



ML4Heat

Tools zum optimierten Betrieb von existierenden Fernwärmenetzen basierend auf Methoden des maschinellen Lernens

Laufzeit 7/2019 – 12/2022



Dr. Thomas Bernard
Fraunhofer IOSB



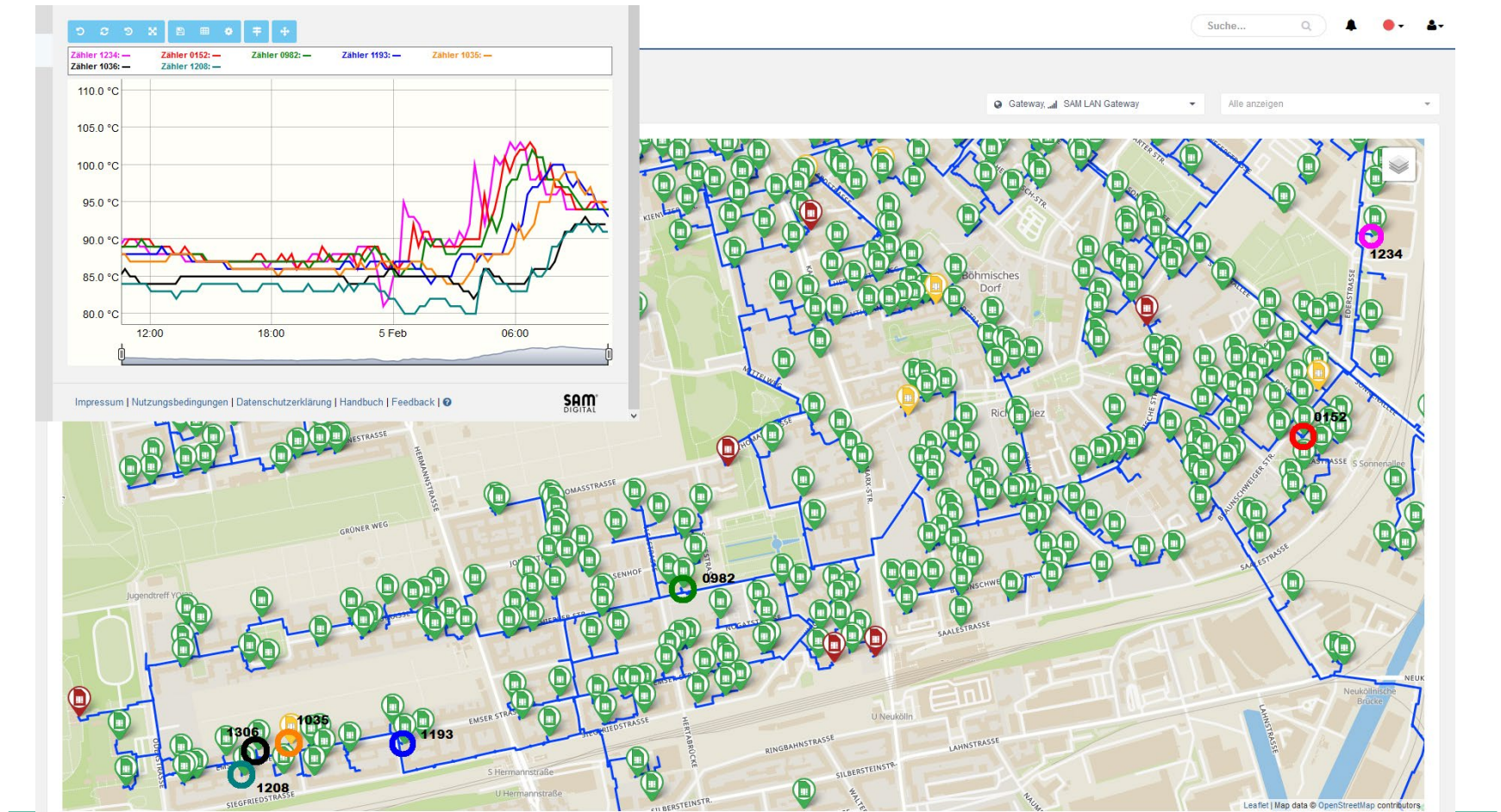
Ausgangslage

- Interessen der Fernwärme- Netzbetreiber:
 - Reduktion von Spitzenlasten
 - Generierung von Prozesswissen und Prognosemodelle aus Messdaten (Transparenz erhöhen !)
 - → **bedarfsgerechtere Wärmebereitstellung, CO2-Emissionen reduzieren**
- Assoziierte Partner im Projekt:
