

Zukünftige Anforderungen an Wärmenetzsysteme:

Von Forschung über Planung zu Umsetzung und Betrieb von Wärmenetzsystemen mit zeitlich in Temperatur und Leistung variierenden Wärmequellen.

Sebastian Fürstenau, „Wärmewende durch Geothermie“ – Boot-Camp

Grünwald, 14.06.2022

GEF Ingenieur AG

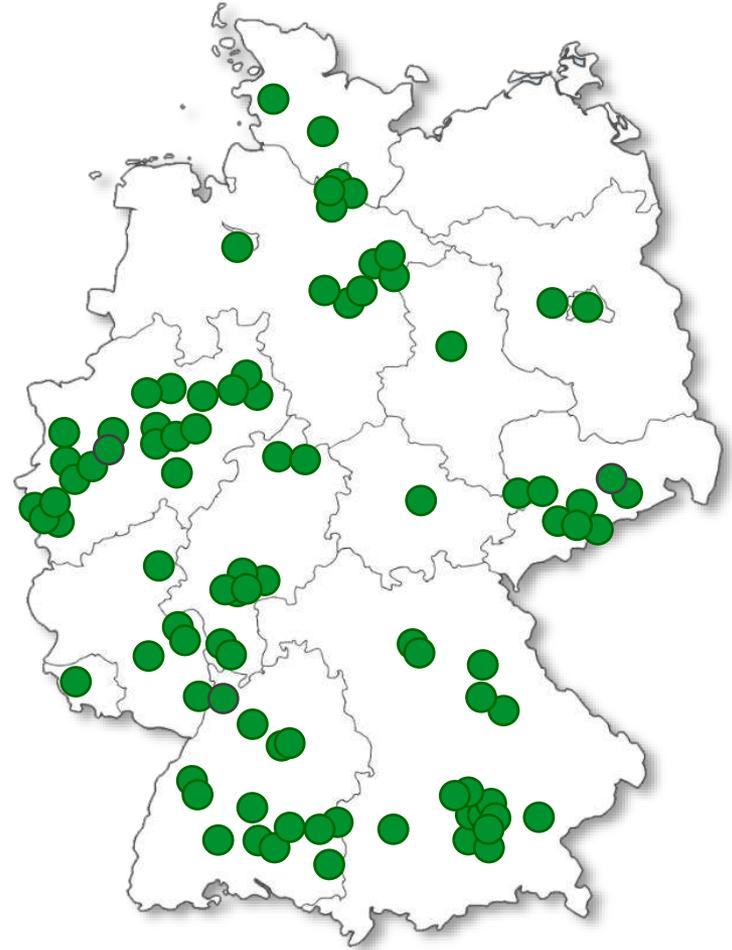
Ferdinand-Porsche-Straße 4a
D-69181 Leimen
info@gef.de
www.gef.de

- 1. Kurzvorstellung GEF Ingenieur AG**
2. Forschungsvorhaben DYNEFF und DINGFEST
3. Beispiele aus der Praxis

- gegründet 1984
- Hauptsitz in Leimen bei Heidelberg
- Standort Chemnitz seit 1990
- Umwandlung zur AG im Jahr 2000
- derzeit ca. 55 Mitarbeiter/innen
- Prämiertes Qualitätsmanagement in 2019 nach dem Qualitätsstandard *Planer am Bau*



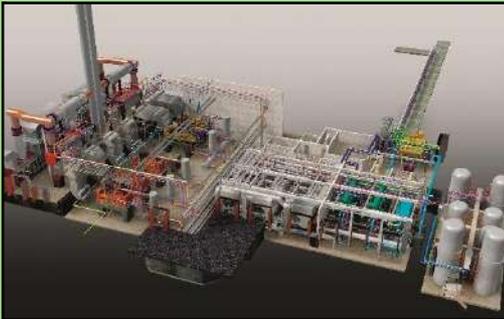
Projektstandorte



info@gef.de | #gefingag | www.gef.de



Erzeugungsanlagen



Planung und Bauüberwachung

- Erzeugungsanlagen für Strom, Wärme und Kälte
- Umwandlungs- und Übergabestationen
- Druckerhöhung, Anlagentechnik, EMSR-Technik

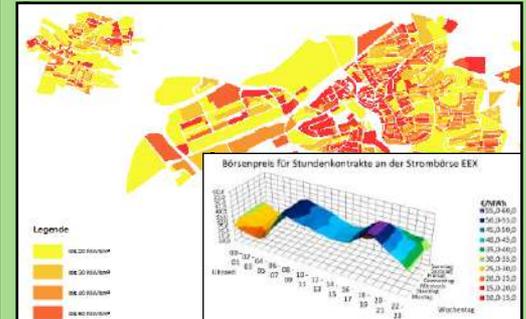
Trassenplanung



Planung und Bauüberwachung

- erd- und freiverlegte Fernwärmetrassen
 - Vortriebe
 - Hausübergabestationen
- Rohrstatik, Software sisKMR

