



## Digitaler Zwilling zur flexibilisierten und effizienzoptimierten Steuerung dezentralisierter Fernwärmenetze

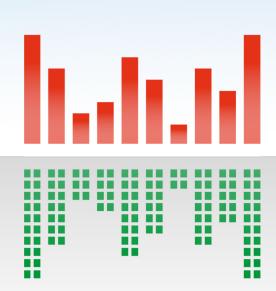
Projektvorstellung







### Übersicht



- Rahmendaten
- Ausgangssituation
- Zielsetzung
- Grundlagen
- Ansatz & Zwischenstand



Rahmendaten

#### Allgemeine Projektinformationen



- DingFESt Digitaler Zwilling zur Flexibilisierten und Effizienzoptimierten Steuerung dezentralisierter Fernwärmenetze
- \* Förderung: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (FKZ: 03EN3015)
- ❖ Bewilligter Förderzeitraum: 01.01.2021 31.12.2023
- Konsortium:
  - GEF Ingenieur AG, Leimen (Koordination)
  - Technische Werke Ludwigshafen am Rhein AG
  - Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik, Kaiserslautern









Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages





Ausgangssituation

#### Gegenwärtige Situation in der Fernwärme-Betriebssteuerung/Einsatzplanung



- Netzverhalten in bestimmten Betriebssituationen intransparent
  - Problematisch bspw. in saisonalen Übergangsphasen mit häufigen Witterungsschwankungen
- Betriebsmitteleinsatz und -fahrweise erfolgen im Regelfall auf Grundlage von Erfahrungswerten und Routinen
  - Beeinträchtigung der Flexibilität
- Unsicherheiten hinsichtlich des Netzverhaltens erfordern eine entsprechende Vorhaltung entsprechender Sicherheitsmargen
  - Maßgebliche Belastung der wirtschaftlichen und ökologischen Effizienz
- Störungen im Netz lassen sich oft nur mittelbar detektieren und nicht exakt lokalisieren
  - Risiko hoher Folgekosten und temporäre Gefährdung der Versorgungssicherheit
- Zustand von Netzkomponenten normalerweise nur vor Ort überprüfbar
  - Vorausschauende/präventive Instandhaltung der Assets nur bedingt möglich



#### Zukünftiger Wandel in der Fernwärmeversorgung



- Abnahme des Wärmebedarfs
  - Erforderliche Netztransformation: Temperatursenkung, Netzausbau/-verdichtung, Netzkopplung etc.
- Dezentralisierung der Netze
  - Einbindung verteilter Erzeuger mit unterschiedlichen Temperaturen, Volatilitäten und Steuerbarkeiten
- Differenzierung des Konsumentenverhaltens
  - Adäquate Prognosemethoden für das Verhalten diverser Prosumerkonfigurationen und -konstellationen
- Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung
  - Regenerative bzw. CO<sub>2</sub>-freie Wärmeerzeugung aus konstanten und inkonstanten Quellen
- Multiskalige Sektorkopplung
  - Flexibilisierung des Betriebs zur integrativen Einbindung der FW in ein übergeordnetes Gesamtsystem



Komplexität



Transparenz



1

Dynamik







Zielsetzungen

#### Ziele DingFESt = zukünftige Anforderungen an die FW-Betriebssteuerung



- Hohe Transparenz des Netzverhaltens, auch bei zunehmender Komplexität und Dynamik
  - Exakte und räumlich hochaufgelöste Abbildung des thermohydraulischen Netzverhaltens in Echtzeit
- Belastbare Prognosen zu Lastsituationen, auch bei Diversifizierung der Erzeugerstrukturen
  - Rekursive Netzsimulation parallel zum laufenden Betrieb
  - Berücksichtigung autonom agierender, dezentraler und ggf. volatiler Prosumer
- Vorausschauende Optimierung zu situativem Betriebsmitteleinsatz und -fahrweise
  - Unmittelbar: Integration in die Kraftzwerkseinsatzoptimierung
  - Mittelbar: (Quasi-)Autonomer Netzleitstand
- Flexibilisierung der Sektorkopplung
  - Entkoppelung von Stromerzeugung und Wärmebedarf
- Vorbeugende Detektion und Lokalisierung möglicher Netzstörungen
  - Gezielte, präventive Instandhaltung der Netzinfrastruktur