 - Vattenfall Wärme Berlin (9.6 TWh/a in 2018)
 - Fernheizwerk Neukölln (0.4 TWh/a in 2020)
- **Massiv verfügbare Sensordaten!**
 - Vattenfall: ca. 14.000 vernetzte Hausanschlüsse (500 im Projekt genutzt)
 - Fernheizwerk Neukölln: ca. 1.400 vernetzte Hausanschlüsse (alle genutzt)



Massive Verfügbarkeit von Sensordaten

vernetzte Übergabestationen in einem Bereich von Berlin (Portal von SAMSON)



Zielstellungen von ML4Heat

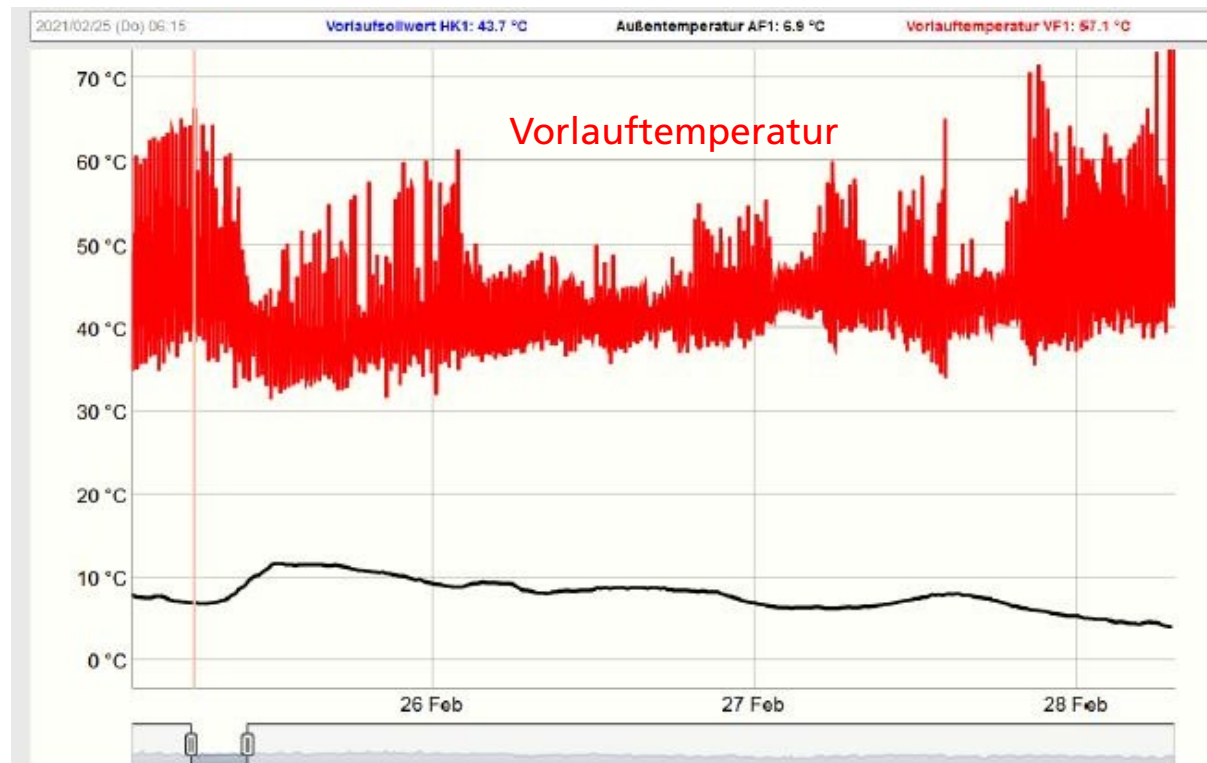
Betriebs-Optimierung bei (a) Einzelanlagen, (b) Stränge, (c) gesamtes Netz

