

Leitfaden

„Monitoring von FW-Systemen“

Verbundvorhaben: EnEff:Wärme - Nemo:
Wärmenetze im energetischen Monitoring

Herausgeber:
AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V.
Stresemannallee 30 | D-60596 Frankfurt am Main
E-Mail: h.huther@agfw.de | Internet: www.agfw.de

Förderkennzeichen: 03ET1538

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Bearbeitung:
AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung mbH
Stresemannallee 30 | D-60596 Frankfurt am Main
Telefon: +49 69 6304-416 | Telefax: +49 69 6304-391
E-Mail: bestellung@agfw.de | Internet: www.agfw.de

Technische Hochschule Rosenheim
Forschung und Entwicklung
Hochschulstraße 1 | D-83024 Rosenheim
Telefon: +49 (0) 8031 805 - 0 | Telefax: +49 (0) 8031 805 - 2105
E-Mail: info@th-rosenheim.de | Internet: www.th-rosenheim.de

Hinweis:

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter den Förderkennzeichen 03ET1538 (A, B) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren. Trotzdem kann von den Autoren, den Herausgebern und dem Verlag keine Haftung für etwaige Fehler übernommen werden. Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung der Herausgeber gestattet.

Dezember 2021

© AGFW, Frankfurt am Main

Leitfaden „Monitoring von Fernwärmesystemen“



Forschungsvorhaben: Wärmenetze im energetischen Monitoring

Förderkennzeichen: 03ET1538

Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2018 – 31.12.2021

Projektpartner:

AGFW | Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung mbH

Technische Hochschule Rosenheim – Forschung und Entwicklung

Autoren:

Sebastian Grimm, Daniel Heiler, Heiko Huther | AGFW

Dominikus Bückler, Marc Hager, Rupert Wieser | THRO

21.12.2021



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
1. Einleitung	4
1.1. Komplexität von Fernwärmesystemen	4
1.2. Monitoring	4
1.3. Aufbau des Leitfadens	5
2. Verordnungen, Gesetze und Richtlinien	7
2.1. FFVAV	7
2.2. Heizkostenverordnung	7
2.3. Messstellenbetriebsgesetz (MsbG)	8
2.4. DSGVO	8
3. Kriterien- und Methodenkatalog	10
3.1. Kriterienkatalog	10
3.2. Methodenkatalog	12
3.3. Erfahrungen zur Anwendbarkeit der Methoden	14
4. Datenerfassung und -aufbereitung	16
4.1. Geeignete Schnittstellen für die Abfrage von Betriebsdaten zum Monitoring	16
4.2. IT-System Zugang und Sicherheit	17
4.3. Systematische Nomenklatur	18
4.4. Datenqualität	20
5. Entwicklung eines Monitoringkonzeptes	21
5.1. Anforderungen	21
5.2. Minimal-Monitoringkonzept	24
6. Ausblick	26
7. Anlage 1: Methode FFVAV	27
7.1. Übersicht der zu übermittelnden Informationen	27
7.2. Abrechnungsrelevante Informationen	28
7.3. Einordnung des aktuellen Verbrauchs	29
7.4. Energetische Qualität	32
7.5. Sonstige Informationen	35
8. Anlage 2: Methode: Überprüfung der Versorgungssicherheit	36
8.1. Messanforderungen	36
8.2. Kennzahlen und Berechnungsmethoden	37
8.3. Darstellung und Auswertung	37
9. Literaturverzeichnis	41

1. Einleitung

Zahlreiche Studien unterstreichen die Schlüsselrolle des Fernwärmeausbaus bei der Energie- bzw. Wärmewende zur Erreichung der Klimaziele (AGFW (Hg.) 2018; BDI (Hg.) 2018; dena (Hg.) 2018; Fraunhofer IEE (Hg.) 2019). Sie bietet die Möglichkeit Verbraucher effizient und nachhaltig mit Energie zu versorgen und dabei Wärmepotenziale zu erschließen, die in dezentralen Einzelanlagen nicht genutzt werden können. Nach Aussage der AGFW Studie „Perspektive der Fernwärme“ (BEE, 8KU, AGFW (Hg.) 2020) können durch einen kontinuierlichen Aus- und Umbau der Fernwärme bis 2030 rund 39 Millionen t CO₂-Emissionen im Gebäudesektor zusätzlich eingespart werden. Hierzu ist der Anteil der Fernwärme am Wärmebedarf der Gebäude auf 30% zu erhöhen. Digitalisierung kann dabei im gesamten Energiesektor einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz leisten (Bitkom e.V. (Hg.) 2021) und auch konkret im Fernwärmebereich zu Effizienzsteigerungen und Einsparung von CO₂-Emissionen beitragen (Springer et al. 2020).

Der vorliegende Leitfaden gibt eine Einführung in das Monitoring von Wärmenetzen auf Grundlage des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) geförderten Forschungsvorhabens „Wärmenetze im Energetischen Monitoring“ (Nemo: FKZ: 03ET1538). Er stellt den im Projekt erarbeiteten Stand des Wissens kurzgefasst dar und soll so einen Beitrag zur Digitalisierung im Fernwärmesektor leisten.

Auf weitere Ergebnisse des Forschungsvorhabens und auf bereits verfügbare Normen und ergänzende Publikationen wird an den entsprechenden Stellen verwiesen.

1.1. Komplexität von Fernwärmesystemen

Das komplexe Zusammenspiel unterschiedlicher Erzeuger mit verschiedenen Verbrauchern, die über das Wärmenetz verbunden sind, stellt eine Herausforderung für den effizienten Betrieb von Wärmenetzsystemen dar. Mit einer signifikanten Steigerung des erneuerbaren Anteils in der Erzeugung und der Flexibilisierung zukünftiger und bestehender Fernwärmenetze verändern sich die Anforderungen und die Komplexität nimmt zu.

Digitale Technologien können helfen, Komplexitäten für den Anwender zu reduzieren und dadurch beherrschbar zu machen. Auch im Fernwärmebereich sind bereits zahlreiche softwaregestützte Hilfsmittel bekannt, welche die Überwachung, Steuerung und Optimierung von komplexen (Teil-) Systemen in der gesamten Prozesskette begleiten und vereinfachen. Einen Überblick zu aktuellen Möglichkeiten, zukünftigen Potenzialen sowie möglichen Hindernissen und Barrieren sind in der „Digital Roadmap for District Heating & Cooling“ (DHC+ Technology Platform (Hg.) 2019) oder der „AGFW-Orientierungshilfe zur Digitalisierung in der Fernwärmebranche“ (AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. 2019) zu finden.

1.2. Monitoring

Direkt aus dem Englischen kann „Monitoring“ mit „Überwachung“, „Beobachtung“ übersetzt werden. Diese Aufgabe ist seit jeher für den sicheren Betrieb eines Fernwärmesystems nötig und kann prinzipiell auch komplett manuell erfolgen. Digitale Werkzeuge bieten allerdings die Möglichkeit, den Aufwand zur Überwachung eines Fernwärmesystems deutlich zu reduzieren und gleichzeitig den Detaillierungsgrad zu erhöhen. In diesem Leitfaden stehen kostengünstige, messdatenbasierte Ansätze zum Monitoring des Zustands und der Leistung von Wärmenetzsystemen im Fokus. Dabei werden möglichst standardisierte Methoden zur Datenaufbereitung angewendet.

Eine standardisierte Interpretation bzw. Ableitung von Handlungsempfehlungen auf Grundlage des Monitorings ist an vielen Stellen nicht direkt möglich, weil mögliche Optimierungsansätze meist von den individuellen Randbedingungen des beobachteten Systems abhängen. Deswegen sind die teils automatisierten und relativen Auswertungen stets im Kontext des jeweiligen Fernwärmesystems zu

bewerten. Hierzu stehen zahlreiche Technologien und Forschungsansätze zur Verfügung, die beispielsweise durch selbstlernende Algorithmen in der Lage sind, verschiedene Randbedingungen zu berücksichtigen und auf Änderungen im Gesamtsystem zu reagieren. Voraussetzung hierfür ist allerdings eine belastbare Datengrundlage, welche beispielsweise durch ein passendes Monitoringkonzept erzeugt werden kann.

Effektives Monitoring beinhaltet nicht nur die zeitnahe Beobachtung aktueller Daten, sondern auch die Analyse historischer Daten, beispielsweise bei der Suche nach wiederkehrenden Mustern oder langfristigen Zustandsveränderungen. Aus wissenschaftlicher Sicht ist dabei die möglichst hochauflösende Erfassung aller relevanten Daten wünschenswert, um ein detailliertes Bild von Zustand und Leistung des Fernwärmesystems zu erhalten und im Nachgang Untersuchungsansätze zu ermöglichen, die zum Zeitpunkt der Datenerfassung noch nicht etabliert sind. Eine umfassende Datenerfassung ist deshalb auch eine wichtige Grundlage für den Einsatz digitaler Technologien und neuartiger Anwendungen und Forschungsfelder. Eine Auswahl existierender Software und Tools in der Fernwärme sowie Informationen zu relevanten Forschungsvorhaben sind auf der im Projekt entwickelten Website www.fernwaerme-digital.de zu finden. In der Praxis steht allerdings hinter jedem Sensor und jedem Datenpunkt ein Aufwand zur Beschaffung, Inbetriebnahme und Wartung, außerdem müssen die Daten übertragen, gespeichert und verarbeitet werden. Obgleich viele dieser Prozesse durch Automatisierungsschritte vereinfacht werden können, muss am Ende eine Abwägung getroffen werden, die einem Aufwand einen entsprechenden Nutzen gegenüberstellt.

Der hier vorliegende Leitfaden soll eine Übersicht zum Thema digitales Monitoring von Fernwärmesystemen geben und helfen die Frage zu beantworten welcher Aufwand zu welchem Nutzen durch diverse Monitoringkonzepte führen kann. Durch Verweise auf weitere Projektprodukte, welche detaillierter Informationen zu einzelnen Schwerpunkten liefern, kann bei Interesse in einzelne Themen auch noch tiefer eingestiegen werden. Basis hierfür sind die 15 im Forschungsvorhaben untersuchten Fernwärmesysteme, bei denen auch die Auswirkungen des sehr breiten Spektrums an unterschiedlichen Ausgangslagen bezüglich der verfügbaren Datenqualität und -quantität, sowie deren Verwendung berücksichtigt wurde.

1.3. Aufbau des Leitfadens

Ziel des Forschungsvorhabens „Wärmenetze im energetischen Monitoring“ (Nemo) war die Entwicklung einer Methode, die es Fernwärmeversorgungsunternehmen (FWVU) ermöglicht, Fernwärmenetze kostengünstig kontinuierlich bezüglich Zustand und Leistung zu überwachen. Hierzu wurden durch Bildung technischer Kennzahlen Optimierungspotenziale identifiziert, die sich eignen, entsprechende Maßnahmen zur Hebung der Potenziale zu entwickeln.

Vor dem eher technischen Einstieg in das Thema Monitoring sind in Kapitel 2 Verordnungen, Gesetze und Richtlinien zusammengestellt, die auch in der Rücksprache mit Experten als relevant erachtet wurden.

Den eigentlichen Startpunkt für das Forschungsvorhaben bildete eine umfassende Recherche zu bekannten technischen Kennzahlen, die von simplen Messgrößen bis zu komplexen verrechneten Größen reichen. Ergänzt um Experteninterviews sind die Ergebnisse der Recherche im „Kennzahlenkatalog für Fernwärmesysteme“ aufbereitet und veröffentlicht (Wieser 2019). Eine Kurzübersicht zum Aufbau des Kriterienkatalogs ist in Kapitel 3.1 zu finden.

Das Forschungsvorhaben wurde durch mehrere FWVU mit Fachexperten und der Datenbereitstellung von 15 Fernwärmesystemen unterstützt. Gemeinsam konnten dadurch Methoden entwickelt und angewendet werden, die sich für das Monitoring und die Ableitung von Optimierungspotenzialen eignen. Die am besten geeigneten Methoden sind detailliert in einem Methodenkatalog aufgeführt (siehe Kapitel 3.2), der als separates Dokument veröffentlicht wurde (Bücker et al. 2021).

Die Zusammenstellung der Erfahrungen zur Anwendbarkeit in Kapitel 3.3 zeigt, wie unterschiedlich sich die Datenbasis der teilnehmenden Fernwärmesysteme darstellt, wodurch keine Methode in allen

Systemen eingesetzt werden konnte. Ursachen hierfür können fehlende Messdaten sein, die nicht oder mit zu geringer Messfrequenz erfasst wurden, aber auch sicherheitstechnische Zugriffsbeschränkungen, da nicht in jedem System alle Daten zur Verfügung gestellt werden konnten.

Um das Entwicklungsziel eines kostengünstigen Verfahrens zu erreichen, soll das Monitoringkonzept ohne zusätzliche Investitionen in die Messtechnik anwendbar sein. Die erfassten Daten stammen im Umkehrschluss aus Quellen, die in den teilnehmenden Fernwärmesystemen bereits vor dem Projektart zumindest grundsätzlich verfügbar waren. Die technischen Entwicklungen und der notwendige Aufwand, der für das Zusammenführen der Daten notwendig war, variierte allerdings sehr stark, was bei zwei der teilnehmenden Netze aus organisatorischen Gründen (z. B. die Freigabe von Schnittstellen durch Produkthersteller oder der fehlenden Freigabe zur Auftragsdatenverarbeitung) dazu führte, dass keine Daten in das Forschungsprojekt eingebracht werden konnten. Einen Kurzüberblick zu den unterschiedlichen Herausforderungen zur Beschaffung von und zum Umgang mit Daten gibt Kapitel 4. Weitere Details zur Vorgehensweise innerhalb des Forschungsvorhabens werden im Rahmen des Projektabschlussberichts¹ veröffentlicht. Bei der Entwicklung von Leitfaden und Methodenkatalog wurden die Erfahrungen mit den unterschiedlichen Randbedingungen, beispielsweise bezüglich Datenverfügbarkeit und Kommunikationswegen, berücksichtigt.

Die Entwicklung eines geeigneten Monitoringkonzepts für ein individuelles FWVU wird durch die individuellen Randbedingungen geprägt. Abhängig vom aktuellen Stand der digitalen Messdatenerfassung sind die nötigen Schritte zur Anwendung einzelner Methoden mehr oder weniger aufwändig, sodass eine individuelle Kosten-/Nutzen-Abwägung erfolgen muss. In Kapitel 5 sind mögliche Vorgehensweisen beschrieben, die in Kombination mit weiteren Projektprodukten als Grundlage für die Entwicklung von Anforderungen an ein spezifisches Monitoringkonzept herangezogen werden können. Neben der Identifikation von hilfreichen und nützlichen Ansätzen zum Monitoring sind auch wirtschaftliche und rechtliche Rahmenbedingungen zu berücksichtigen.

¹ Der Abschlussbericht wird nach Projektende in der AGFW Hefreihe Forschung und Entwicklung veröffentlicht

2. Verordnungen, Gesetze und Richtlinien

Derzeit sind den Autoren keine Verordnungen, Gesetze oder Richtlinien bekannt, die explizit ein Monitoring von Fernwärmesystemen fordern. Die nachfolgenden Unterkapitel geben einen kurzen Überblick über aktuell im Kontext der Digitalisierung relevante und diskutierte Bestimmungen, die an die Ergebnisse des iHAST Berichts anknüpfen (Springer et al. 2020). Dabei handelt es sich um eine Momentaufnahme zur ersten Orientierung, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Die Aktualität und Gültigkeit der verwiesenen Quellen ist im Anwendungsfall zum entsprechenden Zeitraum zu überprüfen.

Besonders durch die Einführung einer Pflicht zum Einsatz fernablesbarer Wärmemengenzähler ist zu erwarten, dass die Digitalisierung in der Fernwärme weiter voranschreitet. Obwohl dies keine direkte Forderung nach einem Monitoring im Sinne dieses Leitfadens darstellt, kann angenommen werden, dass zukünftig mehr und regelmäßiger Daten von WMZ erfasst werden und die hierzu nötige Kommunikationsstruktur potenziell als Grundlage für ein Monitoring dienen kann.

2.1. FFVAV

Die am 5. Oktober 2021 in Kraft getretene „Verordnung über die Verbrauchserfassung und Abrechnung bei der Versorgung mit Fernwärme oder Fernkälte“ (FFVAV, vom 28.09.2021) berücksichtigt die novellierte EU- Energieeffizienzrichtlinie (Richtlinie (EU) 2018/2002) und regelt die Vorschriften über die Erfassung des Wärme- oder Kälteverbrauchs neu (§ 3 FFVAV, vom 28.09.2021). Dabei wird erstmals eine Pflicht zur Installation fernablesbarer Messeinrichtungen eingeführt und gesetzlichen Bestimmungen zur Abrechnung neu gefasst (§ 4 FFVAV, vom 28.09.2021). Ein zu Abrechnungszwecken fernausgelesener Zählerstand stellt noch kein umfassendes Monitoring dar. Allerdings muss das Versorgungsunternehmen seinen Kunden künftig neben der klassischen Abrechnung monatlich Abrechnungs- und Verbrauchsinformationen erteilen. Darüber hinaus ist der Kunde mit der Abrechnung, die tatsächliche Preise und den tatsächlichen Verbrauch enthält, umfassend über die energetische Qualität seines Wärme- oder Kälteprodukts zu informieren (§ 5 FFVAV, vom 28.09.2021). Auf Grundlage der AGFW-Umsetzungshilfe zur FFVAV (Fricke et al. 2021) wird in Kapitel 7, Anlage 1 beispielhaft in skizziert, wie Monitoring-Ansätze bei der Umsetzung dieser Vorgaben genutzt werden können.