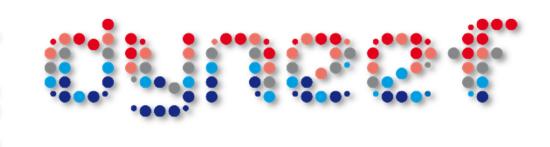




Technische Grundlagen



# dynamische netzsimulation zur effizienzsteigerung und emissionsreduzierung in der fernwärmeversorgung



- Dynamische Netzsimulation "AD-Net Fernwärme"
  - Hohe räumliche und zeitliche Auflösung
  - Darstellung von Laufzeiteffekten
  - Performante Berechnung großer Netze in Echtzeit und über große Zeiträume
  - Evaluierung anhand realer Messdaten des Ludwigshafener Großstadtnetzes
- Automatisches Differenzieren (AD) zur direkten Anbindung an Optimierer
- Anbindung an die zentrale Kraftwerkseinsatzoptimierung
- Import-Schnittstelle zu STANET







Gefördert durch:

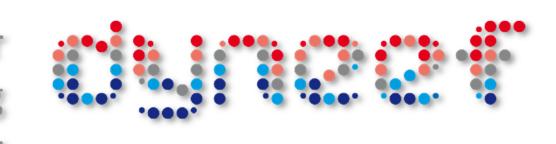


aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

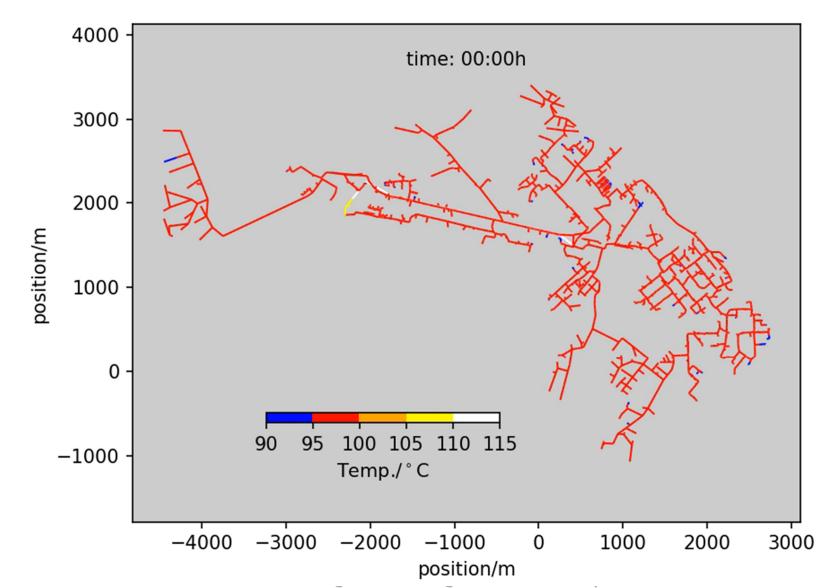


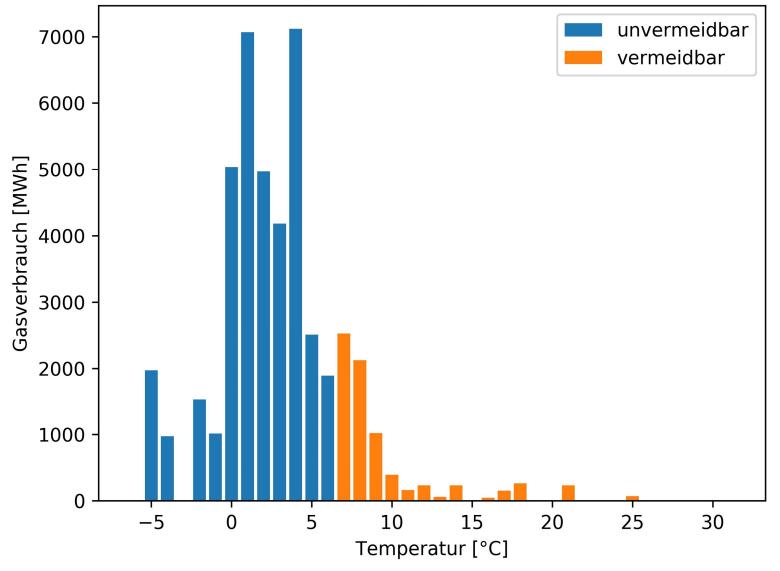


## dynamische netzsimulation zur effizienzsteigerung und emissionsreduzierung in der fernwärmeversorgung



- ✓ Hohe Akkuratheit der Prognosen
- Optimierung des Betriebsmitteleinsatzes
- ✓ Vermeidung von Zusatzbefeuerung zu Müllverbrennung (an Tagen mit einer mittleren Temperatur ≥ 7 °C):
  - Emissionsreduktion von ca. 1.700 t CO<sub>2</sub> bzw.
- ✓ Vermeidung starker Temperaturschwankungen im Netz
- Optimierung des Pumpenbetriebs durch genaue Kenntnis der Schlechtpunktpositionen
- ✓ Lokalisierung von Störungen / fehlerhafter Einstellungen