- Automatisierte Erkennung von Fehlfunktionen bei Übergabestationen
- Ableitung von Prognosemodellen mittels maschineller Lernverfahren
→ datengetriebene Netz-Simulationsmodelle
→ modellprädiktive Optimierung
- Lastspitzen durch vorausschauenden Netzbetrieb reduzieren
(Berlin: Potential von 1 Mio t CO₂/a !)
- „Schlechtpunkte“ im Netz automatisch identifizieren, analysieren
gegensteuern
- Analyse von Wärmeverlusten im Netz

Verbesserung der Performance der Übergabestationen

- **Ziel:** Fehler bei Übergabestationen schnell erkennen und beheben

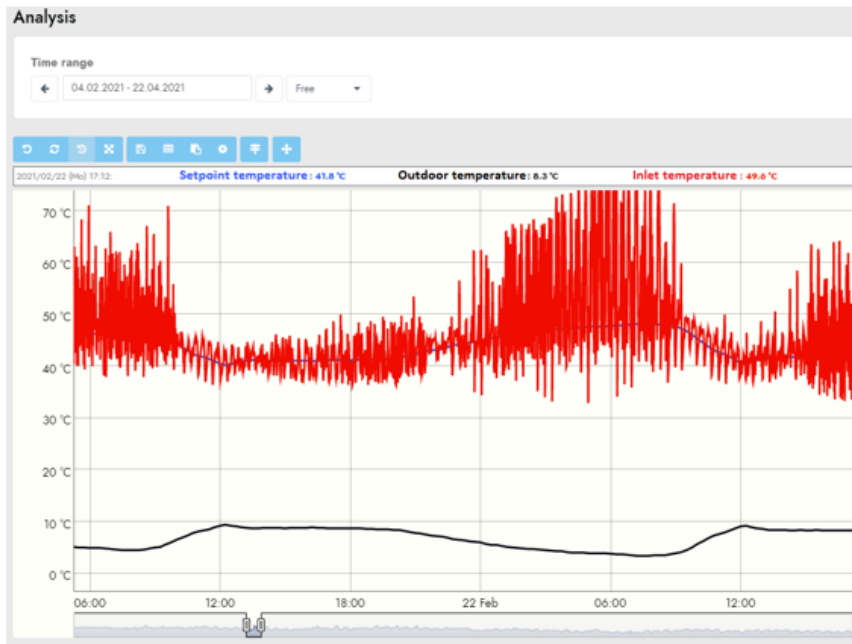
Beispiel: Oszillierendes Regelungsverhalten



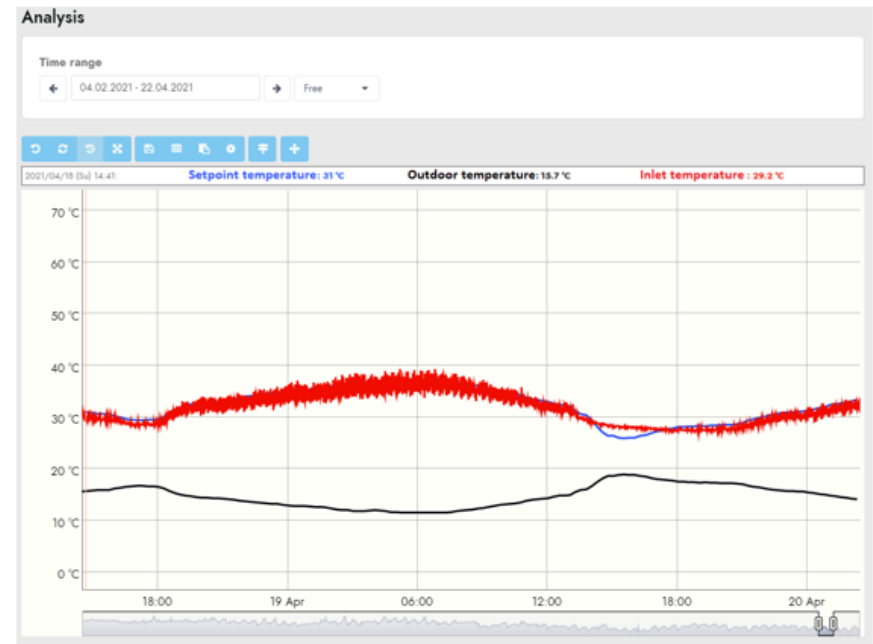
Selbstoptimierende Regler bei Übergabe-Stationen

