

WÄRME | KÄLTE | KWK



DIGIHEAT

Digitalisiertes Wärmekraftwerk
für eine effizientere urbane Fernwärmeversorgung

AP3 Praktische Umsetzung und Monitoring
Steckbriefe für Anwendungsfälle der SW Marburg



STADTWERKE  MARBURG

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhalt

1	DigiHeat.....	3
1.1	Das Forschungsvorhaben DigiHeat.....	3
1.2	Das „Digitalisierte Wärmekraftwerk“ (DWK).....	3
1.3	Die Anwendungsfälle.....	5
2	Anwendungsfall „Schlechtpunktmessung“.....	7
2.1	Problemstellung	7
2.2	Lösungsansätze	8
2.2.1	Teilziel: Reduzierung des Stromverbrauchs der Netzpumpen	9
2.2.2	Beispiel: Möglicher Nutzen durch den Einsatz von LeanHeat Monitoring	9
2.3	Erwartete Nutzen.....	9
3	Umsetzung	10
3.1	Anforderungsanalyse perspektivischer Anwendungsfälle	10
3.2	Konkretisierung für die Schlechtpunktmessung	11
3.3	Anbindung der Messpunkte und Pumpen.....	13
3.4	Tatsächlicher Nutzen.....	14
3.5	Lessons Learned.....	16
3.6	Ausblick/ Bewertung/ Fazit	16

1 DigiHeat

1.1 Das Forschungsvorhaben DigiHeat

Das Vorhaben „N5GEH-DigiHeat - Digitalisiertes Wärmekraftwerk für eine effizientere urbane Fernwärmeversorgung“ fokussiert auf Ansätze zum zielgerichteten und effizienzsteigernden Einsatz von Technologien zur Datenübertragung und -verarbeitung im Fernwärmesektor. Es kombiniert hierbei konkrete Digitalisierungsmaßnahmen der drei beteiligten Stadtwerke Gießen, Marburg und Hanau mit der Entwicklung und Praxiserprobung des innovativen Konzepts eines 'Digitalisierten Wärmekraftwerks'. Bei diesem wird die IKT-Systemarchitektur des virtuellen Kraftwerks, wie sie im Stromsektor bereits vielfach Anwendung findet, auf den Anwendungsfall Fernwärme vorgenommen.

1.2 Das „Digitalisierte Wärmekraftwerk“ (DWK)

Das **Digitalisierte Wärmekraftwerk** (DWK) beschreibt die datengetriebene und softwaregestützte Vernetzung von Wärmeerzeugung, -verteilung und -verbrauch innerhalb eines Fernwärmesystems mit dem Fokus auf eine betriebliche Optimierung dezentraler und verteilter Erzeuger als übergeordnete Zielstellung.

Der Umstieg auf erneuerbare Energien bei der Wärmebereitstellung erfordert die digitale Vernetzung aller Erzeugungs-, Verteil- und Verbrauchseinheiten, um das volle Flexibilitäts- und Effizienzpotenzial erneuerbarer Wärmequellen zu erschließen. So kann eine optimale Nutzung der Energie, die Steigerung der Betriebseffizienz sowie die Reduktion von CO₂-Emissionen erreicht werden. Durch die umfassende Digitalisierung und Integration aller Systemkomponenten entlang der Wärmelieferkette kann nicht nur an einzelnen Punkten eine Optimierung stattfinden, sondern das Wärmeversorgungssystem ganzheitlich optimiert werden.