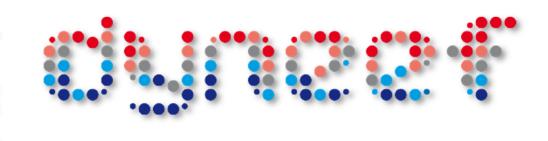




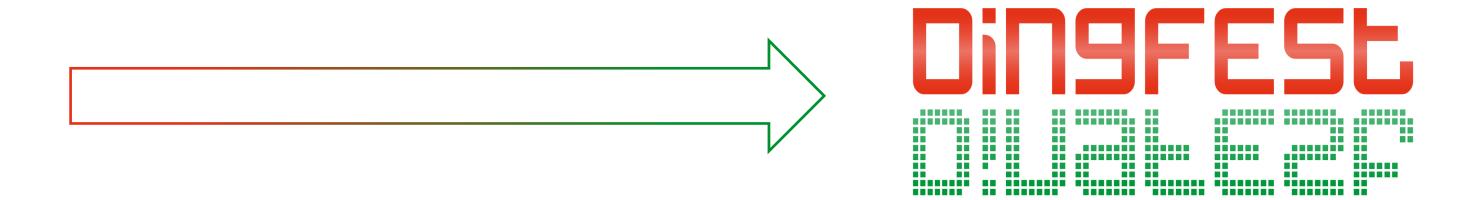




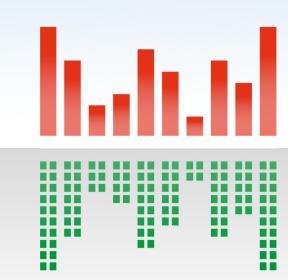
dynamische netzsimulation zur effizienzsteigerung und emissionsreduzierung in der fernwärmeversorgung



- Kalibrierung und Evaluierung retrospektiv anhand historischer Messdaten (Grundlage TWL-Messkampagne 2018)
- Für umfassende Validierung noch keine hinreichende Zahl Messdaten vorhabenden
- Für einen zweckmäßigen Praxiseinsatz (Einbettung in Kraftwerkseinsatzoptimierung) werden fortlaufend Echtzeit-Messdaten aus dem Netz benötigt
- Systemintegration in einem digitalen Leitstand noch kein Gegenstand des Vorhabens







Ansatz & Zwischenstand



- Fortlaufende Kalibrierung und Validierung der dynamischen Netzsimulation (DYNEEF-Rechenkern) mit Messdaten aus dem Netz (permanenter Abgleich des simulierten Netzzustands mit Echtzeitmessungen) ...
- … liefert räumlich hochaufgelöstes und sehr akkurates Echtzeit-Abbild des Netzzustands parallel zum laufenden Betrieb ("Digitaler Zwilling"), auch unter…
- ... Berücksichtigung dezentraler und volatiler Erzeuger
- Optimierer reagiert ad hoc auf sich ändernde (innere und äußere) Systemparameter und liefert so situativ ideale Vorschläge für effizienten Betriebsmitteleinsatz und -fahrweise
- Digitaler Zwilling erlaubt eine frühzeitige Detektion sowie die exakte Lokalisierung von Störungen im Netz
- Kommunikation der verteilten Messdaten zum zentralen Leitstand erfolgt mittels drahtloser IoT-Technologie (LPWAN)

