

Koordinierter Schlussbericht - Langfassung

für das Projekt

**„Digitalisierung von energieeffizienten Quartierslösungen in der
Stadtentwicklung mit intelligenten Fernwärme-
Hausanschlussstationen – iHAST (Phasen 1 – 2)“**

**Laufzeit des Vorhabens: 29.08.2018 – 30.08.2019 gem. Fördermittelbescheid vom
06. September 2019 (Az.: 54-2521/34/3)**

**Verlängerung bis 31.12.2019, Bescheid am 29.08.2019
(Az.: 54-2521/34/3-2019/55195) sowie bis 30.04.2020.**

Fördermittelempfänger: Gemeinde Olbersdorf



Autoren:

AGFW | Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung mbH

TUDD | Technische Universität Dresden, Institut für Energietechnik, Professur für
Gebäudeenergietechnik und Wärmeversorgung

BTU | Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl
Stadttechnik

IER | Universität Stuttgart – Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung

Die Studie wurde gefördert vom sächsischen Ministerium des Innern (SMI) im Rahmen der
städtebaulichen Entwicklung und
vom AGFW e.V., den Stadtwerken Erfurt GmbH, und der Thüringer Energie AG (TEAG)

Stand: 17.04.2020

Die komplette Studie iHAST „Digitalisierung von energieeffizienten Quartierslösungen in der Stadtentwicklung mit intelligenten Fernwärme-Hausanschlussstationen – iHAST (Phasen 1 – 2)“ gliedert sich in 3 Berichtsteile:

- » Teil 1 Zusammenfassung und Ausblick (Kurzversion)
- » Teil 2 Wissenschaftlicher Teil (Langversion)
- » Teil 3 Anhang

Haftungsausschluss

Die in diesem Bericht enthaltenen Informationen wurden sorgfältig zusammengestellt oder stammen aus Quellen, die als zuverlässig erachtet werden. Dennoch übernehmen die Autoren oder ihre Organisationen keine Haftung für Verluste oder Schäden, die durch die Verwendung entstehen. Die Nutzung der zur Verfügung gestellten Informationen liegt ausschließlich in der eigenen Verantwortung des Nutzers.

Dieser Bericht wurde erstellt von

AGFW	Harald Rapp Dr. Norman Fricke Natalie Pöllet Sarah Bernhardt-Vautz	
TU Dresden	Prof. Dr.-Ing. Clemens Felsmann Dr. Karin Rühling Vera Volmer Stefan Hoppe	 TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN
BTU Cottbus	Prof. Dr.-Ing. Matthias Koziol Cornelia Siebke Jörg Walther	 Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg
IER Stuttgart	PD Dr. Markus Blesl Frank Wendel	 Universität Stuttgart

Inhalt

1	Motivation und Struktur.....	7
1.1	Hintergrund.....	7
1.2	Ziele des Rollouts aus Sicht der Energieversorgungsunternehmen	10
1.3	Struktur.....	11
2	Digitalisierung in der Fernwärmebranche	16
2.1	Allgemeines	16
2.2	Digitale Datenübertragung	19
2.3	Digitale Trendthemen.....	23
3	Die digitalisierte Hausanschlussstation.....	28
3.1	Hausanschlussstationen – Stand der Technik.....	28
3.2	Allgemein anerkannte Regeln der Technik.....	29
3.3	Digitalisierung der Hausanschlussstation.....	33
4	Rechtsgrundlagen der Digitalisierung von Hausstationen.....	39
4.1	Erfassung des Wärmeverbrauchs.....	39
4.2	Fernsteuerung der Hausstation durch das Fernwärmeversorgungsunternehmen ..	45
4.3	Preismodelle als Anreiz für eine technische Optimierung des Wärmebezugs	48
4.4	Datenschutz und Datensicherheit	54
5	Vorstellung der betrachteten Quartiere.....	60
5.1	Methodik zur Abschätzung des Wärmebedarfs in den iHAST-Untersuchungsgebieten.....	62
5.2	Bad Lobenstein.....	63
5.3	Chemnitz	68
5.4	Erfurt.....	74
5.5	Leipzig.....	83
5.6	Olbersdorf.....	87
6	Erfassung des Digitalisierungsgrades.....	92
6.1	Zielstellung und Herangehensweise	92
6.2	Ausgewählte Objekte.....	93

6.3	Objektsteckbriefe inkl. Erfassungsmatrix Digitalisierungsgrad	96
6.4	Aktuelle und Zielstufen der Digitalisierung	97
6.5	Detaillierte Ergebnisse Digitalisierungsgrad	98
7	Systemische Effekte der Digitalisierten Hausstationen	106
7.1	Allgemeines	106
7.2	VL-Temperatur-Optimierung	107
7.3	RL-Temperatur-Absenkung	116
7.4	Lastmanagement	118
7.5	Erzeugereinsatzoptimierung	122
7.6	Weitere Maßnahmen zur Optimierung	123
7.7	Zusammenfassung	125
8	Entwicklung von Rolloutstrategien und technische Umsetzung	127
8.1	Allgemeines Vorgehen	127
8.2	Rolloutstrategien am Beispiel Leipzig	128
8.3	Technische Umsetzung der Digitalisierungsstufen am Beispiel der Liegenschaften LE1 und LE2	131
8.4	Rolloutstrategien am Beispiel Erfurt Roter Berg	133
9	Energetische Bewertung der Rolloutstrategien	136
9.1	Methodischer Ansatz	136
9.2	Methodischer Ansatz zur Bewertung der netzseitigen Effekte der iHAST	148
9.3	Energetische und ökologische Bewertung	155
9.4	iHAST und deren Einfluss auf Brennstoffeinsatz und CO ₂ -Emissionen	160
10	Wirtschaftliche Bewertung der Rolloutstrategien	170
10.1	Wirtschaftliche Bewertung	170
11	Wertschöpfungseffekte	177
12	Zusammenfassung und Ausblick	182
	Abbildungsverzeichnis	187
	Tabellenverzeichnis	191
	Anhang	192