- Regler werden im Werk vorkonfiguriert und meist nicht vor Ort manuell angepasst
- **Lösungsansatz:** Selbstoptimierender Regler (Generalised Predictive Control (GPC))

Schlecht parametrierter PID-Regler:

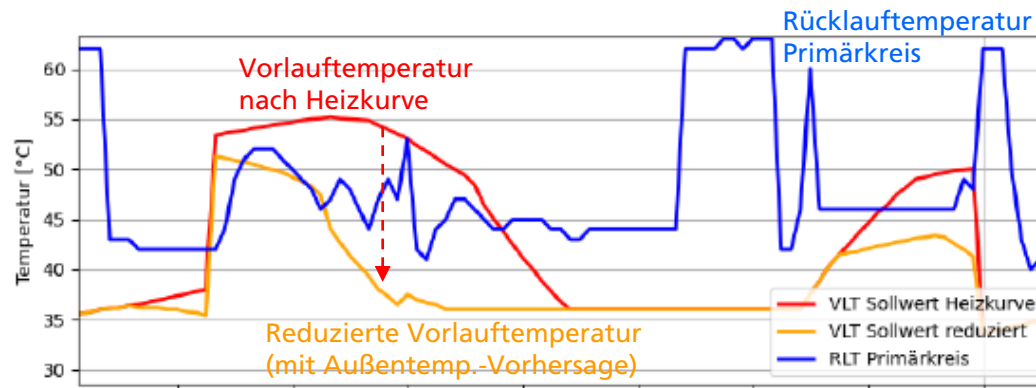


Selbstlernender GPC:

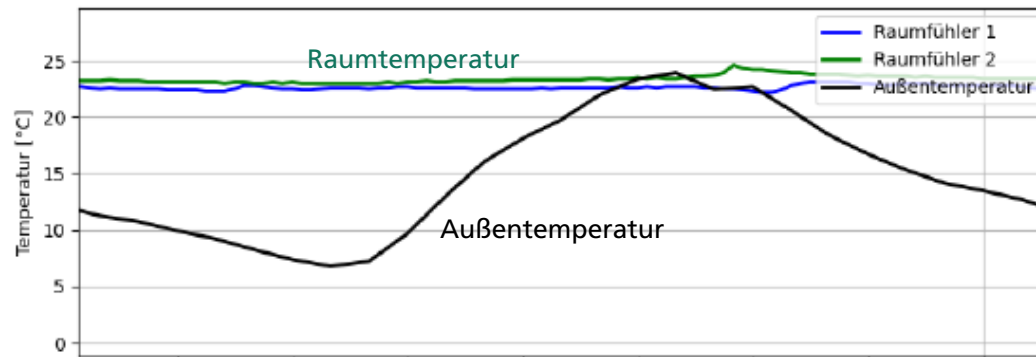


Abnehmerseitige Vorlauftemperatur-Reduktion

- Basierend auf angelernten Bedarfsmodellen und Wettervorhersage (Außentemperatur)
- Aktuell Piloteinsatz bei Liegenschaften von Fernheizwerk Neukölln