Auch wenn gemäß FFVAV eine Messeinrichtung schon als fernablesbar gilt, wenn sie ohne Zugang zu den einzelnen Nutzeinheiten abzulesen ist (§ 2 Abs. 1 FFVAV) und nicht explizit eine digitale Datenübertragung gefordert wird, ist zu erwarten, dass der Digitalisierungsgrad an Kundenanlagen steigen wird.

2.2. Heizkostenverordnung

Die „Verordnung über die verbrauchsabhängige Abrechnung der Heiz- und Warmwasserkosten (Verordnung über Heizkostenabrechnung - HeizkostenV)“ regelt primär die Verteilung der Kosten durch den Gebäudeeigentümer auf die Nutzer der mit Wärme oder Warmwasser versorgten Räume. Häufig sind allerdings nicht die direkten Endverbraucher die Kunden der FWVU, sondern der Gebäudeeigentümer, weshalb meist die FFVAV für die Fernwärme relevant ist. Im Wesentlichen wird auch in der novellierten Heizkostenverordnung (HeizKV, vom 24.11.2021) die Richtlinie (EU) 2018/2002 umgesetzt, welche die jährlichen Anforderungen an die monatlichen Abrechnungs- oder Verbrauchsinformationen definiert, die dem jeweiligen Kunden mitzuteilen sind. Gegenüber der (FFVAV, vom 28.09.2021) ist in der (HeizKV, vom 24.11.2021) die zur Erfüllung der Verordnung notwendige Datenerfassung nach § 6b nur zur Erfüllung der verbrauchsabhängigen Kostenverteilung und zur Abrechnung mit dem Nutzer, sowie zur Erfüllung der Informationspflichten nach § 6a zu nutzen. Eine weitere Datenverarbeitung zur Steigerung der Effizienz des Gesamtsystems ist nicht Teil der Verordnung und müsste, wie auch bei der FFVAV, zusätzlich vertraglich geregelt werden.

In der „Verordnung über die Änderung der Verordnung über Heizkostenabrechnung“ (HeizKV, vom 24.11.2021) wird ergänzt, dass ab dem 01.12.2022 nur solche „Ausstattungen zur Verbrauchserfassung“ installiert werden dürfen, die sicher an ein Smart-Meter-Gateway angebunden werden können. Zahlreiche weitere Ergänzungen (Abrechnungszeiträume und Informationspflicht) nähern sich den Inhalten der FFVAV an. Die Verwendung wird weiterhin auf die Erfüllung der verbrauchsabhängigen Kostenverteilung und Informationspflicht beschränkt.

2.3. Messstellenbetriebsgesetz (MsbG)

Das Gesetz über den Messstellenbetrieb und die Datenkommunikation in intelligenten Energienetzen (MsbG, vom 16.07.2021) gilt – abgesehen von Ausnahmefällen – grundsätzlich nicht für Fernwärme. Dieses Gesetz regelt die Mindestanforderungen an sogenannte intelligente Messsysteme. Solche intelligenten Messsysteme müssen nach (§21 MsbG, vom 16.07.2021) unter anderem die Visualisierung des Verbrauchsverhaltens des Letztverbrauchers ermöglichen (insbesondere historische tages-, wochen-, monats- und jahresbezogene Energieverbrauchswerte), sichere Verbindungen in Kommunikationsnetzen durchsetzen sowie ein Smart-Meter-Gateway enthalten. Diese Anforderungen gelten aber letztlich nur für die Erfassung des Stromverbrauchs. Für die Gas-Messeinrichtungen ergibt sich bereits aus dem Umkehrschluss des (§ 20 MsbG, vom 16.07.2021), dass diese nur die Einbindung in ein Smart-Meter-Gateway ermöglichen müssen. Entscheidend ist jedoch, dass das MsbG nur die leitungsgebundene Energieversorgung (§ 1 Nr. 1 MsbG, vom 16.07.2021) betrifft, womit nach dem Vorbild des (§ 1 EnWG, vom 10.08.2021) die leitungsgebundene Versorgung mit Strom und Gas gemeint ist. Damit gilt das MsbG nicht für die Erfassung des Fernwärmeverbrauchs.

Folgerichtig betrifft das MsbG Wärmemesseinrichtungen nur am Rande. Das gilt zum einen für Bündelangebote nach (§ 6 Abs. 1 MsbG, vom 16.07.2021). Danach kann der Anschlussnutzer einen Messstellenbetreiber auswählen, wenn dieser neben der Erfassung von Strom auch noch die Erfassung anderer Medien im Bündel anbietet, wozu unter anderem Fernwärme gehört. Das gilt zum anderen für die Anforderungen an intelligente Messsysteme, die unter anderem einen gesicherten Empfang von Messwerten von Wärmehählern (§ 21 Abs. 1 Nr. 3 lit. c MsbG, vom 16.07.2021) ermöglichen müssen.

Beide Regelungen setzen aber voraus, dass der Messstellenbetreiber berechtigt ist, die Wärmemenge zu erfassen. Dies bestimmt sich wiederum im Grundsatz nach (§ 18 Abs. 24 AVBFernwärmeV, vom 25.07.2013). Danach ist das Fernwärmeverorgungsunternehmen für die einwandfreie Messung der Wärme verantwortlich. Im Ergebnis ist die Messung der Fernwärme nicht ohne und nicht gegen den Willen des Fernwärmeverorgungsunternehmens durch einen Dritten zulässig. Mit anderen Worten: Das Fernwärmeverorgungsunternehmen ist Treiber der Digitalisierung des Fernwärmesektors. Anders verhält es sich nur nach dem neuen (§ 3 Abs. 7 FFVAV, vom 28.09.2021). Ist im Bereich der Fernwärme-Übergabestelle bereits ein Smart-Meter-Gateway zur Erfassung des Stromverbrauchs installiert, kann nach dieser Vorschrift der Anschlussnehmer einen Messstellenbetreiber auswählen, um von dem Bündelangebot nach (§ 6 Abs. 1 MsbG, vom 16.07.2021) Gebrauch zu machen. (Springer et al. 2020)

2.4. DSGVO

Besonders bei Daten, die von Hausstationen erfasst werden, stellt sich die Frage nach der Anwendbarkeit der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO). Dies wurde im Rahmen des Projektes „Digitalisierung von energieeffizienten Quartierslösungen in der Stadtentwicklung mit intelligenten Fernwärme-Hausanschlussstationen – iHAST“ (Springer et al. 2020) aus juristischer Sichtweise geprüft und im Schlussbericht aufbereitet.

Prinzipiell bleibt dabei festzuhalten, dass auch für die Verarbeitung von Messdaten aus Hausstationen die gleichen Regelungen und Schutzmechanismen gelten, welche die Versorgungsunternehmen bereits heute für die Daten Ihrer Kunden entwickelt haben. Die Anwendbarkeit der DSGVO hängt im Besonderen davon ab, ob die Daten als personenbezogene Daten anzusehen sind, wozu keine pauschale Aussage getroffen werden kann und eine Bewertung im Einzelfall erfolgen muss. Weitere

Details zum Thema Datenschutz und Datensicherheit sind im Abschlussbericht zum iHAST-Projekt zusammengestellt. (Springer et al. 2020)

3. Kriterien- und Methodenkatalog

Wesentliche Projektergebnisse des Forschungsvorhabens Nemo sind der Kennzahlenkatalog und der Methodenkatalog. Im Kennzahlenkatalog sind primär die auf Literaturrecherche und Expertenbefragungen basierenden möglichen technischen Kennzahlen samt möglicher Berechnungsansätze zusammengestellt, welche die Ausgangslage für die Projektbearbeitung darstellte. Im Methodenkatalog hingegen sind Vorgehensweisen zum Monitoring beschrieben die sich als umsetzbar und nützlich erwiesen haben. Zusätzlich sind wichtige Ergebnisse und Erfahrungswerte auf dem Weg von Rohdaten zum Monitoring aufbereitet.

3.1. Kriterienkatalog

Technische Kennzahlen ermöglichen es Betreibern von Fernwärmesystemen, die Leistungsfähigkeit ihrer Systeme relativ genau und umfassend zu beschreiben. Aus der Zusammenstellung von Kennzahlen in einem Katalog lassen sich Messgrößen, System- und Betriebsparameter eines Fernwärmesystems ableiten. Diese Informationen sind notwendig, um ein umfassendes Monitoringkonzept entwickeln zu können.

Betriebsparameter und -zustände von Fernwärmesysteme sind von zahlreichen Randbedingungen abhängig und können in verschiedenen Fernwärmesystemen sehr unterschiedlich ausfallen. Großen Einfluss darauf haben die nachfolgenden Funktionsbereiche und deren Zusammenspiel:

- » Wärmeerzeuger
- » Wärmeübertrager
- » Wärmespeicher
- » Wärmeverteilung
- » Wärmekunden
- » Umgebungsbedingungen an den Aufstellungsorten der einzelnen Bestandteile

Durch die Vielzahl an Einflussfaktoren und die Komplexität von Fernwärmesystemen ist es nicht ohne weiteres möglich, das Gesamtsystem an jeder Stelle genau zu beobachten und optimal und störungsfrei zu betreiben. Dies kann zu suboptimalen Betriebsweisen oder Einsatzstrategien einzelner Teilsysteme führen. Mögliche Auswirkungen können ineffiziente oder unrentable Betriebszustände, erhöhte Wärmeverluste oder gar System- oder Teilsystemausfälle sein. Eine Möglichkeit, das Betriebsverhalten abzubilden, Zusammenhänge oder Eigenschaften zu beschreiben, ist die Bildung und Darstellung von Kennzahlen. Zudem können durch Kennzahlen bisher ungenutzte Optimierungspotenziale aufgedeckt werden.

3.1.1. Hintergrundwissen zu Kennzahlen in Fernwärmesystemen

Nach dem Duden bezeichnet das Wort Kennzahl einen charakteristischen Zahlenwert. Üblicherweise wird in der Literatur ein im Fokus stehender Zahlenwert bei der Bewertung eines Objektes als Kennzahl bezeichnet. Somit kann es vorkommen, dass sehr unterschiedliche Zahlenwerte als Kennzahl beschrieben werden, je nachdem was gerade im Mittelpunkt der Betrachtung steht. Zum Beispiel wird einerseits im VDI-Wärmeatlas, die in einem Kapitel im Fokus stehende Reynolds-Zahl, als dimensionslose Kennzahl beschrieben welche die physikalische Größe Viskosität, lediglich als Kenngröße zur Berechnung benötigt. Andererseits ist in der DIN 53400, die sich speziell mit physikalischen und chemischen Kennzahlen beschäftigt, die Viskosität selbst als Kennzahl definiert. Bei der Betrachtung von sehr vielen Kennzahlen ist es sinnvoll ein Kennzahlensystem zu definieren, welches logisch strukturiert ist. Zum Beispiel besitzt die DIN EN 15341 ein Kennzahlensystem das in die Gruppen wirtschaftlich, technisch und organisatorisch unterteilt ist. Der VDI-Wärmeatlas unterscheidet in molekulare, physiologische und dimensionslose Kennzahlen. (Verein Deutscher Ingenieure 2013; DIN 1988-200:2012-05; DIN EN 15341:2019)

Für Fernwärmesysteme gibt es bereits eine Vielzahl an Kennzahlen, die für die Bewertung von Zustand und Leistung verwendet werden können. Tabelle 1 gibt einen groben Überblick zu Kennzahlen, die im Zusammenhang mit Fernwärmesystem verwendet werden. Zusätzlich zu den allgemeinen Kennzahlen in Fernwärmesystemen gibt es sehr viele Kennzahlen, welche die verbauten Komponenten und Anlagenteile beschreiben. In der Tabelle 1 sind nur exemplarisch einige davon enthalten.

Tabelle 1: Beispielhafte Auswahl allgemeiner „Fernwärmekennzahlen“

Allgemeine Kennzahlen für Fernwärmesysteme		
Energetische Bewertung	Optimierung	Projektierung
<ul style="list-style-type: none"> » Primärenergiefaktor » Erfüllungsgrad nach EEWärmeG » Jahresnutzungsgrad » Stromkennzahl (KWK) 	<ul style="list-style-type: none"> » Kundenspezifisches Rücklauf-temperaturabsenkungspotenzial » Speicherkennzahl 	<ul style="list-style-type: none"> » Wärmemengenliniendichte » Wärmeleistungliniendichte » Wärmekundenspezifische Trassenlänge
Kennzahlen und Komponenten		
Betriebsverhalten	Berechnungsgrößen	Planung
<ul style="list-style-type: none"> » MTBF » SAIFI » SAIDI » CAIDI » Vollbenutzungsstunden 	<ul style="list-style-type: none"> » Viskosität » Reynolds-Zahl » Prandel-Zahl » Heizwert » Wärmeverlustkoeffizient 	<ul style="list-style-type: none"> » Nennwärmeleistung » Norm-Heizlast » Vollbenutzungsstunden » Jahreswärmebedarf

Die Kennzahlen zur energetischen Bewertung von Fernwärmesysteme aus Tabelle 1 sind im Regelwerk des AGFW beschrieben. Das (Arbeitsblatt AGFW FW 308) beschäftigt sich mit Kennzahlen rund um Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen. In (Arbeitsblatt AGFW FW 309-1) und (Merkblatt FW 311) sind die Kennzahlen zur Primärenergetischen Betrachtung enthalten. Das (Arbeitsblatt AGFW FW 309-5) enthält das Vorgehen zur Berechnung des Erfüllungsgrades nach EEWärmeG. Zusätzlich ist in (Arbeitsblatt FW 310-1) die Berechnung des Jahresnutzungsgrades für zentrale Warmwasser-Wärmeerzeuger und in (Merkblatt 309-4) die Berechnung der theoretischen Wärmeverluste von Wärmeübergabestationen beschrieben.

3.1.2. Gliederung und Inhalt des Kennzahlenkatalogs

Der Kennzahlenkatalog gliedert sich in drei Teilbereiche (siehe Abbildung 1):

- » **Das Kennzahlensystem:** Das Kennzahlensystem beschreibt die systematische Strukturierung und den Aufbau eines Fernwärmesystems, indem jede Kennzahl einem abgegrenzten Teilsystem zugeordnet wird. Daraus können Berechnungsregeln für Kennzahlen abgeleitet, die Strukturierung der Kennzahlen und die Zuordnung von Anlagen/-teilen abgeleitet werden. Wegen der hohen Anzahl von potenziellen Teilsystemen in einem Fernwärmesystem, werden diese Teilsysteme anhand der drei Hauptsysteme Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung und Wärmeverbrauch gruppiert.
- » **140 Kennzahlen:** Hierbei handelt es sich um eine Auflistung aller Kennzahlen, die innerhalb des Projekts Nemo untersucht wurden. Zu jeder Kennzahl gibt es im Kennzahlenkatalog ein eigenes Unterkapitel, das immer gleich aufgebaut ist. Dabei wird ein Überblick über die Kennzahl und ihren möglichen Einsatz gegeben, es werden die nötigen Messgrößen und Betriebsparameter genannt sowie die Berechnungsformel angegeben.
- » **Messgrößen/Betriebsparameter:** Die Unterkapitel, welche dem Teilbereich Messgrößen/Betriebsparameter zugeordnet sind, beinhalten jeweils eine tabellarische Übersicht. Diese gibt Auskunft über die nötigen Messgrößen und Betriebsparameter (inklusive kurzer Beschreibung), die zum Bestimmen einer Kennzahl notwendig sind.

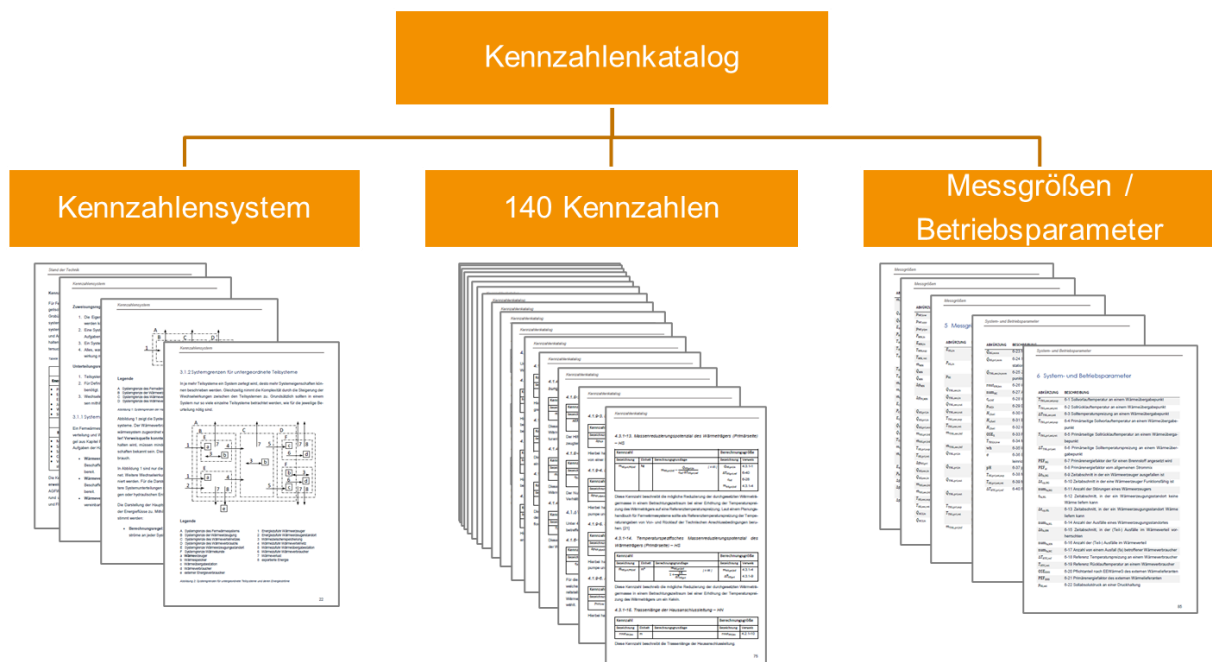


Abbildung 1: Aufbau und Struktur des Kennzahlenkatalogs

3.2. Methodenkatalog

Das Ziel bei der Entwicklung des Methodenkatalogs war es, robuste und praxisnahe Methoden für die Identifikation von Optimierungspotenzialen aus Betriebsdaten zu entwickeln. Diese Methoden sollen das technische Personal von Fernwärmeversorgungsunternehmen dazu in die Lage versetzen, einen Überblick und neue Ideen für die Verwendung ihrer eigenen Betriebsdaten zu gewinnen. Der Methodenkatalog umfasst daher nicht nur eine Ansammlung von Methoden, sondern auch eine Anleitung, wie ein Prozess der Zeitreihendatenanalyse gestaltet werden kann. Es werden Techniken zur Bewertung der Datenqualität, Bereinigung und Visualisierung vorgestellt. Diese Techniken und das methodische Vorgehen basieren auf systematischen Schritten und den Erfahrungen, die während der Entwicklung des Methodenkatalogs gemacht wurden.