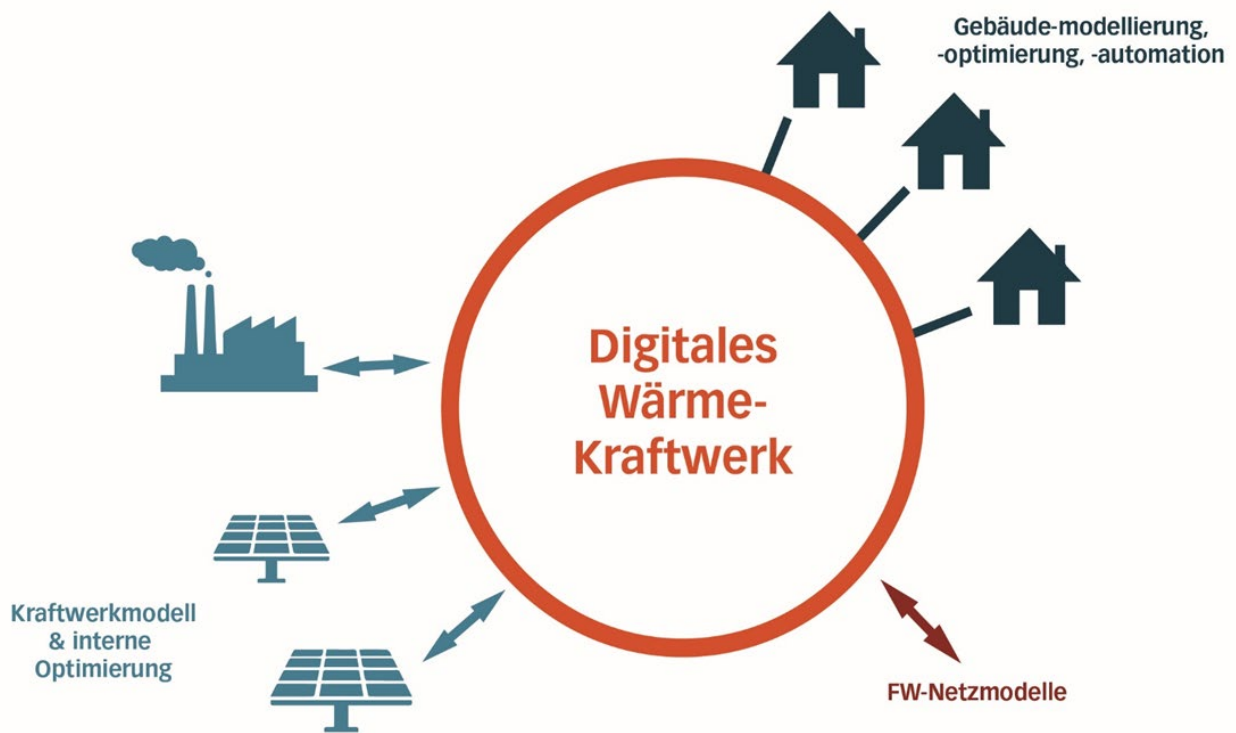


Abbildung 1: Digitales Wärmekraftwerk mit vernetzten Erzeugungs-, Netz- und Gebäudemodellen

Die Basis des DWK bildet die Erhebung und Verarbeitung der relevanten Betriebsdaten der eingebundenen dezentralen Wärmeerzeuger und Verbraucher, die kontinuierlich, im für eine Optimierung notwendigen Rahmen erfolgen muss. Hier gilt es zunächst die relevanten Betriebsdaten wie Temperatur- und Druckverläufe, Volumenströme für einen optimalen, kosteneffiziente Datenerhebung zu ermitteln. Die interne Optimierung von Erzeugereinheiten/Kraftwerken oder auch von den Verbrauchern, z.B. im Rahmen der Gebäudeautomation, werden vom DWK nicht berührt (siehe Abbildung 1).

Durch die Analyse des aktuellen Betriebszustands und historischer Daten lassen sich mit dem Digitalen Wärmekraftwerk (DWK) präzise Vorhersagen über den künftigen Energiebedarf erstellen (Lastprognosen) und alternative Betriebsstrategien simulieren. Im konservativsten Ansatz bildet eine regelbasierte Steuerung die Grundlage der Systemführung.

Das DWK ermöglicht darüber hinaus eine dynamische Anpassung auf Basis aktueller Messwerte, prognostizierter Lastverläufe sowie definierter Zielparameter – beispielsweise zur Optimierung der Rücklauftemperatur oder zur Verschiebung von Lastspitzen. Mithilfe künstlicher Intelligenz lassen sich diese Regelungen weiter verfeinern: Lernende Algorithmen erkennen Muster im Nutzerverhalten, reagieren auf externe Einflussfaktoren wie Wetter- oder

Preisdaten und optimieren die Steuerung kontinuierlich im laufenden Betrieb. So wird eine adaptive, selbstoptimierende Betriebsweise möglich.

Diese adaptive Betriebsweise des DWK eröffnet eine Reihe zentraler Funktionalitäten entlang der gesamten Wärmeversorgungskette. Dazu zählt insbesondere die Optimierung des Wärmenetzbetriebes und des Betriebs der Netzpumpen bei Einbeziehung von Schlechtpunktmessungen. Gleichzeitig ermöglicht das DWK durch die Steuerung der Vorlauftemperaturen einen angepassten Niedertemperaturbetrieb für eine höhere Netz- und Erzeugungseffizienz bei gleichbleibender Versorgungssicherheit. Die kontinuierliche Optimierung der Rücklauftemperaturen verringert Netzverluste und erhöht den Wirkungsgrad des Gesamtsystems. Diese Funktionalitäten lassen sich sowohl in der Optimierung der Betriebsführung als auch für eine datenunterstützte Ausbauplanung einsetzen.

Durch die Einbindung dezentraler Wärmeerzeuger und ggf. auch Speichersysteme sowie die Fähigkeit, flexibel auf volatile Einspeisungen aus erneuerbaren Energien zu reagieren, entwickelt sich das Fernwärmenetz durch das DWK zu einem aktiven, steuerbaren Element der Energiewende.

Diese technische und systemische Flexibilität ermöglicht perspektivisch die erfolgreiche Integration von Solarthermie, Wärmepumpen oder industrieller Abwärme in bestehende Versorgungsinfrastrukturen.

Voraussetzung für den Aufbau und der Verzahnung dieser Funktionen hin zu einem DWK ist jedoch eine standardisierte, sichere und verlustfreie Datenkommunikation zwischen den beteiligten Systemkomponenten – von der Erzeugung bis hin zur Gebäudeautomation. Im Projekt *DigiHeat* werden hierzu gezielt Ansätze für den effizienten Einsatz von Technologien zur Datenübertragung und -verarbeitung im Fernwärmesektor untersucht. Zunächst werden im Rahmen einzelner Modell- und Pilotvorhaben konkrete Digitalisierungsmaßnahmen und die Umsetzung von Einzelmaßnahmen bei den drei beteiligten Stadtwerken Gießen, Marburg und Hanau in unterschiedlichen Anwendungsfällen umgesetzt. Diese dienen als Grundlage für die Entwicklung und praxisnahe Erprobung eines innovativen, übertragbaren Gesamtkonzepts.