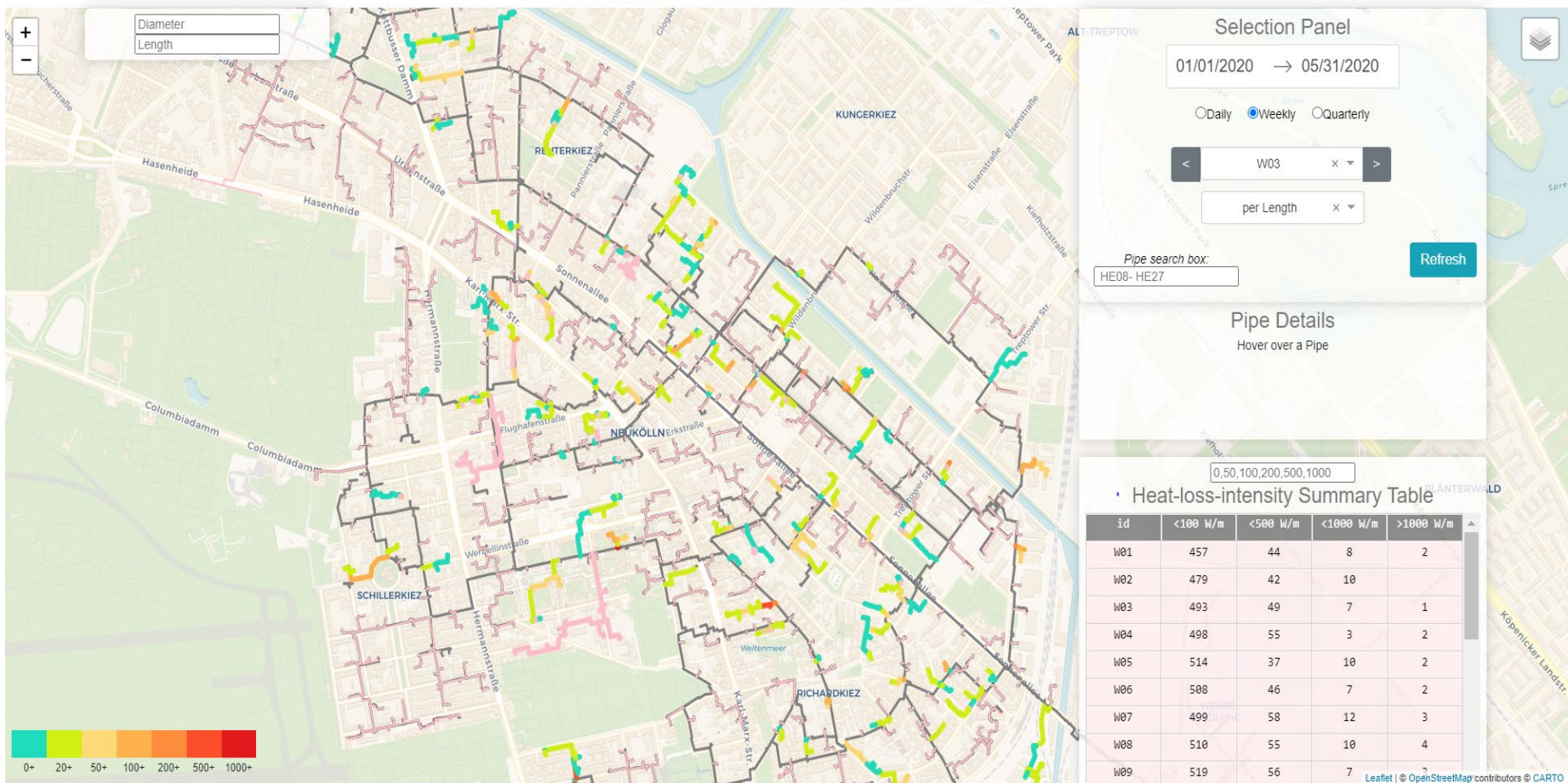
bis zu 15 K
Absenkung
der Vorlauftemperatur!