Studien und Forschung



Bedarfs- und Potenzialanalysen

- Machbarkeitsstudien
- Hydraulische Netzberechnung
- Gutachten
- Strategieberatung

1. Kurzvorstellung GEF Ingenieur AG
- 2. Forschungsvorhaben DYNEFF und DINGFEST**
3. Beispiele aus der Praxis

DINGFEST

DWALEF

Digitaler Zwilling
zur flexibilisierten und effizienzoptimierten
Steuerung dezentralisierter Fernwärmenetze



- **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



Forschung für
energieoptimierte
Gebäude und Quartiere

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

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 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

- 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. CO₂-freie Wärmeerzeugung aus konstanten und inkonstanten Quellen
- Multiskalige Sektorkopplung
 - Flexibilisierung des Betriebs zur integrativen Einbindung der FW in ein übergeordnetes Gesamtsystem

↑ Komplexität ↑

↓ Transparenz ↓

↑ Dynamik ↑

Ziele DingFESSt = 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 Kraftwerkseinsatzoptimierung
 - Mittelbar: (Quasi-)Autonomer Netzleitstand
- Flexibilisierung der Sektorkopplung
 - Entkoppelung von Stromerzeugung und Wärmebedarf
- Vorbeugende Detektion und Lokalisierung möglicher Netzstörungen
 - Gezielte, präventive Instandhaltung der Netzinfrastruktur

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:

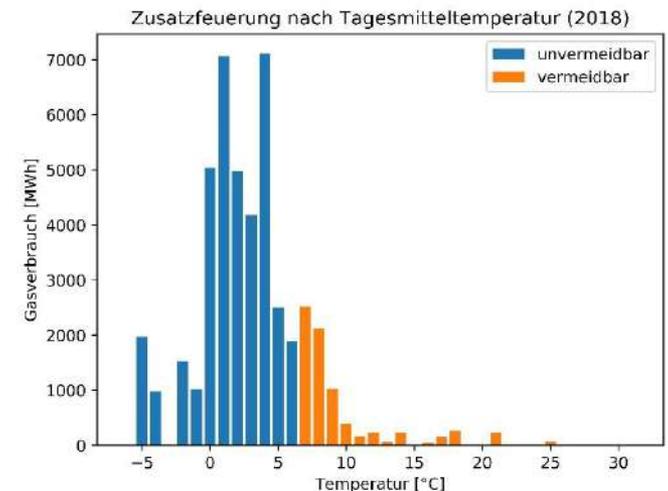
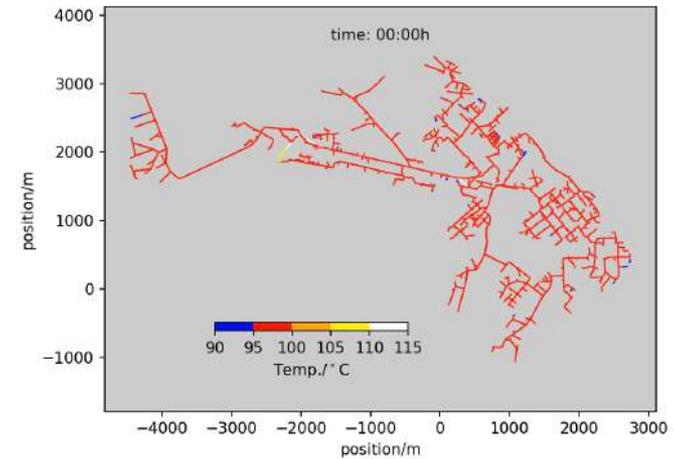


aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

dynamische netzsimulation zur
effizienzsteigerung und emissionsreduzierung
in der fernwärmeversorgung



- ✓ Hohe Akkuratheit der Prognosen
- ✓ Optimierung des Betriebsmitteleinsatzes
- ✓ Vermeidung von Zusatzbefuerung zu Müllverbrennung (an Tagen mit einer mittleren Temperatur ≥ 7 °C):
 - ❖ Emissionsreduktion von ca. 1.700 t CO₂ bzw.
 - ❖ ca. 370.000 € effektive Kosteneinsparung p.a. (in 2018)
- ✓ 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

