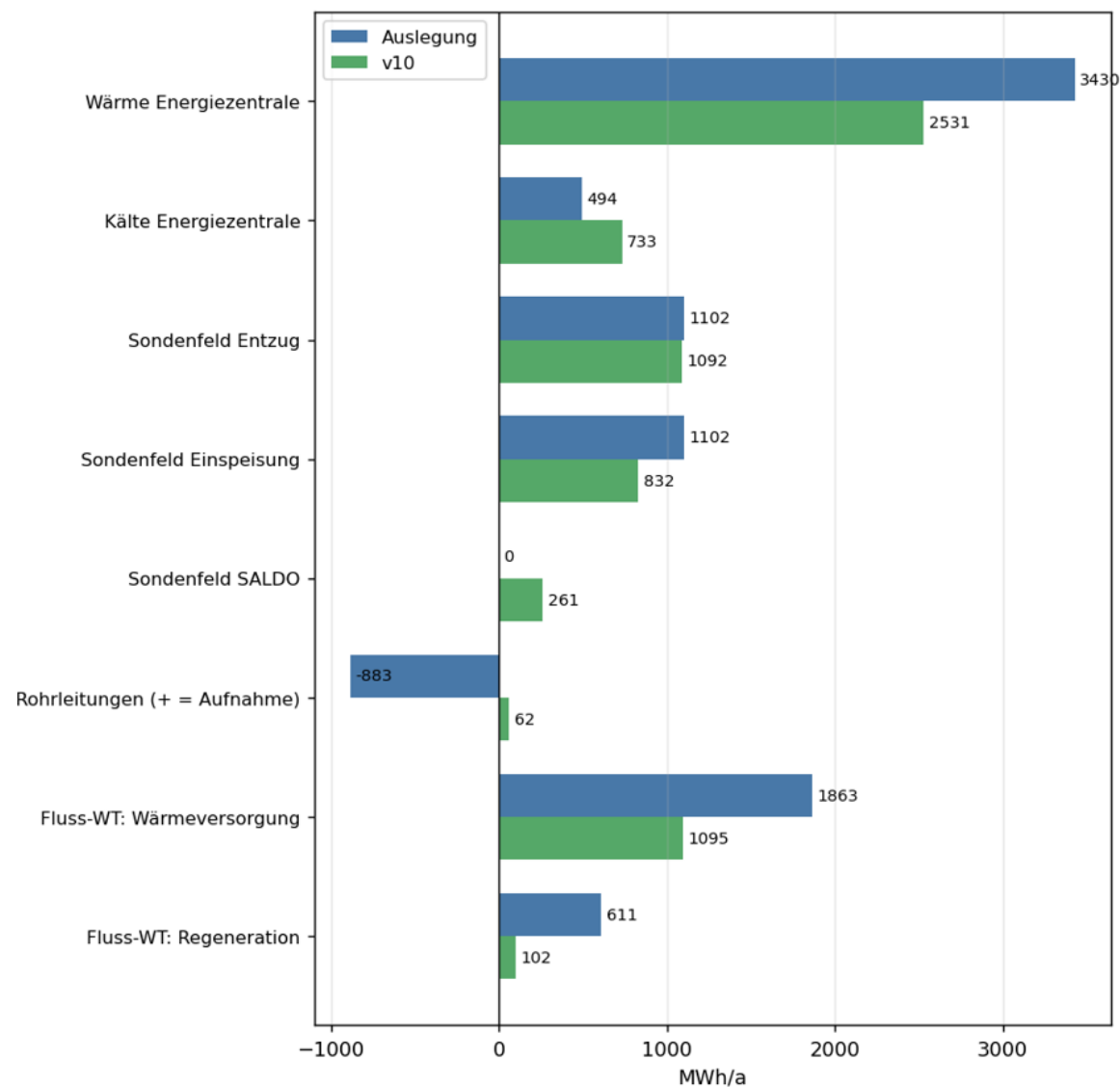
FMU_Handler - Zusammenspiel von Python, Optimierer und FMU



- Modell-Erstellung in Dymola, Export nach FMU
- Python Runner mit verschiedenen OpenSource Optimierern und GW FMU Handler
- Github Copilot Skills vorhanden zur KI-gestützten Erstellung von FMU Interfaces in Modelica-Modellen (Claude Opus aktuell beste Wahl)
- Automatisierte Analyse des Optimierungsfortschritts