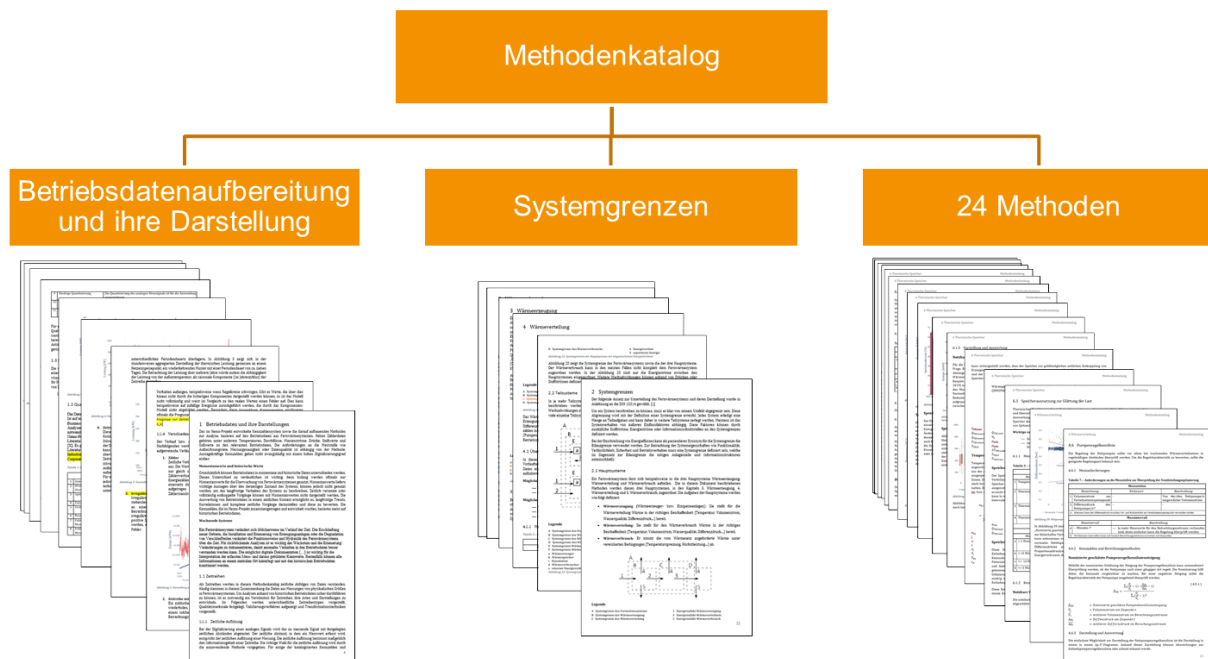


Abbildung 2: Aufbau und Struktur des Methodenkatalogs

In Abbildung 2 ist der generelle Aufbau und die Struktur des Methodenkatalogs dargestellt, in Kapitel 8 wird eine Methode beispielhaft vorgestellt. Der Katalog gliedert sich in den allgemeinen Teil zu Datenexploration und -aufbereitung, Systemgrenzen und den eigentlichen Methoden. In den vorgestellten Methoden werden Analysetechniken für Wärmeerzeugung, -verteilung und -verbrauch aufgezeigt. Mit dem Methodenkatalog steht dem technischen Personal von FWVU ein Produkt zur Verfügung, mit dessen Hilfe sie in die Lage versetzt werden, die entwickelten Methoden in der Praxis anzuwenden.

Die Beschreibung der Methoden ist vereinheitlicht und in die Abschnitte

1. Methodenbeschreibung
2. Messanforderungen
3. Kennzahlen und Berechnungsmethoden
4. Darstellung und Auswertung

aufgeteilt, die im Folgenden kurz vorgestellt werden.

3.2.1. Methodenbeschreibung

In der Methodenbeschreibung werden die Ziele vorgestellt, die mit der Durchführung der Analysemethoden erreicht werden sollen. Es werden ggf. Ursachen für das Entstehen von Optimierungspotenzialen und Auswirkungen ungehobener Potenziale auf das Fernwärmesystem erläutert. Die Methodenbeschreibung beschreibt ebenfalls die Wirkzusammenhänge, auf deren Grundlage die Berechnungen und Darstellungen entwickelt wurden.

3.2.2. Messanforderungen

Zu Beginn des Forschungsvorhabens wurde das Ziel verfolgt, explizite allgemeine Messmindestanforderungen für die Umsetzung eines Monitoringkonzeptes zu formulieren, an denen sich die Betreiber von Fernwärmesystemen orientieren können. Im Laufe des Projektes zeigte sich allerdings, dass solche allgemeinen Mindestanforderungen nicht zielführend sind, da sich einerseits die Systeme zu stark im Hinblick auf die verwendeten Technologien unterschieden und andererseits die

einzelnen Methoden sehr unterschiedliche Anforderungen an die verfügbaren Messdaten stellen. Aus diesem Grund wurden individuelle Messanforderungen innerhalb der Methoden definiert. Fernwärmeversorger können anhand ihrer Systeme und Voraussetzungen selbst prüfen, welche Anforderungen an die Datenerhebung bestehen, wenn sie eine oder mehrere Methoden anwenden wollen. Die jeweilige Messanforderung umfasst die zur Ausführung einer Methode notwendigen Messpunkte sowie deren zeitliche Auflösung. Statt ein festes Aufzeichnungsintervall vorzugeben, werden mehrere Intervalle aufgeführt und ihre Eignung für die Durchführung der Methode angegeben.

3.2.3. Kennzahlen und Berechnungsmethoden

In dieser Sektion werden die mathematischen Berechnungsgrundlagen für die Anwendung der Kennzahlen dargelegt.

3.2.4. Darstellung und Auswertung

Abschließend erfolgt die Darstellung und Auswertung beispielhafter Optimierungspotenziale. In dieser Sektion werden informative Grafiken vorgestellt, die komplexe Sachverhalte als einfache Daten-Visualisierungen darstellen sollen.

3.3. Erfahrungen zur Anwendbarkeit der Methoden

Die Übertragbarkeit der Nemo-Methoden auf unterschiedliche Fernwärmesysteme war in der Entwicklungsarbeit ein wichtiges Ziel. Nahezu alle im Methodenkatalog vorgestellten Vorgehensweisen können auf unterschiedliche Fernwärmesysteme und deren Komponenten angewendet werden. Die konkrete Umsetzbarkeit ist jedoch nicht immer gegeben, beispielsweise wenn notwendige Datenpunkte aufgrund fehlender Messeinrichtungen oder einer Zugriffsbeschränkung nicht erhoben werden können. Auch die qualitativen Merkmale der Betriebsdaten können in der Praxis dazu führen, dass eine Methode in konkreten Fernwärmesystemen nicht anwendbar ist. In Tabelle 2 ist die projektspezifische Anwendbarkeit aller Nemo-Methoden bei den teilnehmenden Fernwärmesystemen dargestellt. Wie aus der Tabelle hervorgeht, waren einige Methoden nur in kleinem Umfang anwendbar. Besonders im Teilsystem *Wärmeverbrauch* unterschieden sich die verfügbaren Datenpunkte von System zu System stark, so dass nur in wenigen Systemen eine umfängliche Auswertung möglich war. Hier ist in der Zukunft durch die zunehmende Fernauslesbarkeit der Hausstationen eine wesentliche breitere Anwendbarkeit der Methoden zu erwarten.

Tabelle 2: Übertragbarkeit der Nemo-Methoden innerhalb des Projektes

Anwendbarkeit der Nemo-Methoden innerhalb des Projektes		
Teilsystem	Methode	Anzahl Systeme
Wärmeerzeugung	Schwingendes Rücklaufmischventil	6
	Wärmeverteilung	Überprüfung der Vorlauftemperatur
	Überprüfung der Temperaturspreizung	8
	Überprüfung der Druckdifferenz	3
	Überprüfung des Lastgangs	5
	Zuverlässigkeit der Verteilnetzeinspeisetemperatur	8
	Überprüfung der Druckhalte-/Nachspeisezyklen	1
	Vorlauftemperaturoptimierung	1
	Volllastwechsel	8
	Pumpenregelkennlinie	2
Wärmeverbrauch	Volumenabsenkungspotenzial	6
	Leckvolumenstrom am Volumenstromregelventil	3
	Überprüfung der primären Vorlauftemperatur	3
	Überprüfung der sekundären Vorlauftemperatur	3
	Überprüfung der primärseitigen Temperaturspreizung	3
	Überprüfung der Grädigkeit	3
	Überprüfung der Versorgungssicherheit	3
	Aktionsmatrix	3
	Fehleranalyse am Beispiel Trinkwarmwassererwärmungssystem	3
	Thermische Speicher	Nutzbare Wärmemenge
	Speicheraktivitätsindex	6
	Speicherutilisierung	6
	Temperaturzonenaktivitätsindex	6
	Visuelle Auswertung der Speicherladezustände	6

4. Datenerfassung und -aufbereitung

Bei der Erstellung und Umsetzung eines Monitoringkonzeptes müssen zunächst grundlegende Fragen über die Erwartungen an das Monitoring geklärt werden, denn der Aufwand zur Inbetriebnahme und der Durchführung eines Monitorings hängt maßgeblich von den Anforderungen ab (siehe hierzu auch Kapitel 5.1). Sollen beispielsweise unwirtschaftliche Betriebszustände einzelner Komponenten (die häufig im System vorhanden sind, z.B. HAST) rasch erkannt und behoben werden, ist ein engmaschiges, automatisiertes Echtzeit-Monitoring notwendig. Die quartalsweise energetische Bilanzierung einzelner Erzeugungsanlagen hingegen, kann ohne hohe Anforderungen an eine Digitalisierung und Automatisierung durchgeführt werden. Anwendung und Anforderungen entscheiden über den Aufwand und potenziellen Nutzen. Bei den Entwicklungs- und Entscheidungsprozessen kann der (Bücker et al. 2021) unterstützen. In diesem sind zahlreiche Beispiele für automatisierbare Betriebsdatenanalysen dargestellt und Anforderungen für eine Durchführung der Methoden definiert.

Die Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten, die in einem Echtzeit-Monitoring zum Einsatz kommen, sind zentrale und oftmals sehr individuelle Aufgabengebiete. In Fernwärmesystemen existieren zahlreiche Datenquellen und -schnittstellen, die sich für ein Monitoring nutzen lassen. Um die Daten kontinuierlich aus den Systemen zu exportieren und an eine geeignete Datenbank zu übertragen, müssen sichere Übertragungswege etabliert bzw. nutzbar gemacht werden. Ist eine Datenübertragung sichergestellt, bedarf es einer geeigneten und möglichst stringenten Nomenklatur für die Benennung der Datenpunkte, die einerseits vom Anwender gut lesbar sein soll, andererseits auch von Maschinen automatisiert verarbeitet werden kann. Vor der manuellen oder automatisierten Datenanalyse müssen systemspezifische Verfahren angewandt werden, um die Qualität der Betriebsdaten sicher zu stellen. In diesem Kapitel wird eine Kurzübersicht zu den einzelnen Schritten der Datenerfassung und -aufbereitung gegeben, die in den vertiefenden Projektprodukten Methodenkatalog (Bücker et al. 2021) und Projektabschlussbericht² im Detail beschrieben sind.

4.1. Geeignete Schnittstellen für die Abfrage von Betriebsdaten zum Monitoring

In Fernwärmesystemen werden zur Steuerung und Regelung der technischen Komponenten fortlaufend Betriebsdaten erhoben. Die Sensorik im Feld generiert neue Messwerte und gibt diese an ein übergeordnetes System, z. B. eine speicherprogrammierbare Steuerung, weiter. Anfallende Betriebsdaten werden dort in volatile Speicher geschrieben und in der Regel von darauffolgenden Werten wieder überschrieben. Von dieser zentralen Stelle aus können Betriebsdaten in einer Werte-Historie in unterschiedlichen Formaten gespeichert werden. Text-Dateien und Datenbanken sind eine gängige Lösung.

² Der Abschlussbericht wird erst nach Projektende aufbereitet. Infos finden Sie unter: <https://www.fernwaerme-digital.de/abgeschlossene-projekte/nemo>

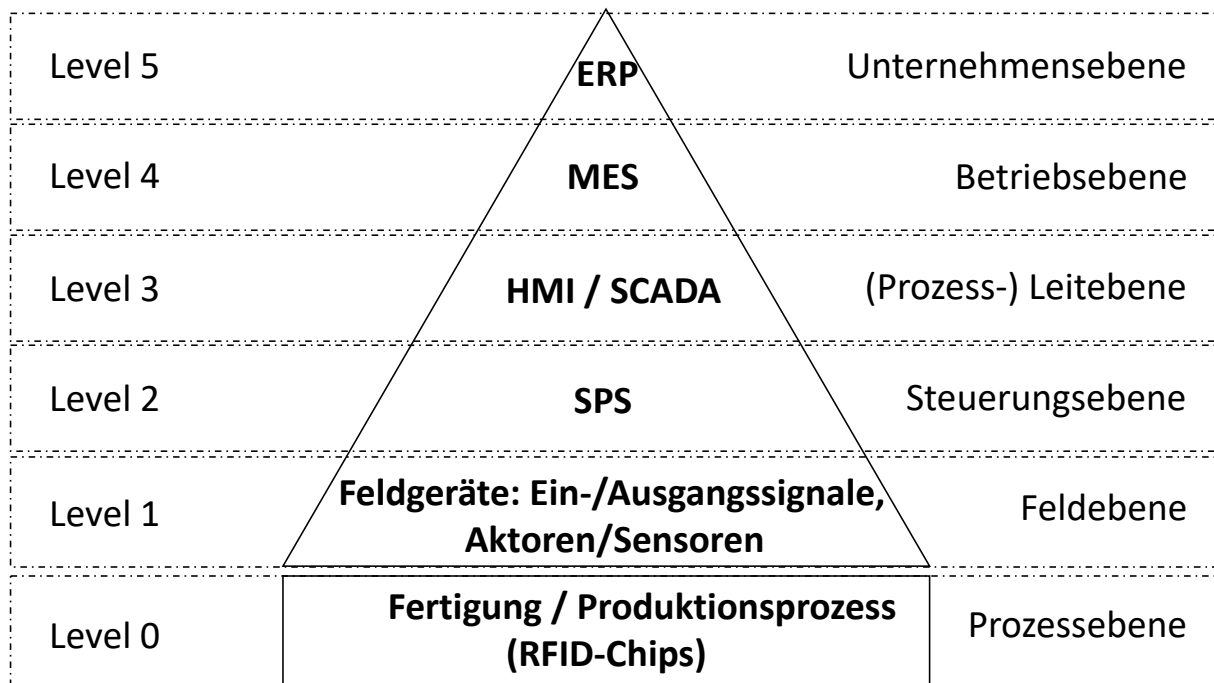


Abbildung 3: Automatisierungspyramide nach (Siepmann 2016)

Die Automatisierungspyramide in Abbildung 3 stellt die Ebenen nach dem klassischen Ansatz mit dem Modell nach (Siepmann 2016) dar, welche auf der Normreihe (DIN EN 62264-1:2013) basiert. Um Betriebsdaten für ein Monitoring aus bestehenden IT-Systemen zu extrahieren, sollte zuerst überprüft werden, wie die aktuelle Leittechnik aufgebaut ist. Je weiter oben in der Automatisierungspyramide sich die Ebene für den Datenabruf befindet, desto einheitlicher liegen die Betriebsdaten vor. Bei einem Abruf aus den unteren Ebenen, wie beispielsweise der Feldebene, müssen die Messdaten meist noch mithilfe eines geeigneten Loggers erfasst werden. In den oberen Ebenen, wie der Prozessleitebene oder Betriebsebene, liegen die Betriebsdaten meistens in (teilweise unterschiedlichen) Datenbanken, sodass kein zusätzlicher Logger benötigt wird. Von welcher Ebene die Betriebsdaten für das individuelle Monitoring abgegriffen werden sollten, muss von Fall zu Fall entschieden werden. Der Aufwand für die Datenerfassung steigt zwar mit der Tiefe der entsprechenden Ebene, in der Regel nimmt dabei allerdings die Flexibilität im Hinblick auf Messintervalle und die Anzahl und Auswahl der exakt erfassten Betriebsdatenpunkte zu.