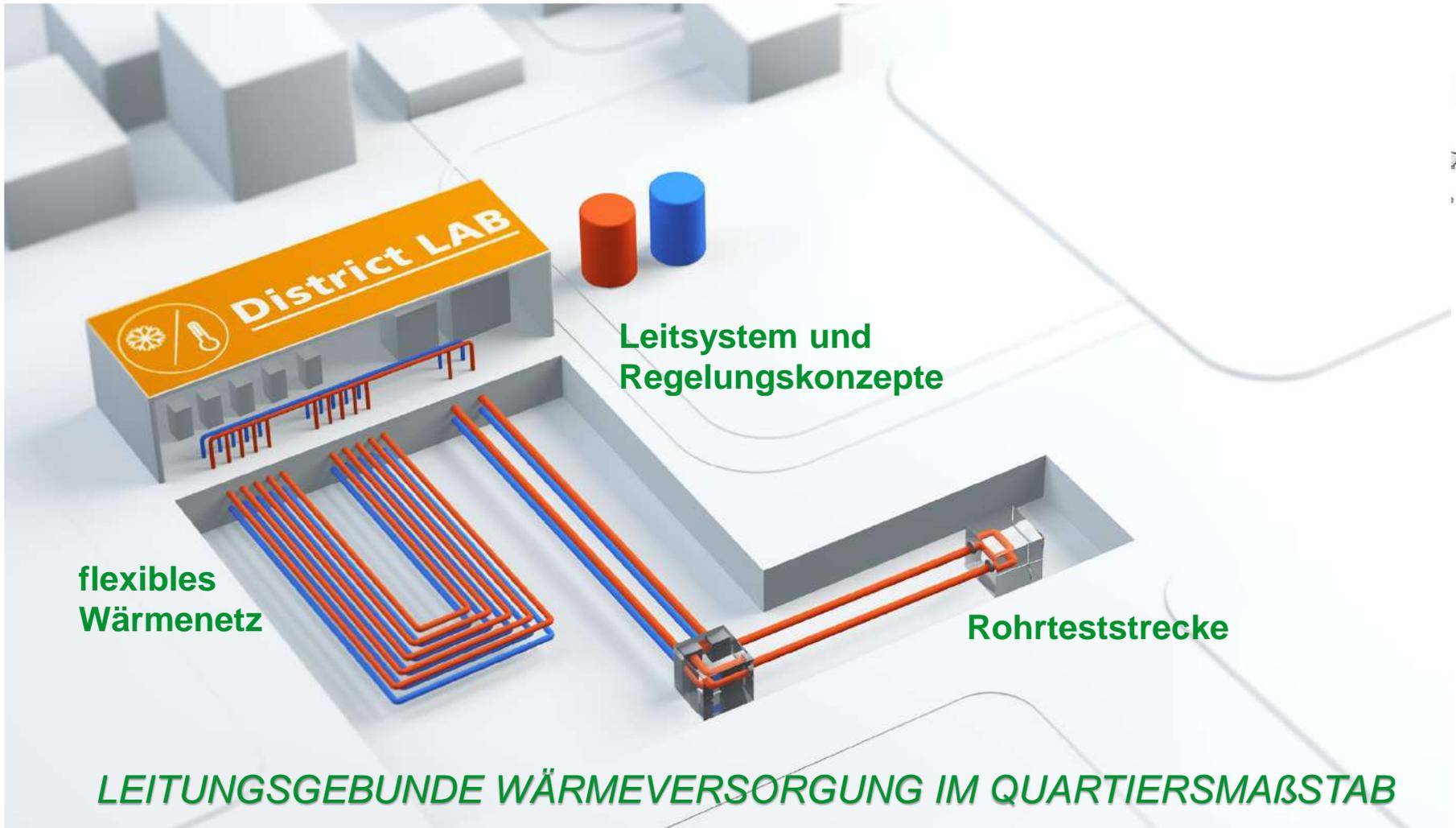


DINGFEST
DUAL EEF

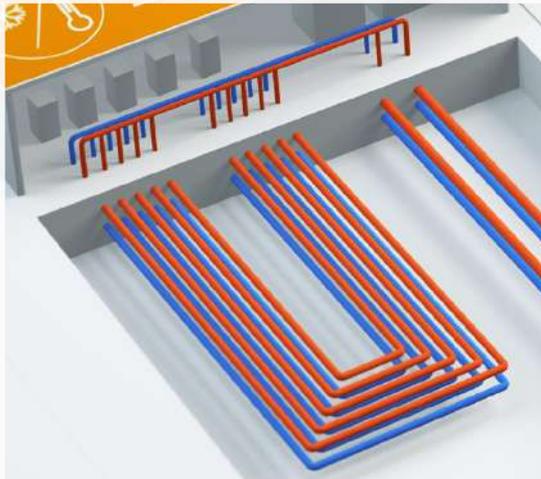
- Fortlaufende Kalibrierung und Validierung der dynamischen Netzsimulation (*DYNEEF*-Rechenkern) mit Messdaten aus dem Netz (permanenter Abgleich des simulierten Netzzustands mit Echtzeitmessungen) ...
- ... liefert räumlich hochaufgelöstes und sehr akkurates Echtzeit-Abbild des Netzzustands parallel 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)