Analyse von Wärmeverlusten in Strängen

- Ziel: Identifikation von Rohren mit hohen Wärmeverlusten
- Berechnung von Wärmeverlusten in einzelnen Rohren basierend auf Messdaten
- Web-basiertes Dashboard zur interaktiven Darstellung der Ergebnisse

ML4Heat - Wärmeverlust Analyse



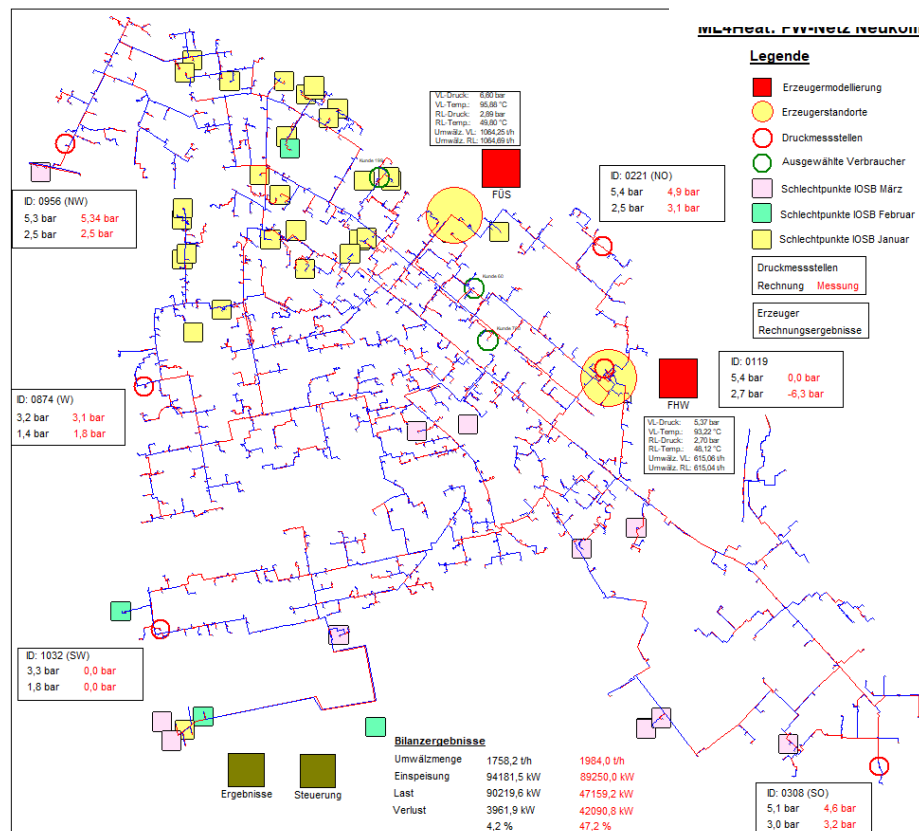
Analyse von Schlechtpunkten / Bottlenecks

- Schlecht versorgte Punkte sowie Bottlenecks im Netz werden identifiziert und charakterisiert (z.B. Dauer / Häufigkeit der schlechten Versorgung)
- Web-basiertes Dashboard zur interaktiven Darstellung der Ergebnisse