1.3 Die Anwendungsfälle

Aus dem Forschungsvorhabens DigiHeat heraus werden Steckbriefe zu Anwendungsfällen veröffentlicht, die konkrete Digitalisierungsmaßnahmen der drei beteiligten Stadtwerke Gießen, Marburg und Hanau beschreiben und dabei Teilschritte auf dem Weg zu einem perspektivischen DWK weiterentwickeln und praktisch erproben. Das Wissen um einen möglichen Zielzustand ist bereits bei der detaillierten Ausgestaltung der einzelnen Anwendungsfälle notwendig, da beispielsweise schon die ausgewählte

Kommunikationstechnologie beeinflusst, welche Einsatzmöglichkeiten aktuell, aber auch perspektivische möglich sind und welche nicht. Detaillierte Informationen zu Kommunikationstechnologien in der Fernwärme sind in der [„Entscheidungshilfe für Kommunikationstechnologien in der Fernwärme“](#) zu finden.

2 Anwendungsfall „Schlechtpunktmessung“

2.1 Problemstellung

Zum Transport des Heizwassers durch die Rohrleitungen von Fernwärmenetzen ist ein Druckgefälle notwendig. Im einfachsten Fall steht eine Pumpe an der Wärmequelle, die das erwärmte Wasser mit Druck in ein Vorlaufrohr einspeist und dieses zum Ziel transportiert. An der Wärmeabnahme-Stelle wird ausreichend Druck benötigt, damit die Rohrleitungen und ggf. der Wärmetauscher zum Auskühlen durchflossen werden können. Aufgrund des geschlossenen Kreislaufs eines Fernwärmesystems muss der Druck nach der Wärmeübergabe noch ausreichen, um das ausgekühlte Wasser im Rücklauf zurück zur Netzpumpe zu transportieren.

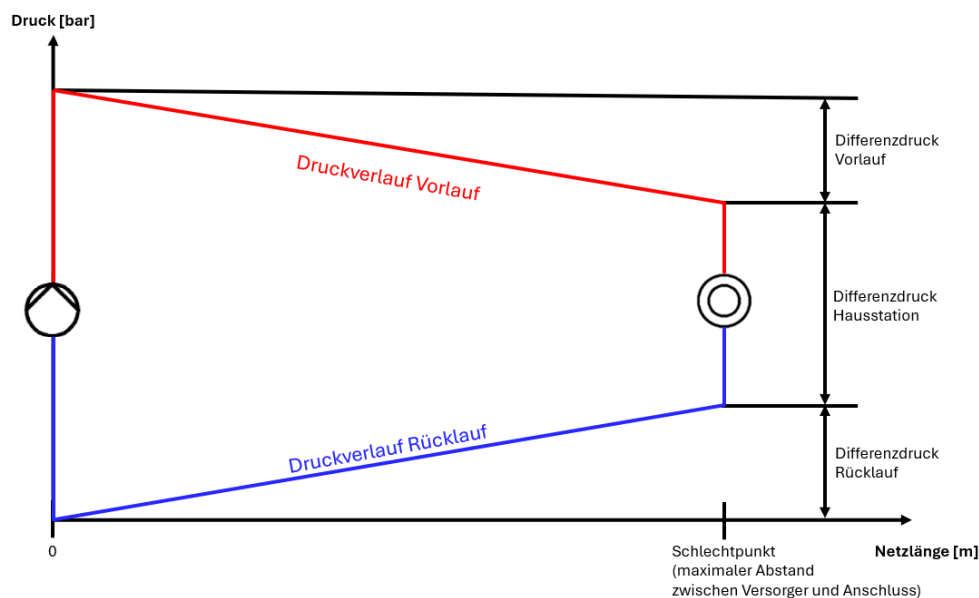


Abbildung 2: Vereinfachter Druckkreislauf in einem Fernwärmenetz

Der Vorlaufdruck der Einspeisepumpe muss also immer so hoch sein, dass beim am weitesten entfernten Kunden noch ausreichend Druck vorhanden ist (vgl. Abbildung 2). Fügt man dem einfachen Beispiel weitere Wärmeverbraucher hinzu, lässt sich erahnen, dass diese die Druckverhältnisse an den jeweils nachfolgenden Übergabepunkten beeinflussen können. So wird der notwendige Druck, den die Pumpe aufbringen muss, um den „letzten Kunden“ sicher zu versorgen, variieren, wenn alle vorherigen Kunden die maximale Wärmemenge abrufen oder gerade keine Wärme benötigen und auch in allen Varianten dazwischen. In realen Fernwärmenetzen, die häufig Maschen enthalten, zahlreiche Kunden und verschiedene Wärmequellen an unterschiedlichen Standorten aufweisen können, sind dabei deutlich komplexer als das einfache Beispiel. Dennoch wird versucht die Netzpumpen so zu steuern, dass diese den aktuellen Bedarf möglichst effizient decken und nicht unnötig überschreiten. Um sicherzustellen, dass dabei kein Kunde unterversorgt wird, werden im Netz Messungen

an den Punkten durchgeführt die bekanntermaßen (durch hydraulische Netzberechnung und empirische Erfahrungswerte) zuerst von einem zu niedrigen Druck betroffen wären. Dies sind die sogenannte hydraulische Schlechtpunkte.

In Marburg wurden bisher die Messungen der hydraulischen Schlechtpunkte überwiegend als Orientierungshilfe für den täglichen Pumpenbetrieb verwendet. Mit dem Ziel, den Netzbetrieb auch im komplexer werdenden System zu jedem Zeitpunkt möglichst nah am Optimum zu ermöglichen, müssen die Messwerte der Schlechtpunkte deutlich hochfrequenter erfasst und direkt in die Verbundleitwarte, welche u.a. den Netzbetrieb bzw. die Netzeinspeisepumpen am Heizkraftwerk Ortenberg steuert, übertragen werden. Durch eine modellgestützte Auswertung dieser Daten soll die Überwachung und auch das Nachregeln mit einem hohen Automatisierungsgrad unterstützt werden.