- ✓ LPWAN im Ludwigshafener Versorgungsgebiet wurde aufgebaut (LoRaWAN™)
- ✓ Algorithmus zur initialen Berechnung einer intelligenten Sensorplatzierung in Netz wurde entwickelt
 - Mathematische Optimierung anhand von Sensitivitäten bestimmter Modellparameter (Rohrrauigkeits- und 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. Druckschlechtepunkte 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

1. Kurzvorstellung GEF Ingenieur AG
2. Forschungsvorhaben DYNEFF und DINGFEST
3. **Beispiele aus der Praxis**



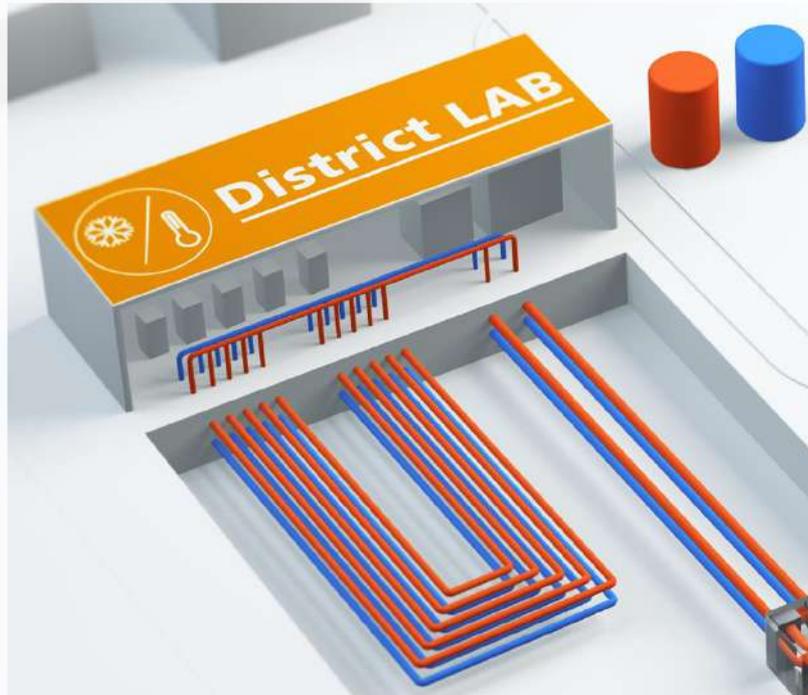
flexibles Wärmenetz



- Kalte Netze oder Quellennetze mit dezentralen Wärmepumpen
- (LowEx-) Wärmenetze mit dezentraler Einspeisung
- Hygienische Trinkwarmwasserbereitung bei NT-Versorgung
- Transformationsstrategien in Niedertemperatur-Fernwärmenetzen (Temperaturabsenkung, etc.) und für bestehende Netze

LEITUNGSGBUNDE WÄRMEVERSORGUNG IM QUARTIERSMAßSTAB

Leitsystem und Regelungskonzepte



- Entwicklung von neuen Betriebsstrategien und Regelungskonzepten
- Steuerung, Monitoring und Visualisierung von zentralen und dezentralen Komponenten
- Automation von Testsequenzen
- Validierung von Simulationsmodellen
- Vorausschauende Simulation und Betriebsstrategien

LEITUNGSGBUNDE WÄRMEVERSORGUNG IM QUARTIERSMAßSTAB



▪ Berücksichtigung von 7 Szenarien

- *SZ 1 A – Betrieb konventionelles Fernwärmenetz* → $T_{VL} = 120^{\circ}\text{C} / T_{RL} = 70^{\circ}\text{C}$
 - SZ 1 B – Solare Einspeisung ($T_{VL} = 140^{\circ}\text{C} / T_{RL} = 90^{\circ}\text{C}$) in konventionelles Netz
- *SZ 2 A – Versorgung im LowEx-Netz* → $T_{VL} = 70^{\circ}\text{C} / T_{RL} = 45^{\circ}\text{C}$
 - SZ 2 B – Solare Einspeisung in LowEx-Netz
- *SZ 3 A – Versorgung in kaltem Netz* → $T_{VL} = 10^{\circ}\text{C} / T_{RL} = 7^{\circ}\text{C}$
 - SZ 3B – Einspeisung in kaltes Netz, bspw. durch dezentrale Niedertemperaturwärme
- *SZ 4 – Autarkie im Netz*
 - autarker Betrieb von Prosumern – Ausgleich zwischen Einspeisung und Abnahme

Praxisbeispiele zur Einbindung von Abwärme



Quelle: www.pixabay.com

Thermische Abfallverwertung/
Biomassekraftwerke



Quelle: GEF

Abgaswärme aus
industriellen Prozessen



Quelle: www.pexels.com; www.pixabay.com

Abwärme aus Rechenzentren