- **Hohe Ebene:** Sehr geringer Aufwand beim Abruf von Betriebsdaten für das Monitoring aus bestehenden Datenbanken mit geloggen Messdaten
- **Tiefe Ebene:** Hohe Flexibilität beim Abruf von Betriebsdaten für das Monitoring mit Logger in der Feldebene

4.2. IT-System Zugang und Sicherheit

Die Fernwärmeversorgungsunternehmen, die eine Monitoring-Software einsetzen wollen, benötigen eine geeignete Strategie, um die IT-Sicherheit zu gewährleisten. Im ersten Schritt stellen sich dabei zwei zentrale Fragen:

- Wird die Monitoring-Software vom Versorgungsunternehmen selbst oder von externen Dienstleistern aufgesetzt und betreut?
- Wird die Monitoring-Software beim Versorgungsunternehmen (Software on Premises) oder beim Softwareanbieter (Software on Demand, Software as a Service) betrieben?

Wenn ein externer Dienstleister das Monitoring betreut und aufsetzt, benötigt er einen Zugang zum IT-System des Betreibers. Dabei hat sich innerhalb des Nemo-Projekts ein Fernzugriff auf einen Rechner oder Server im lokalen Netzwerk des Versorgungsunternehmens als einfachster und effizientester Weg

herausgestellt. Entsprechend der jeweiligen Sicherheitsanforderungen kann der IT-Administrator des Versorgungsunternehmens den Fernzugriff auf das Notwendige einschränken. Sollte die Software auf einem externen Server des Softwareanbieters laufen, müssen die Daten verschlüsselt über geeignete Protokolle übermittelt werden. Im Projekt Nemo wurden die Betriebsdaten über eine verschlüsselte HTTPS-Verbindung an eine REST-API des Monitoring-Server übermittelt, welche durch eine geeignete Authentifizierung den aktuellen Sicherheitsstandards entspricht.

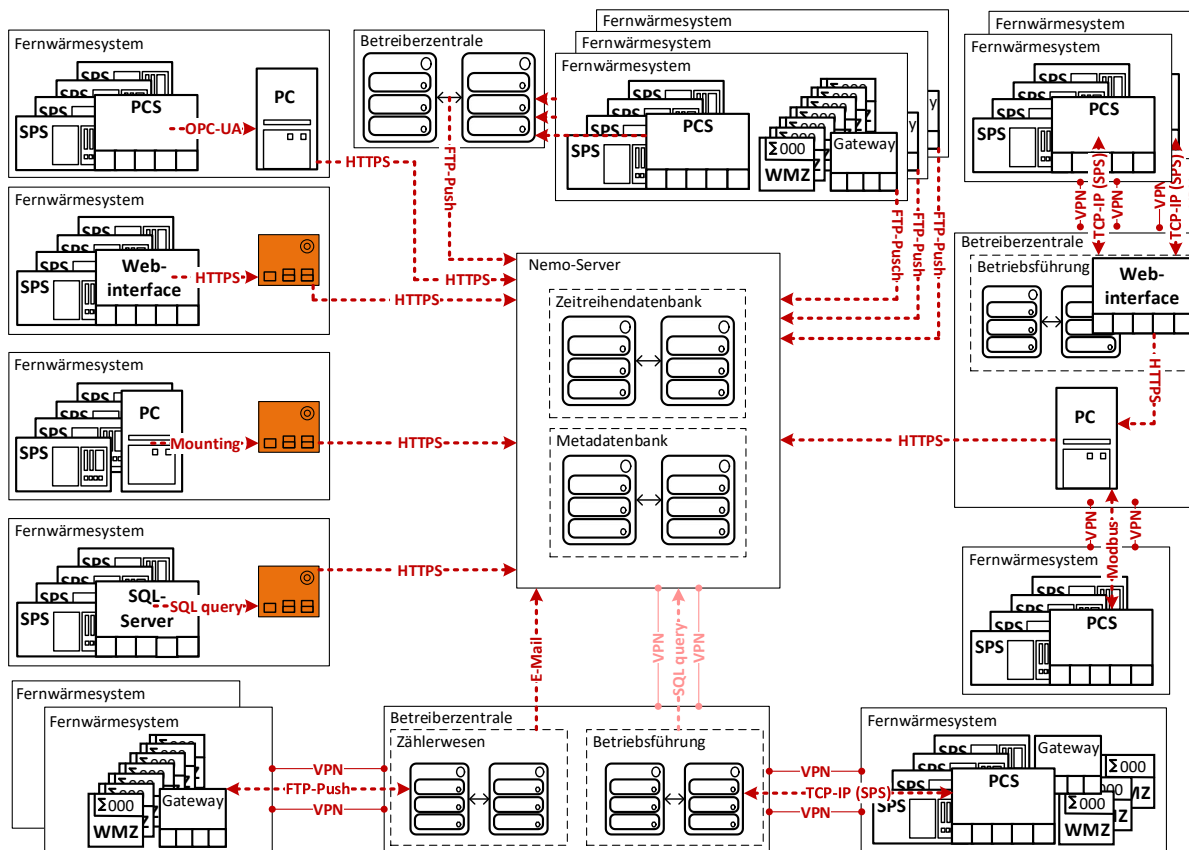


Abbildung 4: Monitoring Betriebsdatenerfassung im Projekt Nemo

In Abbildung 4 sind einige gewählte Übertragungswege aus dem Projekt Nemo dargestellt. Zu erkennen ist, dass die Betriebsdaten aller teilnehmenden Fernwärmesysteme an einen von den Projektpartnern aufgesetzten Monitoring-Server übertragen werden. Detailliertere Informationen zu den im Projekt angewendeten technischen Datenübertragungswegen werden im Abschlussbericht zusammengestellt.

4.3. Systematische Nomenklatur

Die zunehmende Digitalisierung in der Fernwärme eröffnet auch Wege für neue Dienstleistungsangebote und Werkzeuge zur Erstellung von Wertschöpfungsketten aus Betriebsdaten. Digitale Zwillinge, Lastprognose, vorausschauende Instandhaltung und Einsatzoptimierer sind Beispiele für Technologien, die bereits jetzt auf Grundlage von Betriebsdaten für mehr Effizienz, höhere Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit in Fernwärmesystemen sorgen können.

Damit sich diese Technologien breitflächig durchsetzen können ist es hilfreich, Kosten und Zeit bis zur Inbetriebnahme zu reduzieren, den notwendigen Support für den dauerhaft zuverlässigen Betrieb zu minimieren und eine Kommunikation zwischen Anwendungen zu ermöglichen. Die Festlegung einer mindestens unternehmensintern einheitlichen Nomenklatur und Semantik zur Datenpunktbezeichnung kann erheblich zu einer Reduzierung des Inbetriebnahmeaufwands beitragen. Die genaue Ausgestaltung von Nomenklatur und Semantik für die Erstellung der Datenpunktbezeichnungen ist dabei weniger entscheidend als deren strikte Einhaltung. Durch eine logische und einheitliche

Verknüpfung von Informationen können Datenschnittstellen einfach und effizient von Dritt-Software verarbeitet werden. Des Weiteren vereinfacht eine derartige Datenpunktbezeichnung den manuellen Umgang mit diesen Daten erheblich.

Eine einfache Semantik für die Datenpunktbezeichnung, wie sie im Projekt genutzt wurde, wird im Folgenden präsentiert: Ziel der Datenpunktbezeichnung war es, ausschließlich anhand eines Schlüsselbegriffs die Position, das Messgerät, die Messgröße sowie zusätzliche Informationen über die Einbausituation darzustellen. Zur Begrenzung der Länge des Schüssels wurde eine Nomenklatur erarbeitet, die sich aus einem Langtext und einer Abkürzung mit maximal vier Zeichen zusammensetzt. Semantisch werden die Informationen wie folgt abgebildet:

FWS-Abkürzung:Komponente.Index.Subkomponente.Index:Messgerät.Index:Sensor.Index:Zusatzinformation

Diese Darstellungsweise ist ausreichend, um alle 45.000 Datenpunkte, die innerhalb des Projektes benannt werden mussten, eindeutig und ausreichend genau zu beschreiben. Sie setzt sich im Detail wie folgt zusammen:

FWS-Abkürzung: Eine Abkürzung für das Fernwärmesystem mit zwei Zeichen

Komponente und Komponenten-Index: Die Komponente und der zugehörige Index dienen als erste Abstraktionsebene für die hierarchische Abbildung eines Komponentenstammbaums. Beispiel: Heizhaus 2 ist gleich HGL.2

Subkomponente und Subkomponenten-Index: Die Subkomponente und der zugehörige Index dienen als zusätzliche Abstraktionsebene, die für die hierarchische Abbildung eines Komponentenstammbaums beliebig erweitert werden kann. Beispiel mit erster Ebene und einer weiteren Subkomponenten-Ebene: Netzpumpe 1 in Heizhaus 2 ist gleich HGL.2.NP.1

Messgerät und Messgerät-Index: Um verschiedene Sensoren, die an gleicher Stelle messen, hinsichtlich des eingesetzten Messgeräts unterscheiden zu können, wird das Messgerät in die Datenpunktbezeichnung aufgenommen. Erweitertes Beispiel für eine Druckmessung an der Netzpumpe: HGL.2.NP.1:PRE.1

Sensor und Sensor-Index: Einige Messgeräte, wie beispielsweise Wärmezähler, besitzen mehrere Sensoren. Aus diesem Grund wurde der Datenpunktbezeichnung eine Sensorebene hinzugefügt. Ist durch die Art des Messgerätes bereits eindeutig die Sensorik definiert, weil es sich beispielsweise um eine Druckmessung handelt, wird ein Platzhalter „X“ eingesetzt. Erweitertes Beispiel für eine Druckmessung an der Netzpumpe: HGL.2.NP.1:PRE.1:X.1

Zusatzinformation: Diese Abstraktionsebene kann genutzt werden, um Informationen, die nicht über die vorangegangenen Ebenen dargestellt werden können, strukturiert abzubilden. Dies kann beispielsweise die Art der Messung betreffen oder auch genauere Informationen über die Einbausituation. Erweitertes Beispiel für eine Druckmessung an der Saugseite der Netzpumpe: HGL.2.NP.1:PRE.1.X.1.SUC

Werden Datenpunkte innerhalb einer Datenbankanwendung definiert, können mithilfe von Relationen standardisierte Datenpunktfiler eingeführt werden. In diesem Fall verliert eine Namenskonvention an Bedeutung, da Datenpunkte anhand ihrer filterbaren Eigenschaften exakt definiert werden können.

4.4. Datenqualität

Die Datenqualität hat entscheidenden Einfluss auf die Zuverlässigkeit einer Analyse. Ist auf eine Analyse Verlass, so können daraus Entscheidungen abgeleitet und Mehrwert generiert werden. Zu Fehlentscheidungen und gar wirtschaftlichen Verlusten kann es kommen, wenn Analysen auf Basis fehlerhafter Daten falsche Ergebnisse liefern. Es ist daher notwendig, mittels geeigneter Merkmale die Qualität eines Datensatzes zu überprüfen. Eine Zeitreihe verfügt über mehrere Merkmale anhand derer die Qualität bestimmt werden kann. Hierzu zählen beispielsweise:

- » das Aufzeichnungsintervall,
- » die Quantisierung,
- » die Vollständigkeit und
- » die Plausibilität der Messwerte.

Die Qualität der Daten und somit auch die Zuverlässigkeit der Analyseergebnisse können durch eine geeignete Vorverarbeitung erhöht werden. Als wichtige Schritte zu einer verbesserten Datenqualität zählen die Sichtung, Validierung, Imputation und Transformation der Rohdaten. Die im Nemo-Projekt verwendeten Techniken, die sich als relevant und vorteilhaft erwiesen haben, sind im Methodenkatalog (Bücker et al. 2021) dargestellt.

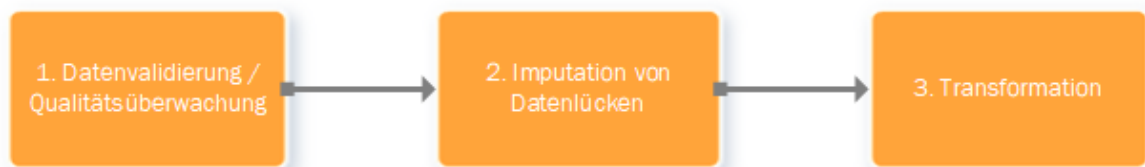


Abbildung 5: Schritte zur Erhöhung der Datenqualität

5. Entwicklung eines Monitoringkonzeptes

Die Entwicklung eines Monitoringkonzepts kann für jedes Unternehmen, in Abhängigkeit von Ausgangssituation, eigenen Zielstellungen und weiteren Randbedingungen, individuell unterschiedlich ausfallen. Im Folgenden werden zwei Vorgehensweisen zur Identifikation der individuellen Anforderungen aufgezeigt, aus denen sich, gemeinsam mit möglichen weiteren Anforderungen, ein individuelles Minimal-Monitoringkonzept ableiten lässt. Die gezeigten Vorgehensweisen sind beispielhaft zu verstehen. Individuelle Anpassungen und alternative Herangehensweisen können notwendig sein, um sich ändernde Randbedingungen, beispielsweise im regulatorischen Rahmen, zu berücksichtigen.

5.1. Anforderungen

Im Rahmen des Forschungsvorhabens kamen zwei Optionen zur Identifikation von Anforderungen an ein entsprechendes Monitoring Konzept zur Anwendung. Eine Variante mit dem Fokus auf möglichst kostengünstiges Monitoring bei minimalem Aufwand und eine eher bedarfsorientierte Herangehensweise. Beide Möglichkeiten werden im Folgenden kurz skizziert.

5.1.1. Kostengünstiges Monitoring bei minimalem Aufwand

Das Prinzip des möglichst kostengünstigen Monitorings von Fernwärmesystemen basiert auf der Annahme, dass in den meisten Versorgungsunternehmen bereits Daten erfasst werden, aus denen sich relevante Kennzahlen und Optimierungspotenziale ableiten lassen. Diese Annahme konnte im Rahmen des Forschungsvorhabens für die untersuchten Fernwärmesysteme weitgehend bestätigt werden. Mit der voranschreitenden Umsetzung von relevanten Verordnungen (z. B. FFVAV, siehe Abschnitt 2) und dem steigenden Einsatz fernüberwachter Erzeugungsanlagen, die nicht am Standort der Leitstelle sein müssen (siehe bspw. VKU Verlag GmbH (Hg.) 2021) ist mit einer Zunahme der Datenerfassung in unterschiedlichen Bereichen der FWWU zu rechnen.

Ein mögliches Vorgehen, um aus diesen bereits existierenden Daten Anforderungen für ein individuelles Monitoringkonzept abzuleiten, ist in Abbildung 6 dargestellt. Im ersten Schritt werden die bereits bekannten oder zukünftig erfassten Daten zusammengestellt und soweit bekannt mögliche Hindernisse der Datennutzung berücksichtigt. Im zweiten Schritt kann beispielsweise anhand des Methodenkatalogs oder des Kennzahlenkatalogs geprüft werden, welche Methoden und Kennzahlen sich bereits mit den verfügbaren Daten erstellen lassen. Im dritten Schritt soll geprüft werden welche Möglichkeiten es gibt die ggf. verstreuten Daten zum Monitoring nutzbar zu machen (ggf. an zentraler Stelle nutzen oder zusammenführen) und welche Analysewerkzeuge bei der Darstellung und Untersuchung der Kennzahlen und Methoden zum Einsatz kommen sollten.

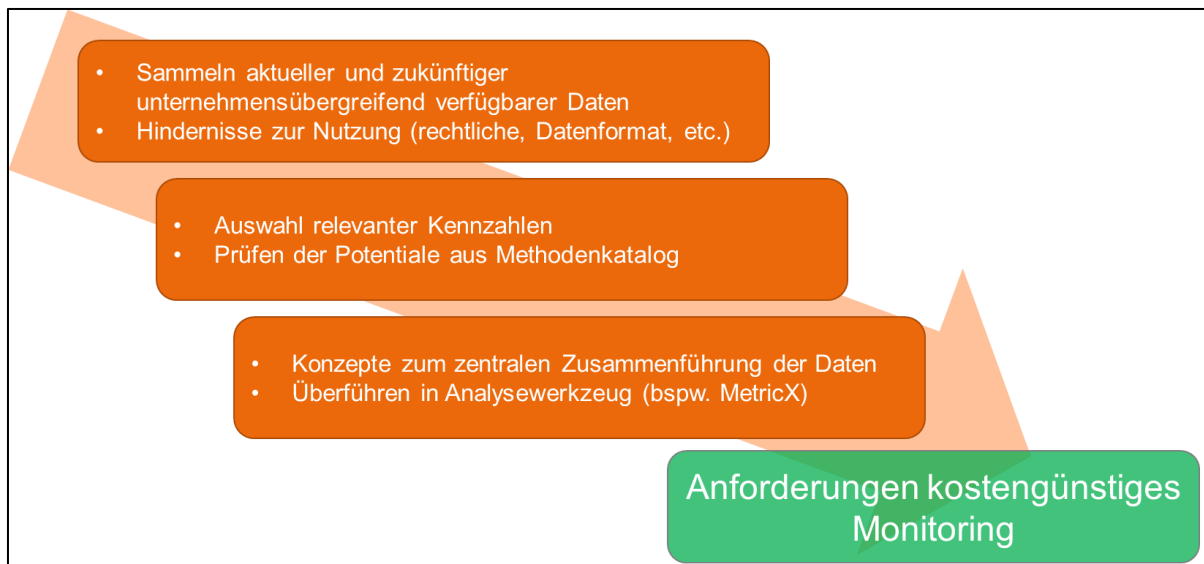


Abbildung 6: Anforderungsidentifikation bei der Entwicklung eines kostengünstigen Monitoringkonzeptes

Im Ergebnis entstehen so die Anforderungen, die zu erfüllen sind, um auf bestehender Datengrundlage weitere Informationen zu erhalten, ohne zusätzliche Investitionen in Sensoren zu tätigen. Auch wenn die technischen Hürden bei bereits erfassten Daten niedrige erscheinen, kann dennoch Aufwand, beispielsweise für den Aufbau und Betrieb der Datenkommunikationsstruktur oder die Übertragung in ein passendes Datenformat, entstehen. Gerade bei einem „Live-Monitoring“ können die notwendige Mess- und vor allem Übertragungsfrequenz die vorhandene Infrastruktur, die für einen anderen Anwendungsfall geschaffen wurde, übersteigen. Aus diesem Grund sind der erwartete Nutzen und der nötige Aufwand stets individuell abzuwägen.