2.2 Lösungsansätze

Hydraulische Netzslechtpunkte können an unterschiedlichen Orten im Netz auftreten (üblicherweise in Randgebieten mit größtmöglicher Distanz zu dem/ den Einspeisepunkt(en)), weshalb die Messstellen sowohl in Netzschächten, Kellern von Gebäuden, Netzübergabepunkten, etc. platziert sein können. Zur Auswahl der passenden Kommunikationstechnologie der Datenübertragung sind deshalb die individuellen Randbedingungen an den Schlechtpunkten zu berücksichtigen. Außerdem gilt es die Anforderungen an die Kommunikationstechnologie zu definieren, die aufgrund des geplanten Einsatzzwecks entstehen. Weiterhin ist auch zu klären, in welchem Format und welcher Qualität die Daten verfügbar sind und wie diese zur Weiterverarbeitung aufbereitet werden sollen.

Für den Anwendungsfall der Stadtwerke Marburg (SWMR) sollen die erfassten Daten zur Optimierung des Netzbetriebs und der Pumpensteuerung genutzt werden. Die Schlechtpunktmessungen werden bis zur Gebäudeleittechnik („Neuberger“) im Heizwerk übertragen, um dort die direkte Ansteuerung der Pumpen sicherzustellen. Voraussetzung hierfür ist ein kalibriertes und validiertes Netzmodell des Fernwärmesystems, welches die SWMR zukünftig, mit der Integration von zahlreichen Live-Messdaten, zu einem digitalen Zwilling ihres Fernwärmenetzes ausbauen wollen. Mithilfe dieses zukünftigen digitalen Zwillings können auf Basis der Datenhistorie der Schlechtpunktmessungen Optimierungsverfahren für die Netzhydraulik angewendet werden, beispielsweise zur dynamischen Ansteuerung der Netzpumpen. Wichtig ist hierfür eine entsprechende Übertragungstechnologie auszuwählen, die in der Lage ist, die notwendigen Messdaten sicher, zuverlässig und bedarfsgerecht zu übertragen. Nach ersten Betriebserfahrungen soll

das validierte Modell herangezogen werden, um weitere Netzschlechtepunkte und Engpässe zu erkennen.

Finales Ziel ist die Reduktion des Stromverbrauchs der Netzpumpe, bei gleichbleibend hoher Versorgungsqualität.

2.2.1 Teilziel: Reduzierung des Stromverbrauchs der Netzpumpen

Sobald kontinuierliche Messdaten an hydraulisch ungünstigen Netzpunkten (Schlechtepunkten) vorliegen, können diese als Führungsgröße für den Betrieb der Netzpumpen herangezogen werden. Die kontinuierliche Überwachung dieser kritischen Netzpunkte ermöglicht eine bedarfsgerechtere Regelung der Pumpenleistung, wodurch Überversorgungen im Netz deutlich reduziert werden können.

2.2.2 Beispiel: Möglicher Nutzen durch den Einsatz von LeanHeat Monitor

Mit Leanheat Monitor (LHM) können erfasste Daten aus den Hausstationen (HAST) im Besonderen nahe der Netzschlechtepunkte erfasst, visualisiert und auch zur weiteren Nutzung an andere Softwareprodukte übertragen werden.

Werden im ersten Schritt die Δp -Werte der HAST über LHM erfasst, gespeichert und visualisiert, stehen diese dem Versorger als Entscheidungsgrundlage für einen möglichst effizienten Netzbetrieb zur Verfügung, bei gleichzeitiger Überwachung der Versorgungssicherheit. Die Kombination von HAST-Daten mit dem digitalen Zwilling des Marburger Fernwärmenetzes hat das Potenzial, den Betriebszustand des Wärmenetzes so genau abzubilden, dass keine weiteren Messstellen erforderlich sind. Im Besonderen das Nachrüsten von Messstellen im Wärmenetz ist häufig mit hohem Aufwand und Kosten verbunden. Zudem verursacht die Wartung und Instandhaltung von Schachtbauwerken und Messtechnik im Feld (bspw. unter Witterungseinflüssen) zusätzliche laufende Kosten.

2.3 Erwarteter Nutzen

Durch die orientierende Regelung am Schlechtepunkt wird sichergestellt, dass die erforderlichen Differenzdrücke im Netz gerade ausreichend bereitgestellt werden, ohne unnötig hohe Förderleistungen der Netzpumpen zu erzeugen. Der daraus resultierende effizientere Betrieb der Pumpen führt zu einer Reduzierung des elektrischen Energiebedarfs, da geringere Pumpenleistungen zur Aufrechterhaltung der hydraulischen Versorgungssicherheit erforderlich sind.

3 Umsetzung

Zur Vorbereitung einer möglichst umfassenden Anforderungsanalyse arbeiteten die SWMR bereits zu Projektbeginn in einem abteilungsübergreifenden Team zusammen. So konnte man sich beispielsweise gemeinsam über die benötigte, zukünftige Datenqualität und -auflösung verständigen, was einer der wichtigsten Faktoren für einen langfristigen Nutzen darstellt. Der Arbeitsablauf ist in Abbildung 3 dargestellt.



Abbildung 3: Umsetzungsprozess

3.1 Anforderungsanalyse perspektivischer Anwendungsfälle

Neben der bereits geplanten Schlechtpunktmessung und Pumpensteuerung sollen die Daten aus dem Netz auch für weitere Analysen, Auswertungen und Optimierungen genutzt werden. Wenngleich eventuell nicht alle Optionen gleichzeitig und in vollem Umfang umsetzbar sind, wurden diese frühzeitig bei der Anforderungsanalyse für langfristige und perspektivische Anwendungsfälle skizziert und gesammelt.