Simulationsmodell – hydraulisch und datengetrieben

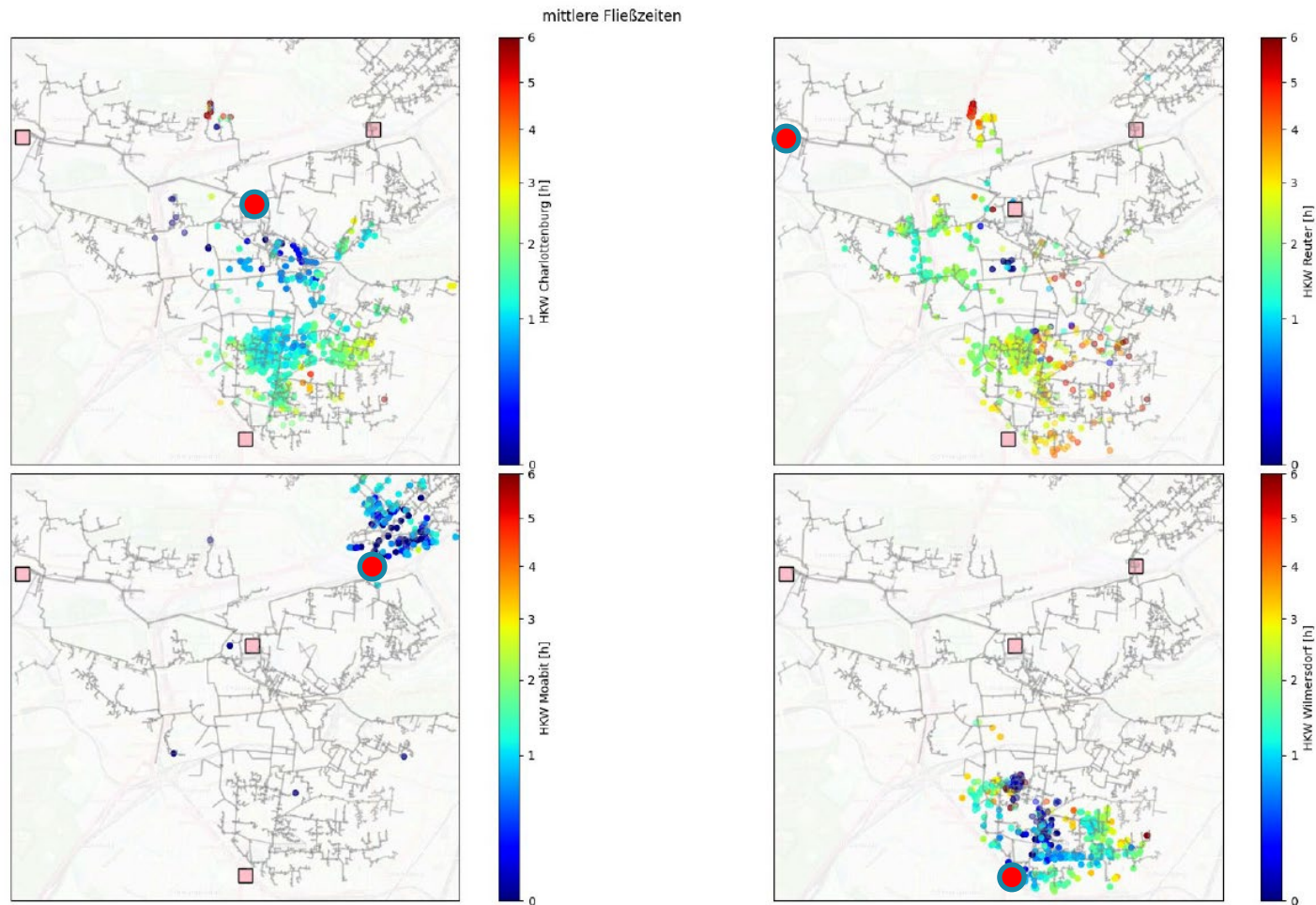
- Bisher: thermo-hydraulische Simulationsmodelle (physikalisches Abbild des Netzes)
- Neu: rein datengetriebenes Simulationsmodell aufgrund massiver Verfügbarkeit von Sensordaten
- Vorteil: Extrem kurze Rechenzeit
Nachteil: Modell darf nicht strukturell geändert werden