5.1.2. Bedarfsorientiertes Monitoring

Eine weitere Möglichkeit, Anforderungen für ein passendes Monitoringkonzept abzuleiten, bildet die in Abbildung 7 dargestellte Variante des bedarfsorientierten Monitorings. Im **ersten Schritt** ist dabei die Frage zu klären, welche Informationen über das Fernwärmesystem, die ein Monitoringsystem grundsätzlich zur Verfügung stellen könnte, besonders relevant sind oder besonders dringend benötigt werden. Zur Beantwortung dieser Frage können bereits einfache Ansätze wie zum Beispiel Experteninterviews in den Fachabteilungen des eigenen Unternehmens genutzt werden, wie sie auch im Rahmen des Forschungsvorhabens durchgeführt wurden. Es existieren zahlreiche Ansätze für mögliche unternehmensinterne Anforderungsanalysen in mehr oder weniger aufwändigen Workshopkonzepten (siehe auch Forschungsvorhaben ILSE³), die sich ggf. auch aus anderen Fachgebieten übertragen lassen, beispielsweise aus dem Leitfaden Industrie 4.0 (Anderl et al. 2015). Weitere fernwärmespezifische, unternehmensübergreifende Fachexpertise lässt sich auch in den AGFW Projekt- und Expertenkreisen einholen. Mit dem Fachbericht „Trinkwassererwärmungssysteme – Fehleranalyse“ (Fachbericht AGFW FW 523-3) wurde im November 2021 ein dafür geeignetes Beispiel ins Regelwerk des AGFW aufgenommen. Auf Grundlage von langjähriger Praxiserfahrungen aus verschiedenen FWVU wurden hier strukturiert häufig auftretende Fehler bei Trinkwassererwärmungssystemen zusammengestellt. Bevor der zweite Schritt zur Anforderungsidentifikation begonnen wird, können die gesammelten Informationswünsche an das Monitoringsystem priorisiert werden, um ggfs. durch eine Auswahl Umfang und Aufwand bei der Umsetzung des Konzeptes zu reduzieren.

³ Intelligente Lernende Systeme in Energieverbänden – ILSE, BMWi FKZ: 03EN3033; www.agfw.de/ilse

Im **zweiten Schritt** ist zu klären, welche Messdaten und welche Analysemethoden geeignet sind, um die im vorigen Schritt identifizierten Informationswünsche zu beantworten. Manche Informationen lassen sich, wie im Beispiel (Fachbericht AGFW FW 523-3), gegebenenfalls durch die Überwachung von Grenzwerten bestimmter Betriebsparametern (Temperaturen, Drücken, etc.) gewinnen, in anderen Fällen sind komplexere Messungen und Methoden notwendig. Als Grundlage für mögliche Messanforderungen kann der im Forschungsvorhaben erstellte Kennzahlenkatalog (Wieser 2019) dienen, eine weitere Präzisierung der Anforderungen kann mit Hilfe des Methodenkatalogs (Bücker et al. 2021) vorgenommen werden.

Sind für Fehler und Symptome, die mittels Monitoring überprüft werden sollen, auch mögliche Ursachen bekannt, kann in einem **dritten Schritt** zusätzlich noch geprüft werden, ob sich diese durch entsprechende Messungen ausschließen oder identifizieren lassen. Auch hierfür eignen sich die im vorherigen Schritt benannten Projektprodukte. Für ein erstes Messkonzept sind neben den Parametern, die gemessen werden sollen, auch mögliche Anforderungen an die Messfrequenz zu stellen, da beispielsweise manche Symptome oder Ursachen nicht dauerhaft, sondern nur in bestimmten Betriebszuständen oder kurzzeitig auftreten.

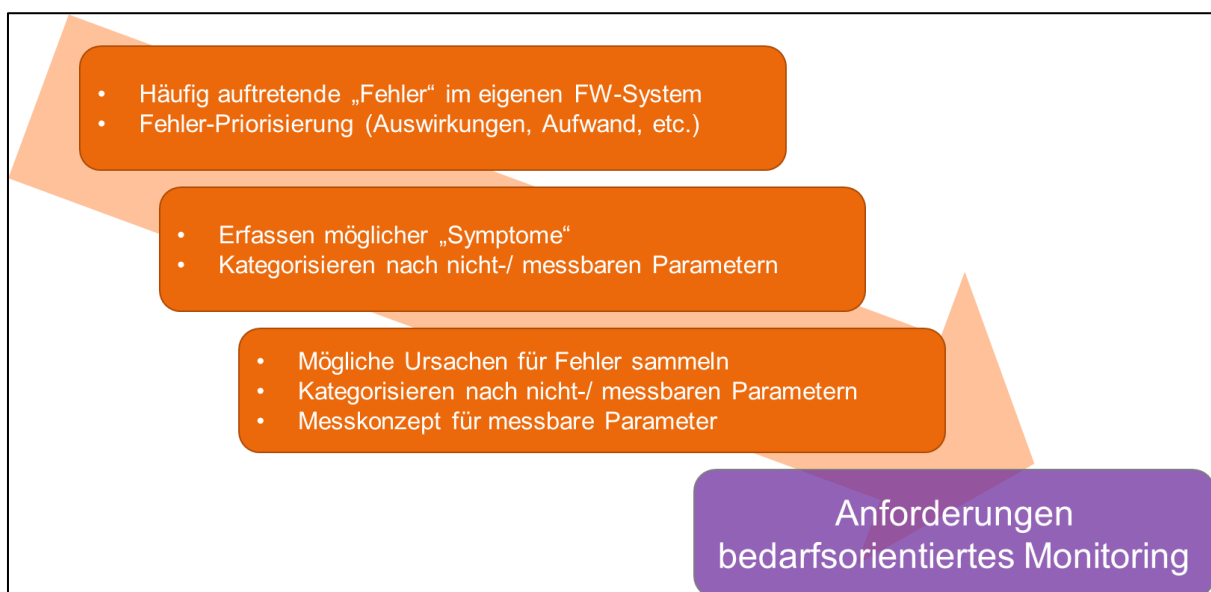


Abbildung 7: Anforderungsidentifikation bei der Entwicklung eines bedarfsorientierten Monitoringkonzeptes

Ergebnis dieses Prozesses sind die Anforderungen an ein bedarfsorientiertes Monitoring, die sowohl die zu überwachenden Parameter als auch passende Messanforderungen enthalten. Im Vergleich zum vorher beschriebenen Vorgehen wird die Frage, welche Messwerte bereits erfasst werden und welche eventuell aufwändig beschafft werden müssen, erst bei der Ableitung des Monitoringkonzeptes aus den ermittelten Anforderungen beantwortet. Ein wesentlicher Vorteil dieses zweiten Vorgehens ist, dass der mögliche Nutzen des Monitorings gleich zu Beginn festgestellt wird und so unnötige Ansätze vermieden werden. Möglicher zusätzlicher Mehrwert durch Daten, die bereits erfasst werden, bleibt dabei unberücksichtigt.

In der Praxis können die beiden skizzierten Vorgehensweisen auch parallel oder iterativ genutzt werden, um sowohl den Wissenszuwachs bei niedrigem Aufwand, den das „kostengünstige“ Vorgehen anstrebt, als auch den spezifischen Mehrwert, der durch das „bedarfsorientierte“ Vorgehen gehoben werden soll, realisieren zu können.

5.1.3. Weitere mögliche Monitoring-Anforderungen

Neben den beiden vorherigen Anforderungsanalysen können auch durch zahlreiche weitere Quellen Anforderungen identifiziert werden, die an ein Monitoringkonzept zu stellen sind. Zum einen können mit Hilfe passender Daten aus dem Monitoring Informationen zusammengestellt werden, die für die Erfüllung der Informationspflichten nach (FFVAV, vom 28.09.2021) erforderlich sind (siehe hierzu auch Anlage 1). Ähnliche Anforderungen können sich auch aus verschiedenen Nachweispflichten ergeben, beispielsweise die Herkunftsnachweise (§ 31 KWKG 2020), oder solche, die Auflage von Förderprogrammen für das Fernwärmesystem sind. Entsprechende Vorgaben dieser Nachweispflichten können allerdings besondere Anforderungen an die Daten (Validität, Authentizität, Sicherheit, etc.) stellen, die entsprechend zu berücksichtigen sind. Weitere Anforderungen können sich auch aus anderen Unternehmensperspektiven ergeben, beispielsweise die Bereitstellung technischer Kennzahlen für die Unternehmenskommunikation, für die Erstellung spezifischer Berichte zum Asset Management oder für die Umsetzung von Instandhaltungsstrategien.

5.2. Minimal-Monitoringkonzept

Zum aktuellen Zeitpunkt sind den Autoren keine Vorgaben bekannt, die für den Betrieb eines Wärmenetzsystems ein explizites digitales Monitoring fordern. Grundsätzlich kann, mit dem entsprechenden Knowhow und passendem Personal, ein Wärmenetz auch ohne Digitalisierung und Monitoring betrieben werden. Wie in Abschnitt 5.1 skizziert, kann es dennoch zahlreiche Ziele und Ansätze geben, aus denen sich Anforderungen an ein individuelles Minimal-Monitoringkonzept ableiten lassen.

Bei der Umsetzung der Anforderungen in ein praxistaugliches Monitoringkonzept sind noch weitere Aspekte zu berücksichtigen. Neben der reinen technischen Umsetzbarkeit der einzelnen Anforderungen sind dabei stets auch der regulatorische Rahmen, sonstige vertragliche oder unternehmensstrategische Randbedingungen und nicht zuletzt die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen zu beachten.

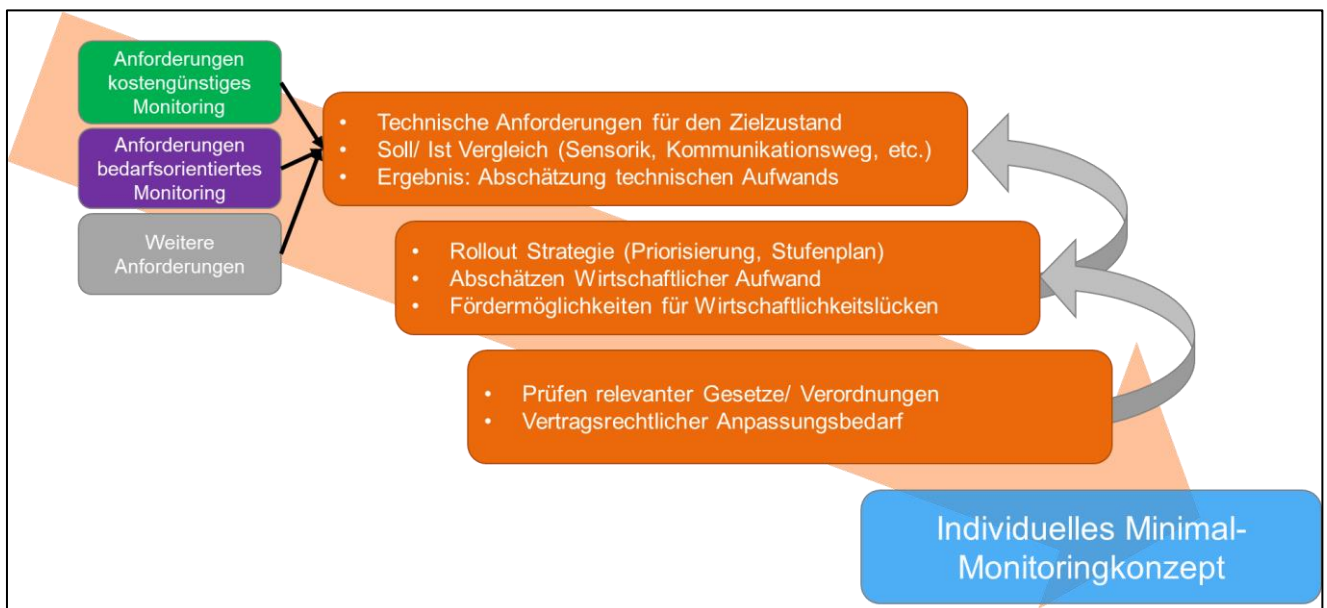


Abbildung 8: Anforderungen in ein Monitoringkonzept überführen

Abbildung 8 skizziert ein mögliches iteratives Vorgehen zur Umsetzung von Anforderungen in ein Minimal-Monitoringkonzept. Einzelnen Bearbeitungsschritte konnten bei den im Forschungsvorhaben

untersuchten Fernwärmesysteme projektbegleitend umgesetzt werden und sind im Abschlussbericht² des Forschungsvorhabens detaillierter beschrieben. Das gesamte Vorgehen konnte jedoch im Forschungsvorhaben nicht erprobt werden, da bei den beteiligten FWVU keine Messtechnik nachgerüstet wurde und somit nur bereits erfasste Daten aus bestehender Messtechnik verwendet wurden. Das skizzierte Vorgehen basiert damit auf Erfahrungen, Expertendiskussionen und weiteren Forschungsergebnissen wie (Springer et al. 2020). Die drei Hauptabschnitte (orange Kästen) bildeten auch die Grundlage für die Abschlussveranstaltung des Forschungsvorhabens am 14.12.2021, in der diese am Beispiel des Monitorings von Hausstationen vorgestellt wurden.⁴

⁴ Die Vortragsunterlagen stehen zum Download bereit unter: <https://www.fernwaerme-digital.de/abgeschlossene-projekte/nemo>

6. Ausblick

Im Rahmen des Verbundforschungsvorhabens „Wärmenetze im energetischen Monitoring“ konnte gezeigt werden, dass es in vielen der teilnehmenden Versorgungsunternehmen möglich war, auf Basis bereits existierender Datenerfassung durch ein systematisches Monitoring Mehrwerte zu generieren. Die Randbedingungen der einzelnen Versorgungssysteme beeinflussen den Aufwand und möglichen Nutzen signifikant. Auch wenn sich manche der identifizierten Optimierungspotenziale nicht kurzfristig und nicht allein durch den Versorger heben lassen, wie beispielsweise bei sekundärseitigen Komponenten, kann die automatisierte Betriebsdatenüberwachung helfen, Störungen und Anomalien frühzeitig zu erkennen.

Gerade im Bereich der Hausstationen, lassen sich, nach Einschätzung der FWVU, durch Fernauslesung und automatisierte Fehlerdetektion nicht nur Kosten und Ressourcen einsparen, sondern auch die Versorgungssicherheit erhöhen. Außerdem kann ggf. aus der Ferne bereits die Ursache von auftretenden Störungen eingegrenzt werden, was zu einer Reduktion von Instandhaltungseinsätzen führen kann.

Die Darstellung von Betriebsdaten in Zeitreihen ermöglicht es Fachleuten, in kurzer Zeit mögliche Probleme zu identifizieren. Durch ein systematisches Monitoring mit entsprechender Datenaufbereitung und Visualisierung, lassen sich zeitaufwändige Bearbeitungsschritte wie ein Vor-Ort-Termin zum Messen der Daten, die manuelle Datenübertragung und -aufbereitung, das Verrechnen von Messwerten zu Kennwerten vermeiden bzw. deutlich effizienter gestalten. Ein verbessertes Wissen über den aktuellen und zurückliegenden Zustand eines Fernwärmesystems ermöglicht eine bessere Einschätzung der möglichen Auswirkungen von Eingriffen in das System. Dies ist nicht nur für die Steigerung von Effizienz und Verfügbarkeit relevant, sondern kann auch dazu beitragen den Einsatz regenerativer, fluktuierender Energiequellen zu verbessern.

Einmal eingerichtet, kann ein Monitoringsystem weitestgehend automatisiert und nahezu beliebig oft ganze Anlagen aber auch einzelne Komponenten prüfen. Dies stellt insbesondere dort einen Mehrwert dar, wo die manuelle Überwachung nicht oder nur mit dem Einsatz erheblicher Personalkapazität möglich ist. Die im Projekt entwickelten Methoden und Kennzahlen können darüber hinaus dazu beitragen, die komponentenspezifische und systemische Effizienz durch kontinuierliche Überwachung von Kennzahlen mit geringem Aufwand zu verbessern.

Für viele weitere Anwendungen, bspw. zur Lastprognose, zur Einsatzoptimierung oder zur vorausschauenden Instandhaltung bilden systematisch erfasste, belastbare Daten, wie sie durch ein Monitoring zur Verfügung gestellt werden, eine wichtige Grundlage.