Die nachfolgende Übersicht (Abbildung 4) zeigt die diskutierten Einsatzmöglichkeiten von Daten. Die Kästen sind entsprechend der erwarteten Komplexität abgestuft. Der sichtbarste Kasten steht für die geringste Komplexität, mit zunehmender Transparenz steigt die Komplexität der Umsetzung. Die Erfahrungen aus dem ersten umgesetzten Anwendungsfall sollen bei der anschließenden Detailplanung für weitere Anwendungsfälle einfließen. Eine mögliche Priorisierung soll dabei sowohl Synergien und gemeinsame Teilschritte berücksichtigen als auch Zwischenschritte, die frühzeitig Mehrwerte für die SWMR und Ihre Kunden bringen können.

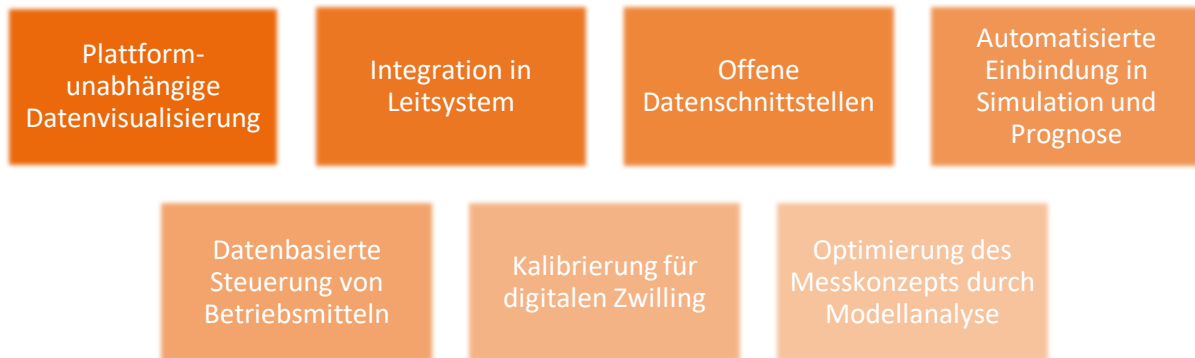


Abbildung 4: Übersicht der diskutierten Einsatzmöglichkeiten

Für jeden einzelnen Anwendungsfall wurden die Anforderungen (siehe Abbildung 5) gesammelt, die für eine technisch erfolgreiche Umsetzung als erforderlich erachtet werden.

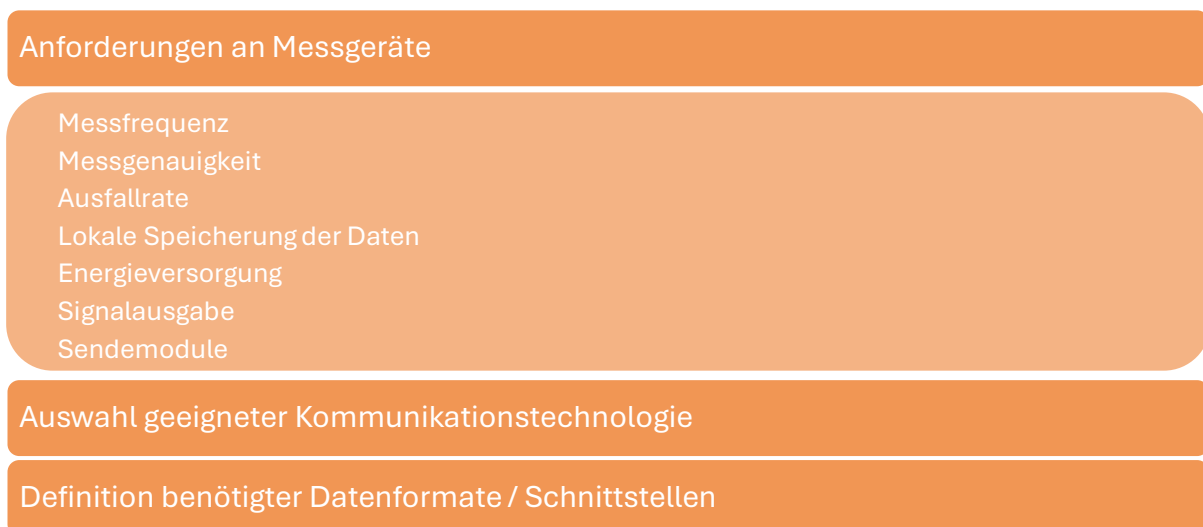


Abbildung 5: Abgeleitete Anforderungen

3.2 Konkretisierung für die Schlechtpunktmessung

Für die zu übertragenden Daten der Netzschlechtepunkte wurden fünf passende Standorte ausgewählt, um mit einer Detailplanung zu starten (siehe Abbildung 6). Bei drei Standorten handelt es sich um Kundenanlagen, die nicht im Eigentum der SWMR sind. Die beiden anderen Standorte sind Unterstationen (hydraulische Systemtrennung zwischen Primär- und Sekundärnetz) der SWMR.