Hydraulisches Modell mit
Simulations-Software SIR-3S

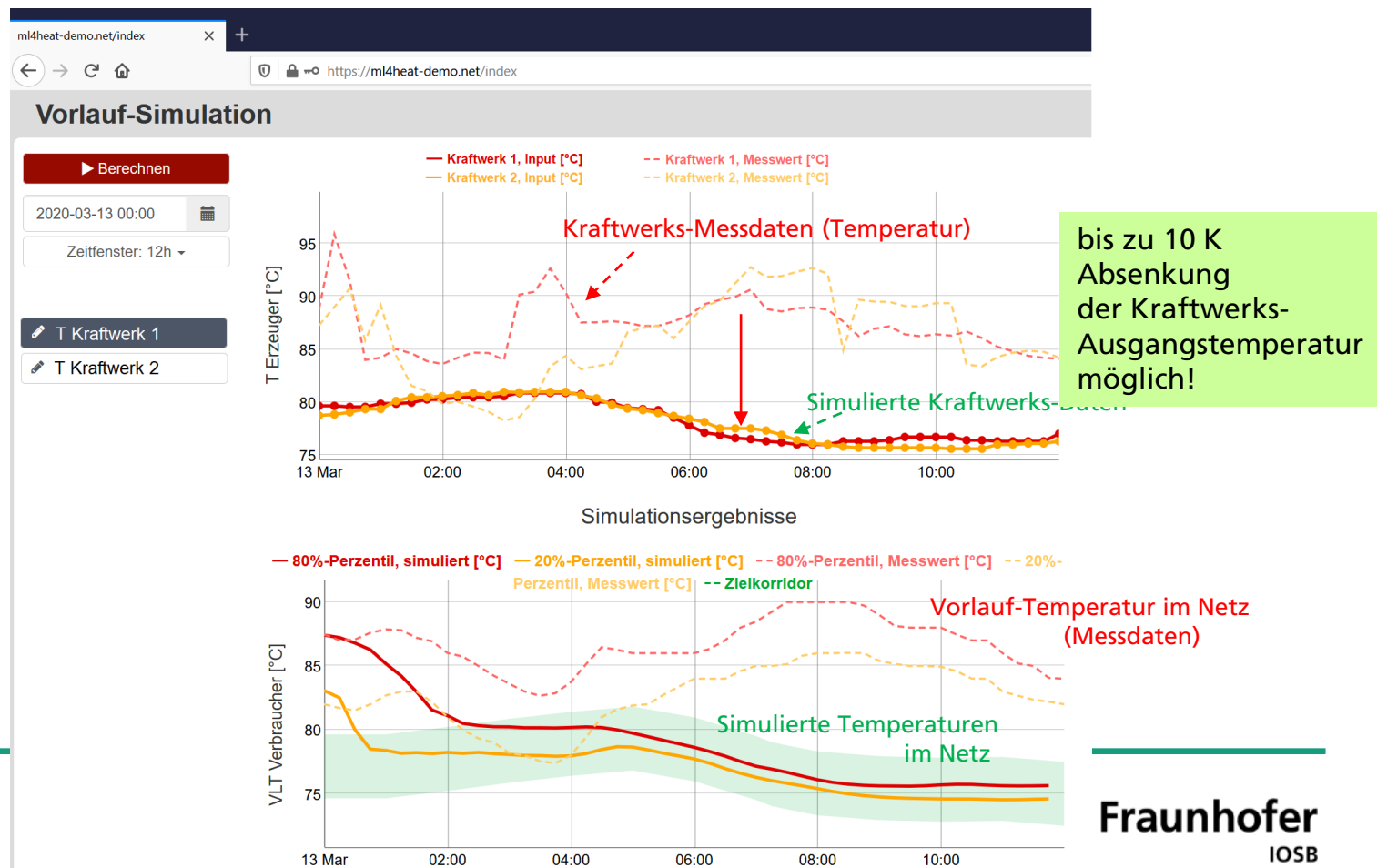
Datengetriebenes Simulationsmodell

Beispiel: Berechnung der mittleren Fließzeiten vom Kraftwerk ● aus



Optimierung Kraftwerkstemperatur

- Mittels datengetriebenem Modell kann notwendige Temperatur des Kraftwerks-Ausgangs bedarfsgerecht angepasst (reduziert) werden
- Test mittels echtzeitfähigem Tool durch FHW Neukölln



- Erstmalig systematische Nutzung von massiv verfügbaren Sensordaten, insbesondere datengetriebenes Simulationsmodell
- Methoden und Software-Tools zur Fehlererkennung, Analyse und Optimierung bei Einzelanlagen, Strängen und gesamten Netz:
 - Verbesserung der Performance der Übergabestationen
 - Selbstoptimierende Regler bei Übergabe-Stationen
 - Abnehmerseitige Vorlauftemperatur-Reduktion
 - Analyse von Wärmeverlusten in Strängen
 - Analyse von Schlechtpunkten / Bottlenecks
 - Optimierung Kraftwerkstemperatur mittels datengetriebenem Simulationsmodell