7. Anlage 1: Methode FFVAV

Die am 5. Oktober 2021 in Kraft getretene „Verordnung über die Verbrauchserfassung und Abrechnung bei der Versorgung mit Fernwärme oder Fernkälte“ (FFVAV) berücksichtigt die novellierte EU-Energieeffizienzrichtlinie (Richtlinie (EU) 2018/2002) und regelt die Vorschriften über die Erfassung des Wärme- oder Kälteverbrauchs neu (§ 3 FFVAV, vom 28.09.2021). Dabei werden erstmals eine Pflicht zur Installation fernablesbarer Messeinrichtungen eingeführt und die gesetzlichen Bestimmungen zur Abrechnung neu gefasst (§ 4 FFVAV, vom 28.09.2021). Das Versorgungsunternehmen muss künftig all denjenigen Kunden, bei denen fernablesebare Messeinrichtungen installiert sind, neben der klassischen jährlichen Abrechnung monatlich Abrechnungs- und Verbrauchsinformationen erteilen. Darüber hinaus ist der Kunde mit der Abrechnung, die tatsächliche Preise und den tatsächlichen Verbrauch enthält, umfassend über die energetische Qualität seines Wärme- oder Kälteprodukts zu informieren (§ 5 FFVAV, vom 28.09.2021). (Fricke et al. 2021)

Die nachfolgend beschriebene Methode stellt beispielhaft Monitoring-Ansätze vor, die zur Erfassung der nötigen Informationen zur Anwendung kommen können. Projektende und Inkrafttreten lagen so nah beieinander, dass die Methode nicht umfassend anhand der realen Messdaten getestet werden konnte. Außerdem sind einige Details zur Anwendung der FFVAV zum Bearbeitungszeitpunkt noch nicht geklärt, sodass hier vorgestellte Lösungsansätze eventuell im Nachgang angepasst werden müssen oder nicht anwendbar sind. Für eine potenzielle Anwendung der Methode wird deshalb eine zusätzliche Recherche der zum jeweiligen Zeitpunkt geltenden Anforderungen empfohlen.

Hierzu sei auf die Umsetzungshilfe (Fricke et al. 2021) verwiesen, welche der „AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.“ für Fernwärmeversorgungsunternehmen erstellt und entsprechend anpasst, sobald relevante Änderungen oder Konkretisierungen auftreten.

Die hier vorgestellten Ansätze sind nicht der einzige Weg, um die Anforderungen der FFVAV zu erfüllen. Ggf. führen individuelle Anforderungen und ergänzende Rechtsprechung dazu, dass einzelne Ansätze angepasst oder verworfen werden müssen. Die Bewertung der Messintervalle erfolgt auf Einschätzung der Forschungspartner und stellt keine verbindliche Vorgabe für die Branche dar. Alle Vorgehensweisen der vorgestellten Methode wurden unter der Prämisse entwickelt, dass eine fernauslesbare Messeinrichtung verbaut und in Betrieb ist. Ausnahmeregelungen und die in der FFVAV vorgesehene Übergangszeit bis 2026 wurden nicht berücksichtigt.

7.1. Übersicht der zu übermittelnden Informationen

In den nachfolgende Abschnitten sind die nach (§ 5 FFVAV, vom 28.09.2021) monatlich an den Kunden zu übermitteln/ zur Verfügung zu stellenden Informationen aufgeführt:

Tabelle 3: Überblick über die Informationspflichten des §5 FFVAV (Fricke et al. 2021)

Art	Inhalt	Vorschrift der FFVAV
Abrechnungsrelevante Information	Verbrauch und Preise des Abrechnungszeitraums	§ 5 Abs. 1 Nr. 1
	Steuern, Abgaben oder Zölle	§ 5 Abs. 1 Nr. 2 lit. c
Einordnung des aktuellen Verbrauchs	Vergleich mit Vorjahresverbrauch des Kunden	§ 5 Abs. 1 Nr. 3
	Vergleich mit Verbrauch eines Durchschnittskunden	§ 5 Abs. 1 Nr. 6
Energetische Qualität	Anteil der eingesetzten Energieträger und Wärmegegewinnstechnologien im Gesamtenergiemix	§ 5 Abs. 1 Nr. 2 lit. a
	Anteil der eingesetzten erneuerbaren Energien im Gesamtenergiemix	§ 5 Abs. 3
	Treibhausgasemissionen	§ 5 Abs. 1 Nr. 2 lit. b
	Primärenergiefaktor	§ 5 Abs. 3
Sonstige Informationen	Kontaktinformationen von Verbraucherorganisationen und anderen Institutionen	§ 5 Abs. 1 Nr. 4
	Informationen über Beschwerde- und Streitbeilegungsverfahren	§ 5 Abs. 1 Nr. 5

7.2. Abrechnungsrelevante Informationen

7.2.1. Verbrauch im Abrechnungszeitraum

Die aktuellen Preise sind anzugeben und können, auch bei variablen (bspw. Rücklaufterperaturabhängigen) Preismodellen zur Preisinformation als statischer Wert angegeben werden. Hierzu ist aus Sicht der Autoren kein Monitoring nötig. Weitere Details zu den Anforderungen sind in (Fricke et al. 2021 Abschnitt 5.2) aufgeführt. Nachfolgender Ansatz bezieht sich entsprechend lediglich auf den tatsächlichen Wärmeverbrauch:

7.2.1.1. Messanforderungen

Tabelle 4— Anforderungen an die Messstellen

Messstellen			
Bezeichnung		Einbauort	Beschreibung
1	Gelieferte Wärmemenge samt Zeitstempel	Siehe (§ 3 FFVAV, vom 28.09.2021)	Wird vom fernauslesbaren WMZ erfasst
Wichtig ist die Betrachtung gleicher Zeitintervalle für alle Messwerte			
Messintervall		Beschreibung	
a	≈ monatlich	— Zur Erfüllung der Verbrauchsinformationspflicht nach (§4 Absatz 4 FFVAV, vom 28.09.2021)	

b	feiner aufgelöst	— Feiner aufgelöste Daten können bspw. im Falle von Messlücken und Übertragungsfehlern helfen die Zeiträume für nötige Verbrauchsschätzungen zu minimieren.
---	------------------	---

7.2.1.2. Kennzahlen und Berechnungsmethoden

Sofern der eingesetzte Wärmemengenzähler die absolut gelieferte Wärmemenge erfasst, lässt sich der tatsächliche Verbrauch durch die Differenz zwischen Start und Ende des betrachteten Zeitraums bestimmen:

$$Q = WMZ_{t=Ende} - WMZ_{t=Start}$$

Q = gelieferte Wärmemenge bzw. tatsächlicher *Verbrauch*

$WMZ_{t=Ende}$ = Zählerstand des Wärmemengenzählers am Ende des Betrachtungszeitraums

$WMZ_{t=Start}$ = Zählerstand des Wärmemengenzählers zu Beginn des Betrachtungszeitraums

Für die Errechnung des monatlichen Verbrauchs ist ein Speichern des historischen Zählerstandes nötig. Als einfacher Betrachtungszeitraum könnte für eine monatliche Information jeweils der Messwert des Monatsersten mit dem Zählerstand am vorherigen Monatsersten verrechnet werden. In der (FFVAV, vom 28.09.2021) sind keine eigens festgelegten Zeitpunkte angegeben, zu denen die Verbrauchswerte zu ermitteln sind.

7.2.2. Steuern Abgaben oder Zölle

Auszuweisende Steuern, Abgaben und Zölle lassen sich als statische Werte interpretieren, für die kein separates Monitoring notwendig ist.

7.3. Einordnung des aktuellen Verbrauchs

7.3.1. Vergleich mit Vorjahresverbrauch des Kunden

Nach (FFVAV, vom 28.09.2021) ermöglicht diese Angabe:

„einen Vergleich des gegenwärtigen, witterungsbereinigten Wärme- oder Kälteverbrauchs des Kunden mit dessen witterungsbereinigtem Wärme- oder Kälteverbrauch im gleichen Zeitraum des Vorjahres in grafischer Form,“ (§5 Abs. 1 Nr. 3 FFVAV, vom 28.09.2021)

7.3.1.1. Messanforderungen

Tabelle 5— Anforderungen an die Messstellen

Messstellen			
	Bezeichnung	Einbauort	Beschreibung
1	Gelieferte Wärmemenge samt Zeitstempel	Siehe (§ 3 FFVAV, vom 28.09.2021)	Wird vom fernauslesbaren WMZ erfasst
Wichtig ist die Betrachtung gleicher Zeitintervalle für alle Messwerte			

Messintervall		Beschreibung
a	≈ jährlich	— Zur Bereitstellung der Informationen bezogen auf den Abrechnungszeitraum (sofern dieser ein Jahr beträgt)
b	feiner aufgelöst	— Durch eine quartalsweise oder monatliche Auflösung können die Daten in die unterjährig zu erbringenden Abrechnungs- und Verbrauchsinformationspflichten auf kleinere Zeiträume bezogen werden

7.3.1.2. Kennzahlen und Berechnungsmethoden

Ausgangspunkt ist erneut die gemessene Wärmemenge Q bezogen auf den betrachteten Zeitraum (t =Bezug) (vgl. Abschnitt 7.2.1.2). Die Witterungsbereinigung kann mithilfe von Gradtagszahlen (nach VDI 2067) oder auf Grundlage von Gradtagen (nach VDI 3807, Blatt 1) erfolgen (Fricke et al. 2021). Letztere lassen sich auch vom Daten-Server des Deutschen Wetterdienstes⁵ (DWD) für alle Wetterstationen des DWD abrufen. Dabei handelt es sich um monatliche Gradtage (GT) und die entsprechenden Mittelwerte bezogen auf die letzten 10 Jahre (GT_m). Der witterungsbereinigte Wärmeverbrauch lässt sich in Anlehnung an Gl.6 (VDI 3807 Blatt 1) wie folgt bestimmen:

$$Q_{WB,Bezug} = Q_{Bezug} \cdot \left(\frac{GT_{m,Bezug}}{GT_{Bezug}} \right)$$

$Q_{WB,Bezug}$ = Witterungsbereinigter Wärmeverbrauch im Bezugszeitraum

Q_{Bezug} = Wärmeverbrauch im Bezugszeitraum

GT_{Bezug} = Gradtagszahlen entsprechend dem Bezugszeitraum

$GT_{m,Bezug}$ = Gradtagszahlen Zehnjahresmittelwert entsprechend dem Bezugszeitraum

Für die Berechnung ist es notwendig die entsprechenden Verbrauchsdaten zu speichern.

7.3.2. Vergleich mit Verbrauch eines Durchschnittskunden

Es liegen keine Normen oder Vergleichstests vor, die eine Ermittlung des Durchschnittskunden definieren. Eine mögliche Alternative, die den spezifischen Eigenschaften der Wärmeversorgung Rechnung trägt, ist ein Vergleich anhand von Gebäudeklassen und Wärmeschutzstandards. (Fricke et al. 2021)

⁵ https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/derived_germany/techn/monthly/heating_degreedays/hdd_3807/

Tabelle 6: Durchschnittsverbräuche vergleichbarer Kunden. Quelle: Techem, Energiekennwerte 2019, witterungsbereinigt (VDI 3807 Blatt 1, Vergleichszeitraum 1970-2019; Referenzstandort Potsdam); (Fricke et al. 2021)

Wärmebedarf für Raumwärme	ab EnEV 2002	WSVO 1977/1995	Altbau, unsaniert vor 1977
Einfamilienhaus	<90 kWh/a*m ²	90-145 kWh/a*m ²	>145 kWh/a*m ²
Mehrfamilienhaus	<81 kWh*a*m ²	81-133 kWh/a*m ²	>133 kWh/a*m ²
GHD-Gebäude	<89 kWh/a*m ²	89 – 238 kWh/a*m ²	>89 kWh/a*m ²

7.3.2.1. Messanforderungen

Die Messanforderungen sind identisch zu denen im vorherigen Abschnitt (siehe Tabelle 5)

7.3.2.2. Kennzahlen und Berechnungsmethoden

Eine einfache Möglichkeit, den jährlichen Wärmeverbrauch (Q) (vgl. Abschnitt 7.2.1.2) bezogen auf ein Jahr (bzw. 12 Monate) mit Tabelle 6 zu vergleichen, ist die Verwendung der Klimakorrekturefaktoren KF, die vom DWD veröffentlicht werden⁶. Weiterhin ist es nötig die passende Bezugsfläche (A_E), nach (VDI 3807 Blatt 1), des entsprechenden Gebäudes zu ermitteln. Die Berechnung der Bezugsfläche kann in der Regel nur vom Kunden durchgeführt werden, da dem Versorger die Gebäudeindividuellen Angaben nicht unbedingt vorliegen.

$$Q_{vgl} = \frac{Q_{Bezug=12M} * KF_{Bezugsjahr}}{A_E}$$

Q_{vgl} = vergleichbare Verbrauchsgröße

$Q_{Bezug=12M}$ = Wärmeverbrauch im 12 – monatigen Bezugszeitraum

$KF_{Bezugsjahr}$ = Korrekturfaktor für den gleichen Bezugszeitraum wie $Q_{Bezug=12M}$

A_E = Gebäudespezifische Bezugsfläche nach VDI 3807

⁶ <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimafaktoren/klimafaktoren.html>

7.4. Energetische Qualität

7.4.1. Anteil der eingesetzten Energieträger und der Wärmegewinnungstechnologien im Gesamtenergiemix

Die im letzten Kalenderjahr eingesetzten Energieträger und Wärmegewinnungstechnologien, die zur Wärmeerzeugung im jeweiligen Fernwärmesystem genutzt werden, sind in prozentualen Anteilen anzugeben. Dies gilt für fossile und erneuerbare Energieträger gleichermaßen und schließt auch alle Technologien, die nicht durch Verbrennungsprozesse die Wärme erzeugen (bspw. Wärmepumpen, Solarthermie, Geothermie, etc.), ein. (Fricke et al. 2021)

Seitens AGFW wird empfohlen den Gesamtenergiemix auf Grundlage des (Arbeitsblatt AGFW FW 309-5) zu ermitteln. In Anlehnung an den in Teil 5 abgebildeten „Erfüllungsgrad“ sind hierzu die in das Wärmenetz eingespeisten Wärmemengen aller Wärmequellen⁷ nötig, die über einen zusammenhängenden Zeitraum von mindestens einem Jahr verfügbar sind⁸.

7.4.1.1. Messanforderungen

Tabelle 7— Anforderungen an die Messstellen

Messstellen			
Bezeichnung		Einbauort	Beschreibung
1	Ins Wärmenetz eingespeiste Wärmemenge jeder Erzeugungsanlage	Möglichst nah an der Anlage, sodass die erzeugte Wärmemenge der einzelnen Anlagen nicht durch Störgrößen beeinflusst wird.	Wird die erzeugte Wärmemenge aller Anlagen direkt erfasst, ist keine komplexe Aufteilung nachgelagerter Systeme (bspw. Speicher; Netze) nötig.
Wichtig ist die Betrachtung gleicher Zeitintervalle für alle Messwerte			
Messintervall		Beschreibung	
a	ca. jährlich	Aufgrund des Bezuges zum Kalenderjahr ist der Zählerstand zum Jahresende ausschlaggebend	
b	feiner aufgelöst	Feiner aufgelöste Daten können genutzt werden, um bspw. im Falle von Messlücken oder Veränderungen in der Erzeugungsstruktur zu helfen die Zeiträume für nötige Schätzungen zu minimieren.	

7.4.1.2. Kennzahlen und Berechnungsmethoden

In Anlehnung an AGFW FW-309-5 lässt sich der Anteil einer einzelnen Wärmeerzeugungsanlage als Anteil am Gesamtenergiemix wie folgt berechnen:

⁷ Eine Berechnung über die zugeführte Brennstoffmenge kann zu Verzerrungen und Berechnungsproblemen führen (besonders bei KWK und EE Anlagen) und ist entsprechend ungeeignet.

⁸ Hinweis: Bei einer Abrechnung z.B. zum 01.01 ist der Gesamtenergiemix des letzten Jahres idR. noch nicht bekannt, nach Einschätzung des AGFW genügt es in diesem Fall den Vorjahresenergiemix heranzuziehen.

$$X_i = \frac{Q_{i,J}}{Q_{Ges,J}}$$

X_i = Anteil der Erzeugungsanlage i am Gesamtenergimix

$Q_{i,J}$ = ins Wärmenetz eingespeiste Wärmemenge der Anlage i im Kalenderjahr J

$Q_{Ges,J}$ =
Summe der eingespeisten Wärmemenge aller Erzeugungsanlagen im Kalenderjahr J

Sofern mehreren Erzeugungsanlagen des gleichen Typs (bspw. mehrere Gaskessel) vorhanden sind, können die jeweiligen Anteile addiert werden, da die Angaben nicht anlagengenau auszuweisen sind. Auch eine Unterscheidung nach gekoppelter oder ungekoppelter Erzeugung ist nicht notwendig.

7.4.2. Anteil der eingesetzten erneuerbaren Energien im Gesamtenergimix

Sind die Anteile der einzelnen Erzeugungsanlagen aus Abschnitt 7.4.1 bekannt, können die jeweiligen Anteile der Erzeugungsanlagen auf Basis von erneuerbaren Energien aufaddiert werden. Der Erneuerbare Anteil aus Wärmepumpen und Mischfeuerungsanlagen kann nach (Arbeitsblatt AGFW FW 309-5) ermittelt werden. Eine Übersicht der als Erneuerbar geltenden Erzeugungsmöglichkeiten ist in (Arbeitsblatt AGFW FW 309-5; Fricke et al. 2021 Abschnitt 5.4.2) zu finden.