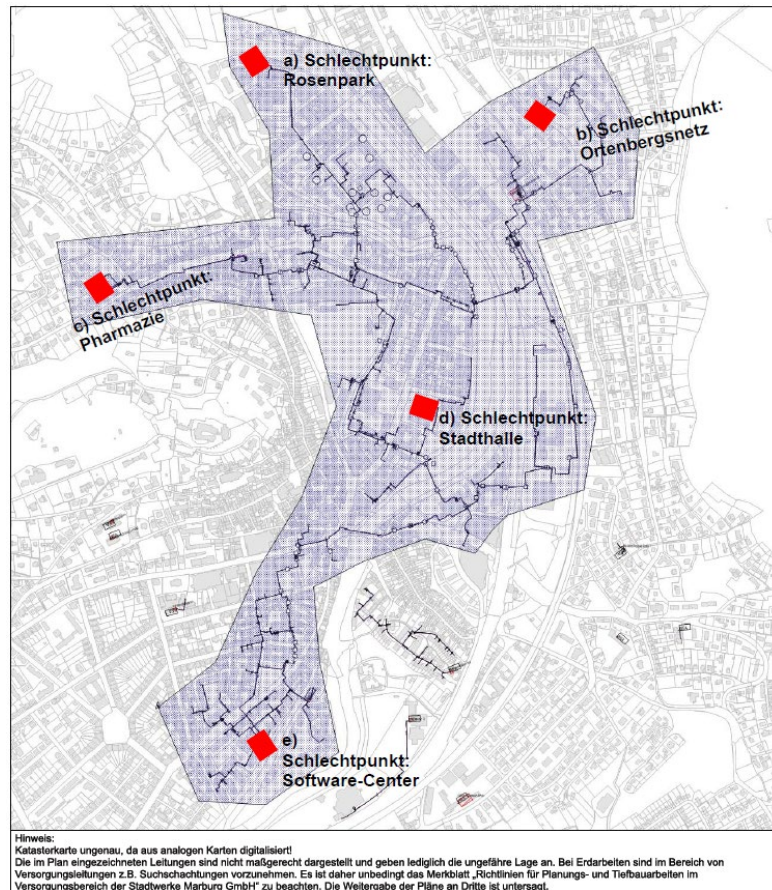


Abbildung 6: Übersicht der fünf Standorte der Netzschlechtpunktmessung

Die zur Steuerung erforderlichen Datenpunkte (Messung des Differenzdrucks) sollen über die Fernwirktechnik der Verbundleitwarte der SWMR übertragen werden. Von dort ist eine Verbindung zum Heizkraftwerk Ortenberg herzustellen, an dem die Netzpumpen zur Regelung des Differenzdruckes stehen.

Sowohl die Leitwarte als auch das Heizkraftwerk wurden, für die direkte Steuerung der Pumpen mit passenden Fernwirkssystemen ausgestattet, welche untereinander kommunizieren und die benötigten Steuerungssignale und Messdaten übermitteln können. Die Datenpunkte an den Stationen werden über das Modbus-RTU-Protokoll an das Fernwirkssystem übertragen. Von den Unterstationen (Systemtrennung der Primär- und Sekundärnetze) werden weitere Betriebsdaten aus dem Wärmenetz übertragen (Differenzdruck, Vor- und Rücklauftemperaturen, Stellungssignale der Regelventile). Hierfür musste das Regelungs- und Steuerungssystem so angepasst werden, dass die zusätzlichen Messdaten in der Leitwarte aufgeschaltet werden können.

3.3 Anbindung der Messpunkte und Pumpen

Am ersten der fünf ausgewählten Messstellen „Schlechtpunkt Rosenpark“ wird der Differenzdruck an das Heizkraftwerk Ortenberg übertragen. Der Messpunkt wurde hartverdrahtet und sendet Daten an die Gebäudeleitechnik (GLT) des Heizkraftwerks. Dieser erste Messpunkt wird auf der GLT bereits zur Optimierung der Netzpumpen genutzt, die durch eine errechnete Sollwertvorgabe gesteuert wird. Der einzuhaltende Differenzdruck am Standort wurde mit 0,6 bar festgelegt und dient als Grundlage für die Regelung der Netzpumpe im Heizwerk. Beim Anfahren startet die Netzpumpe mit einem Sollwert von 2,5 bar. Liegt der Messwert am Schlechtpunkt über dem Zielwert (Übersorgung), wird der Differenzdruck der Netzpumpe alle 300 Sekunden um 0,1 bar abgesenkt. Dieses Zeitintervall wurde gewählt, da es sich bei einem Fernwärmenetz um ein träges System handelt und kürzere Intervalle zu unerwünschtem Takten der Pumpe führen können. Der Vorgang wird so lange wiederholt, bis sich der Messwert am Standort auf 0,6 bar stabilisiert hat. Liegt der Messwert am Schlechtpunkt dagegen unter dem Zielwert (Unterversorgung), wird der Differenzdruck im gleichen Intervall um 0,1 bar erhöht. In der Vergangenheit erfolgte keine Steuerung des Differenzdrucks anhand von Messpunkten im Netz. Stattdessen wurde die Netzpumpe mit einem festen Sollwert von 2,5 bar betrieben. Die ersten Betriebserfahrungen mit der dynamischeren Schlechtpunktmessung zeigen bereits, dass der Differenzdruck der Netzpumpe, in Abhängigkeit des eingestellten Betriebszustandes und aktuellen Vorgabewertes um bis zu 1 bar reduziert werden kann (siehe Abbildung 7).