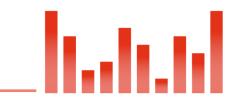


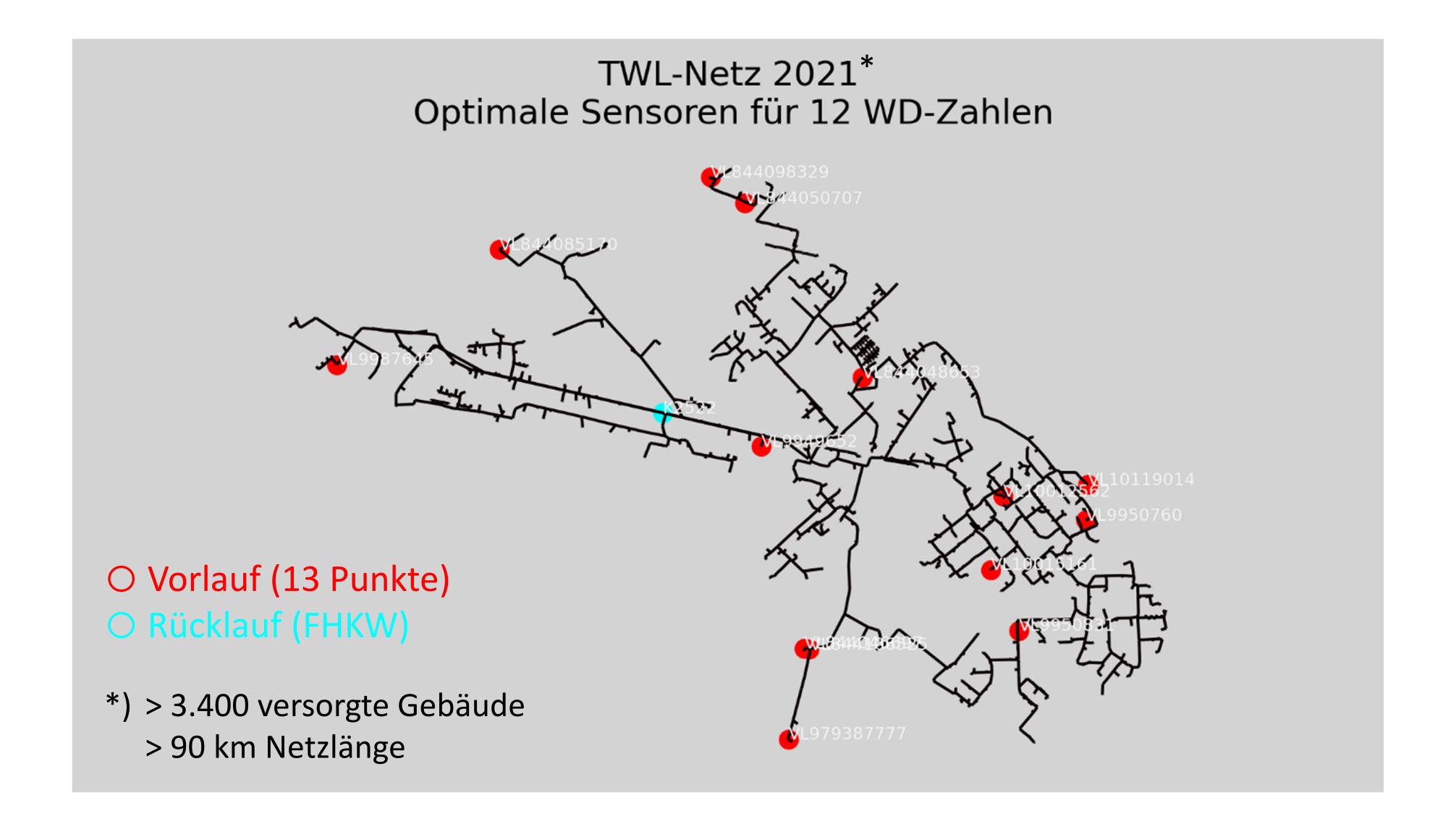
#### Aktueller Zwischenstand



- ✓ LPWAN im Ludwigshafener Versorgungsgebiet wurde aufgebaut (LoRaWAN<sup>TM</sup>)
- ✓ Algorithmus zur initialen Berechnung einer intelligenten Sensorplatzierung in Netz wurde entwickelt
  - Mathematische Optimierung anhand von Sensitivitäten bestimmter Modellparameter (Rohrrauhigkeitsund Wärmedurchgangskoeffizienten) auf Grundlage von Ergebnissen der dynamischen Simulation
  - Liefert minimale Anzahl von Messstellen an neuralgischen Punkten im Netz für maximal akkurate
    Simulationsergebnisse
  - Berücksichtigt bereits bestehende oder geplante Messpunkte (bspw. Smartmeter bei Kunden)
  - Berücksichtigt thermohydraulische Aspekte (bspw. Druckschlechtpunkte in der Netztopologie)
  - Berücksichtigt, soweit dokumentiert, lokale Zugänglichkeiten zum Netz und LPWAN-Konnektivitäten
- ✓ Verschiedene Varianten der Mess- und Kommunikationslösungen wurden evaluiert
- Installation der Messstellen bzw. Smartmeter beim Praxispartner TWL hat begonnen











Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



### Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

... Fragen?!