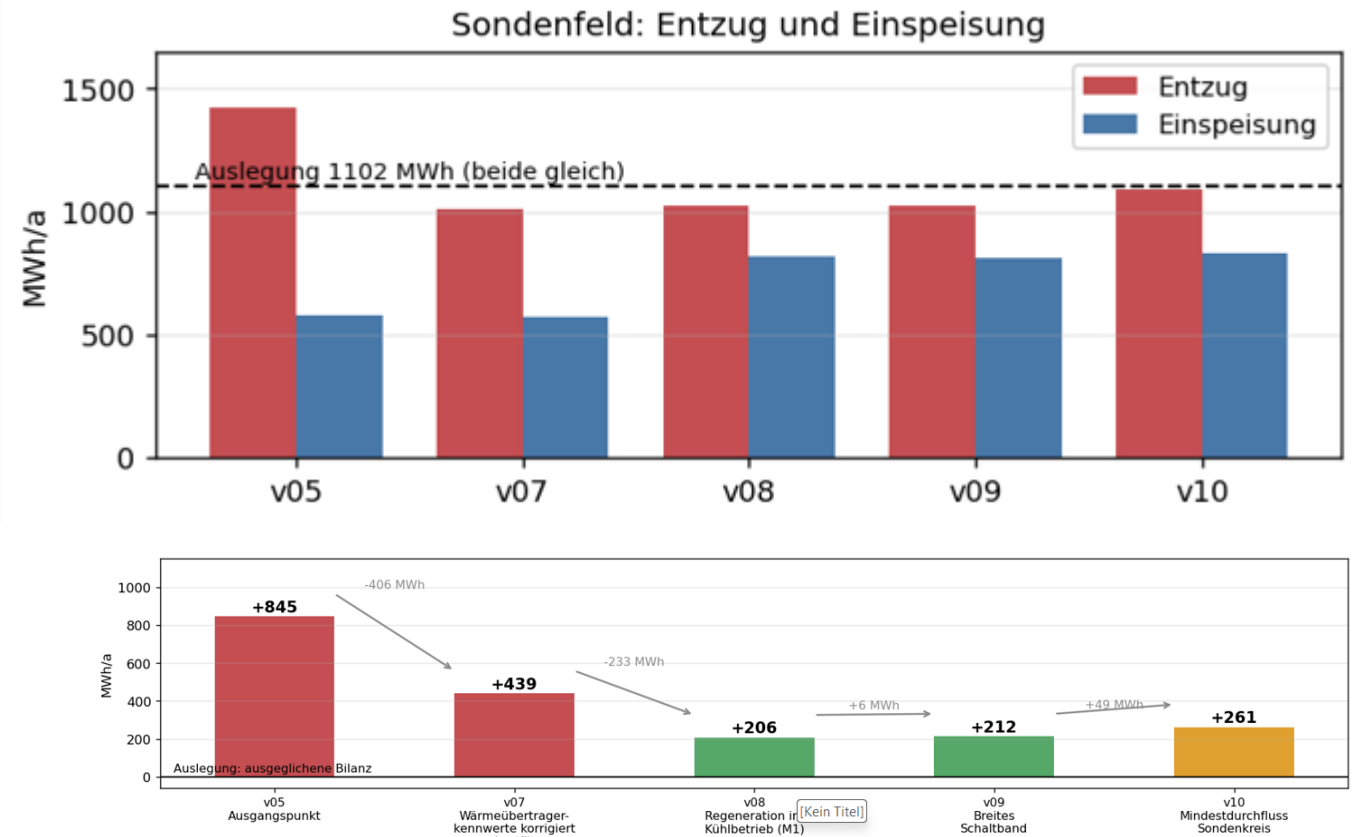
Alle Instanzen stammen aus derselben FMU-Datei und rechnen unabhängig voneinander.

Vergleich nPro vs. Modelica Modellierung



Verbesserung der Regelung mithilfe des Simulationsmodells

- Work in Progress → z.Z. noch kein finaler Stand
- Mithilfe von Anpassungen der Regelstrategie wird die Simulationsrechnung an die nPro Auslegung angepasst → Einfluss der Anpassungen direkt sichtbar
- Ausführungsplanung der Technikzentrale läuft derzeit, ggf. müssen noch Anpassungen am Modell vorgenommen werden
- Nach Inbetriebsetzung kontinuierliche Anpassungen des Modells an Messungen
- Fortlaufende Überwachung des Wärmeentzugs aus dem Sondenfeld und entsprechende Anpassung der Regenerations-Regelung geplant



Status / nächste Schritte

Stand heute

- Netzauslegung mit nPro abgeschlossen
- Systemmodell in TransiEnt / Dymola aufgebaut und als FMU verwendet
- Netzmodellgenerierung über AutoGrid (teil-) automatisiert
- erste Simulationsergebnisse liegen vor, Gesamtbilanz im Vergleich zu nPro schlüssig, Details in Klärung
- Zwei Regelungskonzepte wurden in Form von Masterarbeiten mit vereinfachtem, generischem Modell getestet (MPC mit genetischen Optimierungsalgorithmus, Reinforcement Learning basierter Ansatz)

Nächste Schritte

- Identifikation von Lücken im bisherigen Regelkonzept
- MPC-Konzept ausarbeiten und gegen Referenzregelung benchmarken
- Langzeit- und Regenerationsbetrachtung des Sondenfeldes (geplant als Masterarbeit)
- Rückkopplung der Erkenntnisse in die Anlagenauslegung
- späterer Abgleich mit Messdaten aus dem realen Netz
- Übertragung der Systematik auf weitere Anwendungen (Modellbildung → Simulation → Optimierung)
- Erstellung geeigneter KI Skills um wiederkehrende Aufgaben zielgerichtet und mit minimalem Aufwand wiederholbar zu machen