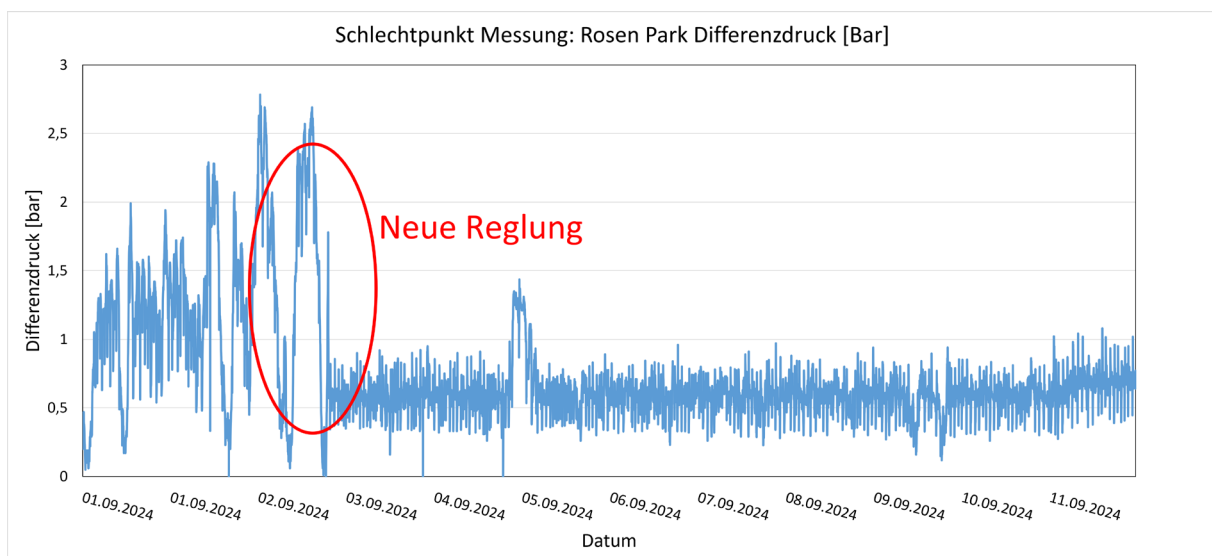


Abbildung 7: Differenzdrücke im Schlechtpunkt Rosenpark

3.4 Tatsächlicher Nutzen

Durch die Regelung der Netzpumpen nach dem Schlechtpunkt konnten im Wesentlichen folgende Punkte optimiert werden:

» **A) Bedarfsgerechte Versorgung**

Durch die neue Regelung treten Überversorgungen des Standortes deutlich seltener auf. Durch die kontinuierliche Überwachung des Schlechtpunktes kann die Versorgung bedarfsgerecht optimiert werden, während der erforderliche Differenzdruck auf das notwendige Minimum reduziert werden kann.

» **B) Reduzierung der Rücklauftemperaturen im Sommerbetrieb**

Ein Teil der im Versorgungsgebiet installierten Hausanschlussstationen (HAST) sind technologisch veraltet und entsprechen teilweise nicht mehr dem aktuellen Wärmeleistungsbedarf und der Abnahmestruktur der angeschlossenen Gebäude. Insbesondere in den Sommermonaten treten dadurch vermehrt Teillastzustände auf, die von den vorhandenen Regeleinheiten nur unzureichend abgebildet werden können. Infolgedessen kommt es zu unregelmäßigen Durch- bzw. Überströmungen im Primärkreis der Hausanschlussstationen.

Diese Überströmungen sowie die gleichzeitig geringe oder fehlende Wärmeabnahme auf der Sekundärseite führen dazu, dass der Vorlauf ohne nennenswerte Wärmeübertragung direkt in den Rücklauf übertritt (Bypass-Effekt). Dies verursacht lokal eine Erhöhung der Rücklauftemperatur und wirkt sich negativ auf das Temperaturniveau im gesamten Fernwärmenetz aus.

Eine Reduktion des primärseitigen Differenzdrucks führt zwar nicht zu einer grundlegenden Verbesserung des Regelverhaltens der betroffenen Hausanschlussstationen, kann jedoch die Volumenströme bei unzureichend schließenden Regelventilen begrenzen. Dadurch werden die resultierenden Überströmungen reduziert. Dieser Effekt zeigt sich insbesondere in sommerlichen Teillastperioden und trägt zur Absenkung der Rücklauftemperaturen im Netz bei. Gleichzeitig können Wärmeverluste sowie der elektrische Energiebedarf der Netzpumpen reduziert werden.

» **C) Regelverhalten und Reduzierung Differenzdruck am Standort**

Durch die Berücksichtigung des Messpunktes ist es nun möglich, den Betrieb der betrachteten Netzpumpe aktiv zu regeln. Bereits nach kurzer Zeit zeigte sich in der Beobachtungsphase, dass die Differenzdrücke teilweise um bis zu 1 bar abgesenkt werden konnten. In der Vergangenheit waren die Standorte hingegen teilweise deutlich überversorgt (siehe Abbildung 8).

» D) Reduzierung Stromverbrauch der Netzpumpen

Durch die Reduzierung des Differenzdrucks wurde in der Folge eine geringere Förderleistung erbracht, was zu einer Senkung des Stromverbrauchs führte. Der theoretische Förderleistung ließ sich anhand der Berechnungsgleichung für Strömungsverluste in Rohrleitungen herleiten. Auf Basis der Pumpenkennlinie der eingesetzten Netzpumpe konnten daraus die Stromeinsparungen bestimmt werden. Im betrachteten Zeitraum (Q1/2025) ergab sich eine Einsparung von rund 5.000 kWh Pumpenstrom, was eine Reduzierung von 6 – 7 % am Gesamtstromverbrauch der Pumpe entspricht.