7.4.3. Treibhausgasemissionen

In der (FFVAV, vom 28.09.2021) sind Treibhausgase nicht näher definiert, nach (Fricke et al. 2021 Abschnitt 5.4.3) lässt sich aber im Vergleich mit anderen Klima- bzw. energetischen Vorschriften darauf schließen, dass hier die Ausweisung von CO₂-Äquivalenten gemeint ist. Der Bezugszeitraum ist nicht näher definiert, sodass das FWVU die Angaben heranziehen kann, die in Energieausweisen nach (§ 85 des Gebäudeenergiegesetzes) zu machen sind. Die Berechnung kann in Anlehnung an das Vorgehen nach (Arbeitsblatt AGFW FW 309-1) erfolgen.

7.4.3.1. Messanforderungen

Messstellen			
Bezeichnung		Einbauort	Beschreibung
1	Ins Wärmenetz eingespeiste Wärmemenge jeder Erzeugungsanlage	Möglichst nah an der Anlage, sodass die erzeugte Wärmemenge der einzelne Anlagen nicht durch Störgrößen beeinflusst wird.	Wird die erzeugte Wärmemenge aller Anlagen direkt erfasst ist keine komplexe Aufteilung nachgelagerter Systeme (bspw. Speicher; Netze) nötig. ⁹
2	Energie des zugeführten Energieträgers jeder Erzeugungsanlage	Individuell abhängig vom eingesetzten Energieträger	Sofern sich nur die Menge/ Masse des Energieträgers messen lässt, muss diese beispielsweise über Angaben zum Energiegehalt pro Einheit

⁹ Annahmen für eine Wärmenetz. Durch komplexere Systemanordnungen mit Sub-/ Sekundärnetzen, die bspw. aus dem Haupt- / Primärnetz versorgt werden und zusätzliche eigene Erzeugungsanlagen integrieren, müssen die entsprechenden Systemgrenzen entsprechend berücksichtigt werden.

		zu einer Energie umgerechnet werden
Wichtig ist die Betrachtung gleicher Zeitintervalle für alle Messwerte		
Messintervall	Beschreibung	
a	ca. jährlich	Aufgrund des Bezuges zum Kalenderjahr ist der Zählerstand zum Jahresende ausschlaggebend
b	feiner aufgelöst	Feiner aufgelöste Daten können genutzt werden, um bspw. im Falle von Messlücken oder Veränderungen in der Erzeugungsstruktur zu helfen die Zeiträume für nötige Schätzungen zu minimieren. Üblicherweise werden die Mengen der zugeführten Energieträger deutlich feiner gemessen und überwacht.

7.4.3.2. Kennzahlen und Berechnungsmethoden

Für die Berechnung der Treibhausgasemissionen kann für jeden Energieträger auf die kohlendioxidäquivalenten Emissionsfaktoren nach (GEG, vom 08.08.2020 Anlage 9) bzw. (Arbeitsblatt AGFW FW 308 Tabelle A 1) zurückgegriffen werden. Im konkreten Anwendungsfall der nachfolgenden beispielhaften Berechnung sind für komplexere Systeme, die beispielsweise Energie in ein anders System exportieren (z. B. KWK-Strom), die entsprechenden Vorgaben zur Berechnung zu berücksichtigen. Nachfolgend ist beispielhaft die einfache Berechnung in Anlehnung an (Arbeitsblatt AGFW FW 308) dargestellt:

$$f_{CO_2, total} = \frac{\sum E_{in, Bezug} * f_{CO_2 eq} - E_{el, exp, Bezug} * f_{el, exp, CO_2 eq}}{Q_{out, Bezug}}$$

$f_{CO_2, total}$ = CO₂ – Äquivalente des Gesamtsystems

$E_{in, Bezug}$ = Energie des zugeführten Energieträgers im Bezugszeitraum

$f_{CO_2 eq}$ = Emissionsfaktor Kohlendioxidäquivalent des zugeführten Energieträgers

$E_{el, exp, Bezug}$ = el. Energie, die im Bezugszeitraum aus dem System exportiert wird

$f_{el, exp, CO_2 eq}$ = Emissionsfaktor des exportierten Energieträgers (z. B. Strom) in CO₂eq.

$Q_{out, Bezug}$ = Energieabgabe des FW – Systems im Bezugszeitraum

7.4.4. Primärenergiefaktor

Zur Berechnung des Primärenergiefaktors kann ebenfalls das (Arbeitsblatt AGFW FW 308) herangezogen werden. Die Berechnungsmethoden und Kennzahlen sind dabei nahezu identisch zu denen in Abschnitt 7.4.3. Lediglich die kohlendioxidäquivalenten Emissionsfaktoren sind durch die Werte für den „nicht erneuerbaren Primärenergiefaktor“ nach (Arbeitsblatt AGFW FW 308) zu ersetzen. Daraus ergibt sich die Formel:

$$f_{P, nren, system} = \frac{\sum E_{in, Bezug} * f_{P, nren} - E_{el, exp, Bezug} * f_{el, exp, P, nren}}{Q_{out, Bezug}}$$

$f_{P,nren}$ = nicht erneuerbarer Primärenergiefaktor des Gesamtsystems

$f_{P,nren}$ = nicht erneuerbarer Primärenergiefaktor des zugeführten Energieträgers

$f_{el,exp,P,nren}$ = nicht erneuerbarer Primärenergiefaktor der exportierten Energie (z. B. Strom)

7.5. Sonstige Informationen

Für die sonstigen Informationen sind keine Monitoring-Ansätze nötig, da es sich um weitestgehend statische Informationen (Adressen und Kontaktdaten) handelt.

8. Anlage 2: Methode: Überprüfung der Versorgungssicherheit

Weitere Details zur Methode sind im Methodenkatlog zu finden (Bücker et al. 2021 Kapitel 5.7)

Das Ziel dieser Methode ist es, die Funktionstüchtigkeit mehrerer Hausstationen miteinander vergleichbar zu machen. Der Anwender kann auf einen Blick das durchschnittliche Verhalten von Hausstationen erkennen und Ausreißer identifizieren.

Die Gewährleistung der Versorgungssicherheit ist für Fernwärmeversorgungsunternehmen von besonderer Bedeutung. In dieser Methode werden Hausstationen auf potenzielle Zustände der Unterversorgung hin untersucht und die jeweiligen Analyseergebnisse miteinander verglichen.

Als Unterversorgung wird in dieser Methode gewertet, wenn die sekundärseitige Soll-Vorlauftemperatur nicht erreicht wird, die Rücklauftemperaturbegrenzung nicht überschritten wird und der Volumenstrom, bei vollständig geöffnetem Ventil, kleiner als 60 % des maximal gemessenen Volumenstroms ist. Letzterer Zustand ist dann erfüllt, wenn der Differenzdruck über die HAST zu gering ist. Der verwendete Referenzvolumenstrom (max. Volumenstrom) ist durch das Ventil einerseits und durch den Differenzdruckregler andererseits begrenzt und kann daher auch in Folge von höheren netzseitigen Differenzdrücken nicht deutlich vom Nennvolumenstrom abweichen.

In einer zusammenfassenden Grafik wird für alle HAST die Häufigkeit einer Unterversorgung dargestellt. Ausreißer können mit dieser Methode einfach erkannt werden und weiterführende Analysen eingeleitet werden.

Mögliche Ursachen für eine auffällige Hausstation

- Hohe Transportverluste
- Zu geringe netzseitige Differenzdrücke
- Defekte oder falsch dimensionierte Wärmeübertrager

Mögliche Auswirkungen von Hausstationen mit auffälligen Ergebnissen

- Unterversorgung des Wärmekunden
- Verletzung der vertraglichen Vereinbarung

8.1. Messanforderungen

Tabelle 8— Anforderungen an die Messstellen

Messstellen			
Bezeichnung		Einbauort	Beschreibung
1	Vorlauftemperatur	Auf der Primärseite der Hausstation (indirekte Wärmeübertragung)	Wird in den meisten Fällen vom Wärmemengenzähler erfasst
2	Volumenstrom	Auf der Primärseite der Hausstation (indirekte Wärmeübertragung)	Wird in den meisten Fällen vom Wärmemengenzähler erfasst
3	Vorlauftemperatur	Auf der Sekundärseite der Hausstation (indirekte Wärmeübertragung)	Wird vom Regler erfasst

4	Soll-Vorlauftemperatur	-	Wird vom Regler vorgegeben
5	Volumenstromregelventilstellung	-	Wird vom Regler erfasst
Messintervall			
	<i>Messintervall</i>		<i>Beschreibung</i>
a	<= 15 Minuten	—	Probleme können erkannt werden
b	<= 2 Minuten	—	Zuverlässigkeit der Methode erhöht sich

8.2. Kennzahlen und Berechnungsmethoden

Für diese Methode wird eine Teilmenge der gemessenen Volumenströme näher betrachtet. Es wird angenommen, dass in einem idealen System bei stets gleichem netzseitigen Differenzdruck der Volumenstrom über ein vollständig geöffnetes Ventil stets konstant sein muss. Wird der Differenzdruck hingegen kleiner, bei gleichbleibender Ventilstellung, so wird auch der Volumenstrom geringer. In dieser Methode werden die maximal erreichten Volumenströme mit den Volumenströmen zu jedem Zeitpunkt, an dem das Ventil zu 100% geöffnet war, verglichen. Eine starke Abweichung zu einem Zeitpunkt t ist ein Indiz für eine Unterversorgung, wenn ebenfalls zu diesem Zeitpunkt die sekundäre Vorlauftemperatur nicht erreicht wird und die maximale Rücklauftemperatur der Regelung nicht überschritten wird.

Ermittlung der Anzahl der Zeitpunkte zu denen die Bedingungen für Unterversorgung erfüllt waren.

$$KPI = \sum_t 1 \text{ wenn } \begin{cases} \frac{\dot{V}_{HS,pri,htf,t}}{\max(\dot{V}_{HS,pri,htf})} < 50\% \\ T_{HS,sek,VL,t} < T_{HS,sek,soll,t} \\ T_{HS,pri,RL,t} < T_{HS,pri,RL,max,t} \\ s = 100 \end{cases} \quad (8.2-1)$$

Diese Kennzahl gibt an, wie häufig ein unzureichender Differenzdruck zu einer Unterversorgung einer Hausstation geführt haben könnte, sofern belastbare Betriebsdaten für die Auswertung zur Verfügung standen.

- $\dot{V}_{HS,pri,htf}$ = Volumenstrom auf der Primärseite
- $T_{HS,pri,RL}$ = Rücklauftemperatur auf der Primärseite
- $T_{HS,pri,RL,max}$ = Rücklauftemperaturbegrenzung auf der Primärseite
- $T_{HS,sek,VL,t}$ = Vorlauftemperatur auf der Sekundärseite
- $T_{HS,sek,soll,t}$ = Sollvorlauftemperatur der Sekundärseite
- s = Stellwert des Volumenstromregelventils
- KPI = Anzahl Zustände in denen Unterversorgung auftrat

8.3. Darstellung und Auswertung

In Abbildung 9 ist die Anzahl der Zustände in denen Unterversorgung auftrat für alle betrachteten Hausstationen abgebildet. Jeder Punkt ist stellvertretend für eine Station. Auf der Y-Achse ist der Anteil zwischen den gezählten Zuständen, in denen Unterversorgung auftrat, und der Anzahl verfügbarer Messwerte aufgetragen. Hohe Werte bedeuten, dass es im Betrachtungszeitraum häufig zu einer Unterversorgung kam. Auf der X-Achse ist die Kennzahl für die Erreichung der Vorlauftemperatur in Prozent aufgetragen, so dass ein Zusammenhang sichtbar wird. Farblich wird in dieser Darstellung

zwischen „in Ordnung“ und „überprüfen“ unterschieden. Oberhalb eines definierten Schwellwertes (hier 30%) werden HAST in Rot dargestellt. Der Grenzwert ist in dieser Auswertung sehr niedrig angesetzt, da eine differenzdruckbedingte Unterversorgung so selten wie möglich auftreten sollte. Die markierten Stationen sollten einer weitergehenden Prüfung unterzogen werden. Für die Benchmark-Überprüfung aller HAST wurde der gesamte Januar 2020 verwendet. Insgesamt wurden die Betriebsdaten von ~1250 HAST überprüft.

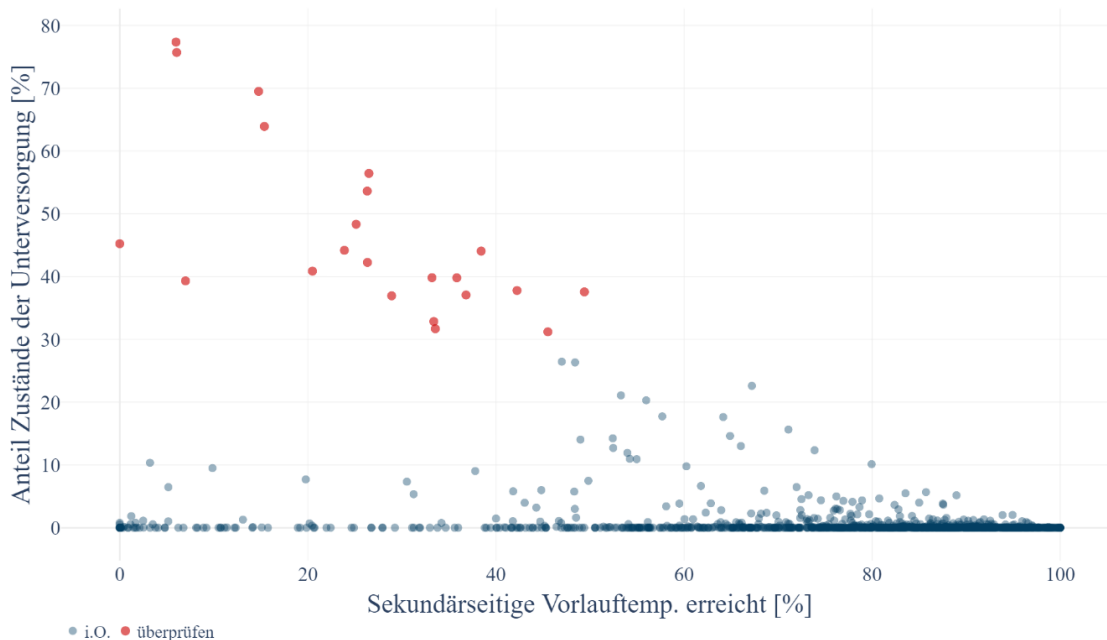


Abbildung 9: Anteil der Zustände der Unterversorgung aller HAST im Januar 2020 Betriebspunkt im akzeptablen Bereich; überprüfen = Betriebspunkt außerhalb des akzeptablen Bereichs

Die Abbildung zeigt, dass es einen Zusammenhang zwischen dem Anteil der Zustände der Unterversorgung und der Erreichung der sekundärseitigen Vorlauftemperatur besteht. Ca. 40 HAST weisen eine geringe bis starke Unterversorgung im Betrachtungszeitraum auf.

In den folgenden Abbildungen wurden die Messdaten eines Tages von drei der auffälligen Stationen dargestellt, um eine beispielhafte Anschluss-Auswertung zu illustrieren. Diese Betriebsdaten sind für die Anwendung der Methode nicht grundsätzlich erforderlich und daher nicht in den Messanforderungen aufgeführt. Die Abbildungen zeigen, dass die Vorlauftemperatur tatsächlich sehr oft unterhalb der Sollvorlauftemperatur, liegt. In allen drei Fällen führt die Unterversorgung zu einer deutlich zu geringen sekundären Vorlauftemperatur. Es zeigt sich, dass bei voll geöffneten Volumenstromregelventil der Volumenstrom nicht konstant ist, sondern stark variiert. Gleichzeitig zeigt sich in den ersten beiden Abbildungen eine Abhängigkeit von der Tageszeit, die vermutlich mit der Gesamtlast des Fernwärmesystems korreliert. Diese Abhängigkeit besteht auch an anderen Tagen, die zu Gunsten der Übersichtlichkeit hier nicht mit dargestellt sind. Der stark reduzierte Volumenstrom bei vollständig geöffnetem Ventil ist ein Indiz für einen zu geringen netzseitigen Differenzdruck. Eine zusätzliche Plausibilisierung der Ergebnisse und Messwerte zeigt sich in dem gemeinsamen Verlauf des Volumenstroms und der Temperaturen (ausgenommen der primärseitigen Vorlauftemperatur). Sinkt der Volumenstrom bei vollständig geöffnetem Ventil, sinken auch die Temperaturen ab.