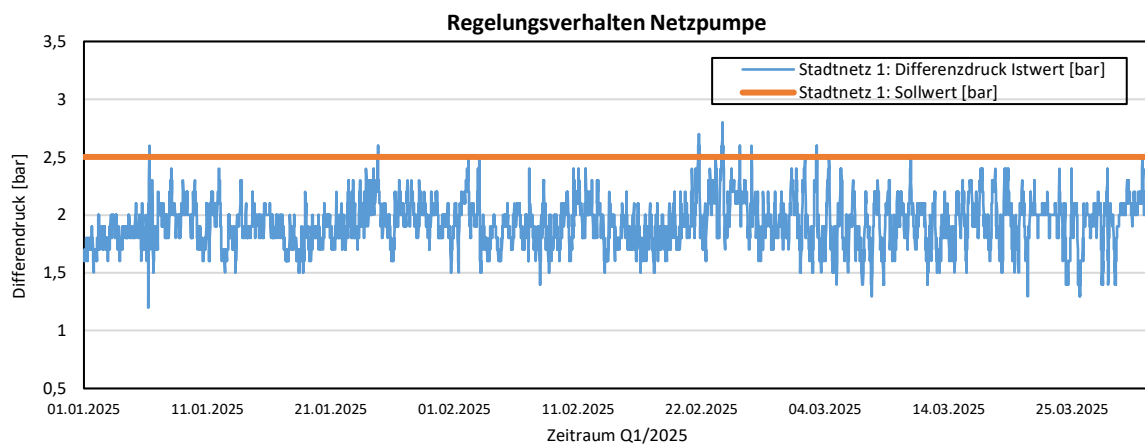


Abbildung 8: Regelungsverhalten Netzpumpe

3.5 Lessons Learned

Eine wichtige Grundlage für die Bewertung geeigneter Kommunikationstechnologien stellte die im Forschungsvorhaben DigiHEAT entwickelte Entscheidungshilfe zur anwendungsfall-spezifischen Auswahl von Übertragungstechnologien dar. Durch Anwendung des dort beschriebenen Entscheidungsprozesses konnten potenzielle Kommunikationstechnologien für den Anwendungsfall der Schlechtpunktmessung systematisch bewertet werden. Technologien, welche die definierten Anforderungen hinsichtlich Datenverfügbarkeit, Übertragungszuverlässigkeit und Reaktionszeit nicht erfüllen, konnten dadurch bereits im Vorfeld ausgeschlossen werden.

Im Rahmen dieser Bewertung wurde unter anderem LoRaWAN als mögliche Übertragungstechnologie betrachtet. Die Analyse zeigte jedoch, dass sich diese Technologie primär für Anwendungen im Bereich der reinen Zustandsüberwachung eignet. Für eine perspektivisch angestrebte direkte Steuerung der Netzpumpen auf Basis von Messdaten ist sie hingegen nur eingeschränkt geeignet. Insbesondere bei einer Live-Abfrage von Messstellen, deren Daten unmittelbar als Entscheidungsgrundlage für Regelungsprozesse dienen sollen, können durch paketbasierte Übertragung und mögliche Datenverluste erhöhte Datenausfallraten bzw. Datenlücken auftreten.

Aus Sicht der SWMR sollte der Fokus daher auf Mobilfunktechnologien wie 5G oder LTE in diesem Anwendungsfall gelegt werden. Diese zeichnen sich insbesondere durch höhere Datenraten, eine geringere Latenz sowie eine höhere Übertragungszuverlässigkeit aus. Dadurch eignen sie sich deutlich besser für Anwendungen, bei denen Messdaten in nahezu Echtzeit übertragen und unmittelbar für betriebliche Regelungsentscheidungen, wie beispielsweise die Steuerung von Netzpumpen, genutzt werden sollen.

3.6 Ausblick und Fazit

Nach der Integration der Messdaten in Leanheat Monitor (LHM) stehen diese auch für weitere Anwendungsfälle zur Verfügung. Beispielsweise können die Daten zur Visualisierung des Fernwärmenetzes in einer digitalen Netzdarstellung über Leanheat Network (LHN) genutzt werden.

Darüber hinaus eröffnet die kontinuierliche Datenerfassung perspektivisch die Möglichkeit, optimierte Betriebsstrategien auf Grundlage der identifizierten hydraulischen Schlechtpunkte abzuleiten. In einer weiterentwickelten Ausbaustufe könnte das Softwaresystem zudem eine direkte Kommunikation mit Netzpumpen und Erzeugungsanlagen ermöglichen, sodass ein teilweise oder vollständig automatisierter Netzbetrieb realisierbar wäre. Hierfür könnte insbesondere Leanheat Production eingesetzt werden.

Die über einen längeren Zeitraum erhobenen Messdaten bieten außerdem das Potenzial, ein hydraulisch-thermisches Netz- bzw. Systemmodell zu erstellen und zu validieren. Auf dieser Grundlage können unterschiedliche Betriebs- oder Ausbauszenarien simuliert sowie deren Auswirkungen auf das Fernwärmenetzsystem analysiert werden. Die Simulationsergebnisse können beispielsweise zur Identifikation eines optimalen Netzdesigns oder zur Bewertung geeigneter Ausbaustrategien für Erzeugung, Verteilung und Kundenanschlüsse herangezogen werden.

Vor dem Hintergrund der Transformationsplanung der SWMR, welche eine deutliche Erweiterung des bestehenden Wärmenetzes sowie eine Veränderung der Erzeugungsstruktur mit mehreren Einspeisestandorten vorsieht, ist der Aufbau einer belastbaren Datengrundlage zur Analyse und modellbasierten Bewertung des Netzverhaltens von zentraler Bedeutung.