823

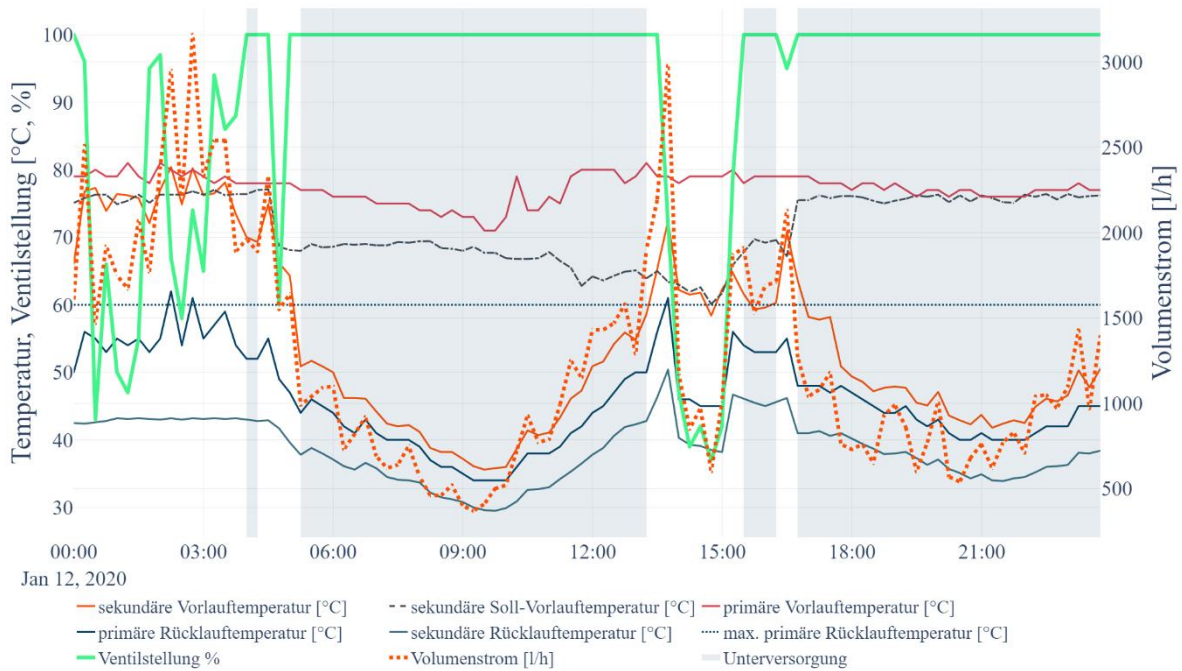


Abbildung 10: Unterversorgung einer HAST - Kunde 823

Die in Abbildung 10 dargestellte HAST zeigt bei näherer Betrachtung der verfügbaren Messwerte eine starke Unterversorgung über mehrere Stunden. Die Unterversorgung tritt auch an anderen Tagen des Januars 2020 auf.

1090

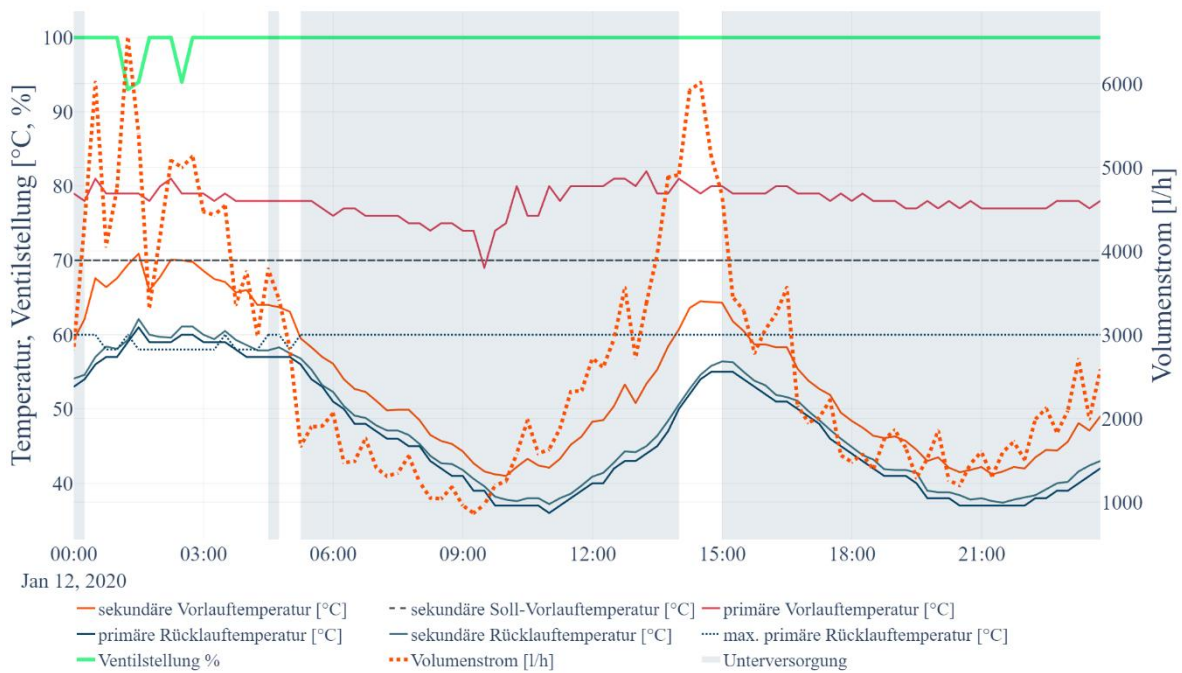


Abbildung 11: Unterversorgung einer HAST - Kunde 1090

Die in Abbildung 11 dargestellte HAST weist das gleiche Muster auf und zeigt eine starke tageszeitabhängige Unterversorgung. Darüber hinaus scheint der HAST in den Morgen- und

Abendstunden ein zu geringer Differenzdruck zur Verfügung zu stehen, da der Volumenstrom zu diesen Zeiten bei voll geöffnetem Ventil niedriger ausfällt als in den Zwischenzeiten.

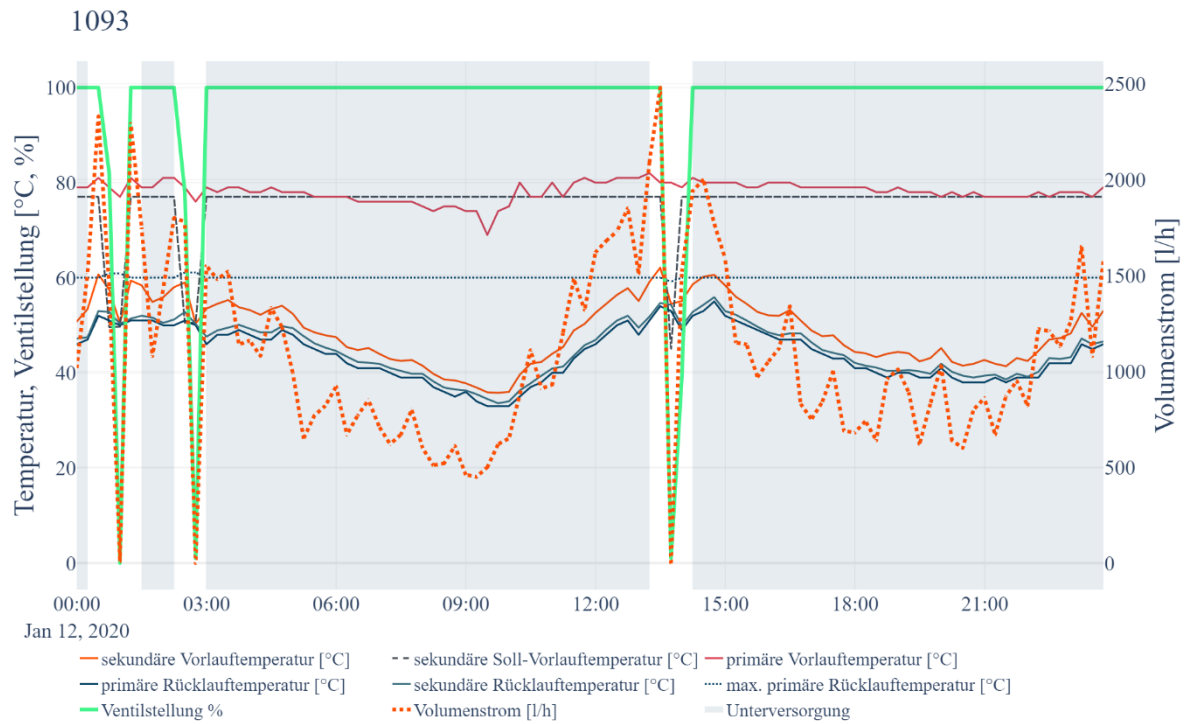


Abbildung 12: Underversorgung einer HAST - Kunde 1093

Die in Abbildung 12 dargestellte HAST zeigt eine nahezu durchgehende Underversorgung, die sich wie auch in den anderen beiden Fällen in der Mittagszeit verbessert. Hier wird die sekundärseitige Vorlauftemperatur jedoch nur sehr selten erreicht.

9. Literaturverzeichnis

Hg. v. AGFW. AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. (2018): 40/40 Strategie. Unser Konzept für die WärmewendeBlesel, Markus; Koziol, Matthias; Ludwig, Christin; Rapp, Harald; Tenberg, Bernd; Vautz, Sarah; Wolf, Stefan. Frankfurt am Main, zuletzt geprüft am 14.06.2019.

Arbeitsblatt FW 310-1: Jahresnutzungsgrad zentraler Warmwasser- Wärmeerzeuger. AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., zuletzt geprüft am 21.12.2021.

Merkblatt FW 311, Juni 2011: Energetische Bewertung von Fernkälte. AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., zuletzt geprüft am 21.12.2021.

Merkblatt 309-4, Dezember 2013: Energetische Bewertung von Fernwärme. AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., zuletzt geprüft am 21.12.2021.

Arbeitsblatt AGFW FW 308, September 2015: Zertifizierung von KWK-Anlagen. AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., zuletzt geprüft am 21.12.2021.

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. (Hg.) (2019): Sonderheft der AGFW Heftreihe Forschung und Entwicklung. AGFW-Orientierungshilfe zur Digitalisierung in der Fernwärmebranche. Frankfurt am Main: AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung mbH.

Arbeitsblatt AGFW FW 309-1, Mai 2021: Energetische Bewertung von Fernwärme und Fernkälte. AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., zuletzt geprüft am 12.11.2021.

Arbeitsblatt AGFW FW 309-5, Mai 2021: Energetische Bewertung von Fernwärme und Fernkälte. AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., zuletzt geprüft am 12.11.2021.

Fachbericht AGFW FW 523-3, November 2021: Trinkwassererwärmungssysteme - Fehleranalyse. AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V.

Anderl, Reiner; Picard, André; Wang, Yübo; Dosch, Steffen; Klee, Benedikt; Bauer, Jörg (2015): Leitfaden Industrie 4.0. Orientierungshilfe zur Einführung in den Mittelstand. Frankfurt am Main: VDMA-Verl.

Hg. v. BDI. Bundesverband der Deutschen Industrie e. V. (2018): Klimapfade für DeutschlandGerbert, Philipp; Herold, Patrick; Burchardt, Jens; Schönberger, Jens; Rechenmacher, Florian; Kirchner, Almut et al. Berlin. Online verfügbar unter <https://bdi.eu/publikation/news/klimapfade-fuer-deutschland/>, zuletzt geprüft am 12.06.2019.

Hg. v. BEE, 8KU, AGFW (2020): Strategien zur Treibhausgasreduktion und zum systemrelevanten Ausbau der Leitungsgebundenen Wärme und Kälte in DeutschlandEikmeier, Bernd. Unter Mitarbeit von Georg Wagener-Lohse, John Miller und Matthias Dümpelmann. Berlin, Frankfurt am Main. Online verfügbar unter https://www.agfw.de/index.php?elD=tx_securedownloads&p=78&u=0&g=0&t=1616574361&hash=adfcbf5efa41b2407c6dc179116b2dd456f9f2a8&file=/fileadmin/user_upload/Energiewende_u_Politik/200916_Waermestudie_Langfassung.pdf, zuletzt aktualisiert am 07/2020, zuletzt geprüft am 23.03.2021.

Bitkom e.V. (Hg.) (2021): Bitkom-Studie „Klimaeffekte der Digitalisierung“. Unter Mitarbeit von Niklas Meyer-Breitkreutz, Alexander Holst, Boris von Chlebowski, Fabian Zacharias, Shruti Goel, Leonie Reulecke et al. Online verfügbar unter https://www.bitkom.org/sites/default/files/2021-10/20211010_bitkom_studie_klimaeffekte_der_digitalisierung.pdf, zuletzt aktualisiert am 2021, zuletzt geprüft am 12.11.2021.

Bücker, Dominikus; Grimm, Sebastian; Hager, Marc; Heiler, Daniel; Huther, Heiko; Wieder, Rupert (2021): Methoden katalog. Verbundvorhaben: EnEff:Wärme - Nemo: Wärmenetze im energetischen Monitoring. Hg. v. Nemo. Online verfügbar unter <https://www.fernwaerme-digital.de/projekte/nemo>.

Hg. v. dena. Deutsche Energie-Agentur GmbH (2018): dena - Leitstudie Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050 Ergebnisbericht und Handlungsempfehlungen Bründlinger, Thomas; König, Julian Elizalde; Frank, Oliver; Gründig, Dietmar; Jugel, Christoph; Kraft, Patrizia et al. Online verfügbar unter https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9262_dena-Leitstudie_Integrierte_Energiewende_Ergebnisbericht.pdf, zuletzt geprüft am 12.06.2019.

DHC+ Technology Platform (Hg.) (2019): Digital Roadmap for District Heating & Cooling. 2. überarbeitete Version. Euroheat & Power, zuletzt geprüft am 08.04.2021.

DIN EN 62264-1:2013, 2014-07: Integration von Unternehmensführungs- und Leitsystemen - Teil 1: Modelle und Terminologie. DIN.

DIN EN 15341:2019, 2019-11: Instandhaltung - Wesentliche Leistungskennzahlen für die Instandhaltung. DIN.

Hg. v. Fraunhofer IEE. Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik (2019): Entwicklung der Gebäudewärme und Rückkopplung mit dem Energiesystem in -95 % THG-Klimazielenzenarien. Teilbericht im Rahmen des Projektes: TRANSFORMATIONSPFADE IM WÄRMESEKTOR – Betriebs- und volkswirtschaftliche Betrachtung der Sektorkopplung mit dem Fokus Fernwärme mit hohen Anteilen konventioneller KWK-Erzeugung und Rückkopplung zum Gesamtenergieversorgungssystem Gerhardt, Norman; Jentsch, Mareike; Rodriguez, Juan; Stroh, Kilian; Buchmann, Elisabeth Klara. Online verfügbar unter https://www.iee.fraunhofer.de/content/dam/iwes-neu/energiesystemtechnik/de/Dokumente/Veroeffentlichungen/2019/2019_Feb_Bericht_Fraunhofer_1EE_-_Transformation_Waerme_2030_2050.pdf, zuletzt geprüft am 12.06.2019.

Fricke, Norman; Mai, Hanh; Wolf, Michael (2021): Neue Vorgaben zur Verbrauchserfassung und Abrechnung bei der Versorgung mit Fernwärme und Fernkälte nach der FFVAV. AGFW-Umsetzungshilfe FFVAV, zuletzt geprüft am 26.10.2021.

KWKG 2020 (21.12.2015): Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung, zuletzt geprüft am 16.12.2021.

MsbG, vom 16.07.2021 (29.08.2016): Gesetz über den Messstellenbetrieb und die Datenkommunikation in intelligenten Energienetzen. Online verfügbar unter <https://www.gesetze-im-internet.de/messbg/MsbG.pdf>, zuletzt geprüft am 16.12.2021.

EnWG, vom 10.08.2021 (07.07.2005): Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz - EnWG). Online verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/EnWG.pdf, zuletzt geprüft am 16.12.2021.

GEG, vom 08.08.2020 (08.08.2020): Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden, zuletzt geprüft am 10.11.2021.

Siepmann, D. (2016): Industrie 4.0 - Technologische Komponenten, in: Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0. In: Armin Roth (Hg.): Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0. Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis. 1. Aufl. 2016. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 47–72.

Springer, Frank; Frey, Holger; Hummel, Karsten; Schubert, Jan (2020): Digitalisierung von energieeffizienten Quartierslösungen in der Stadtentwicklung mit intelligenten Fernwärme-Hausanschlussstationen. Koordinierter Schlussbericht - Langfassung. Hg. v. AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., zuletzt geprüft am 23.11.2021.

DIN 1988-200:2012-05, 2012-05: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen - Teil 200: Installation Typ A (geschlossenes System) - Planung, Bauteile, Apparate, Werkstoffe; Technische Regel des DVGW.

VDI 3807 Blatt 1: Verbrauchskennwerte für Gebäude Grundlagen, zuletzt geprüft am 04.11.2021.

Verein Deutscher Ingenieure (2013): VDI-Wärmeatlas. 11., bearb. und erw. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg (Springer eBook Collection). Online verfügbar unter <http://swbplus.bsz-bw.de/bsz370553101cov.htm>.

AVBFernwärmeV, vom 25.07.2013 (20.06.1980): Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme. Online verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/avbfernw_rmev/AVBFernw%C3%A4rmeV.pdf, zuletzt geprüft am 16.12.2021.

HeizKV, vom 24.11.2021 (30.11.2021): Verordnung über die Änderung der Verordnung über Heizkostenabrechnung. Fundstelle: Bundesgesetzblatt 2021, zuletzt geprüft am 08.12.2021.

FFVAV, vom 28.09.2021 (05.10.2021): Verordnung über die Verbrauchserfassung und Abrechnung bei der Versorgung mit Fernwärme oder Fernkälte, zuletzt geprüft am 26.10.2021.

VKU Verlag GmbH (Hg.) (2021): iKWK-Projekt in Jena kommt voran. Online verfügbar unter <https://www.zfk.de/energie/waerme/ikwk-projekt-in-jena-kommt-voran>.

Wieser, Rupert (2019): Kennzahlenkatalog für Fernwärmesysteme. Masterthesis. Hochschule für Angewandte Wissenschaften Rosenheim, Rosenheim. Masterstudiengang angewandte Forschung und Entwicklung in den Ingenieurwissen-. Online verfügbar unter <https://www.agfw.de/nemo>.

Minimal-Monitoring Digitalisierung

Optimierung Minimal-Monitoring

Datenerfassung Optimierung

Monitoringkonzept Datenerfassung

Digitalisierung Monitoringkonzept

Minimal-Monitoring Digitalisierung

Optimierung Minimal-Monitoring

Datenerfassung Optimierung

Monitoringkonzept Datenerfassung

Digitalisierung Monitoringkonzept

Minimal-Monitoring Digitalisierung

Optimierung Minimal-Monitoring

Datenerfassung Optimierung

Monitoringkonzept Datenerfassung