1 Motivation und Struktur

1.1 Hintergrund

Rund 40 % des Endenergieverbrauches in Deutschland entfallen auf den Gebäudebereich. Bis zu 80 % der darin enthaltenen Wärme verbrauchen die Metropolregionen und Städte. Die Energieeffizienz in den Städten hat somit eine besondere Bedeutung bei der Umsetzung der Klimaschutzziele. Hier muss auf konzentriertem Raum die Umstellung der Energieversorgung auf effiziente Systeme (z. B. KWK mit Fernwärmesystemen), die Integration der erneuerbaren Energien und gut aufgestellt und setzen ihre integrierten Energie- und Klimaprogramme zur Energiewende bereits um. Zentraler Ansatz ist dabei das energieeffiziente Quartier mit integrierten Handlungsansätzen. Förderprogramme, wie z. B. in der aktuellen EFRE-Förderperiode das ISE-Programm in Sachsen und das NSE-Programm „Effiziente Stadt“ in Thüringen, unterstützen dies nachhaltig. Eine Vielzahl von Quartierslösungen auf Basis von Fernwärme mit KWK befindet sich zurzeit aufgrund diverser Energie- und Infrastrukturinitiativen in der Planung und bereits in der Umsetzung.

Als Betrachtungsebene für Systemlösungen für energieeffiziente Städte kommt dabei dem Quartier die Schlüsselrolle zu. Auf Quartiersebene können Energieeinsparung, Energieeffizienz und der Einsatz von Erneuerbaren Energien kosten- und sozialverträglich im Gesamtkontext Stadt im Sinne einer integrierten Stadtentwicklung optimiert werden.

Beim Quartiersansatz sind ortspezifische Lösungen gefordert, die sich an den vorgefundenen Bedingungen orientieren. Energetische Modernisierungskonzepte in der Stadtentwicklung (Quartiersansatz) zielen in Richtung Energieeffizienz (Reduzierung Treibhausgase, insbesondere CO₂, und die Einbindung erneuerbarer Energien). Kommunale, unternehmensspezifische und kundenorientierte Wirtschaftlichkeitsaspekte¹ spielen ebenso wie der unterschiedliche Gebäudebestand und Nutzungsgrad eine wesentliche Rolle zur erfolgreichen Umsetzung und zur Zielerreichung.

Beim Quartiersansatz sind ortsspezifische Lösungen gefordert, die sich an den vorgefundenen Bedingungen orientieren. Diese spiegeln sich in Quartierskonzepten wieder. Kommunale, unternehmensspezifische und kundenorientierte Wirtschaftlichkeitsaspekte spielen ebenso wie der unterschiedliche Gebäudebestand und Nutzungsgrad sowie das

¹ (Stichwort: lokale Wertschöpfung siehe Wertschöpfung aus Fernwärme mit KWK – Ein Modell für Dresden, März 2016, ISBN 3- 89999-056-0, Strommarkt, Preisgestaltung) sowie sozio-demografische Verhältnisse und Anforderungen (siehe auch: Stadtumbau und Energieeffizienz, April 2015, ISBN 3-89999-050-1)

Verbrauchsverhalten des Nutzers eine wesentliche Rolle zur erfolgreichen Umsetzung und zur Zielerreichung im integrierten Ansatz. Diese hat sich bewährt und ist anerkannter Stand der Technik. Das Quartier wird dabei als „eine räumlich konstruierte Teileinheit einer Stadt bezeichnet“. Dies geschieht in Anlehnung an die Definition des BMVBS [ehem. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung] und dem Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) von 2013 zu den „Anforderungen an energieeffiziente und klimaneutrale Quartiere“. Als Stadt wird dabei die Kommune oder auch Gemeinde aller Größenklassen verstanden. (BMVBS 2013/AGFW Arbeitsblatt FW 703). Die Entscheidung zur Quartiersabgrenzung obliegt den lokalen Akteuren vor Ort. Sinnvollerweise wird dies als integrierter Ansatz (meist im integrierten Stadtentwicklungskonzept (InSeK), im integrierten Energie- und Klimaschutzkonzept (IEKK) oder im Quartierskonzept (QK)) durch die kommunalen Organe unter Mitwirkung der Akteure gestaltet und begleitet.

Fernwärmesystemen kommt im Wärmebereich eine Schlüsselrolle zu. Gerade mit diesem System können Erneuerbare Energien und hohe Energieeffizienz durch Kraft-Wärme-Kopplung im Wärmemarkt etabliert werden. Hohe Versorgungssicherheit mit Komfort ergänzt das Spektrum. Rund 5,7 Mio. (14 %) der 40,6 Mio. Wohnungen Deutschlands werden mit Fernwärme versorgt. In Sachsen sind dies rund 29 %, in Thüringen 24 %. In der Versorgungskette von der Erzeugung (zentral wie dezentral) über die Wärmenetzinfrastruktur zur Kundenanlage – spielt die Übergabestelle im Kundenbereich bei Fernwärmesystemen zwischen Versorgungsunternehmen und Kunden/Verbraucher – die sogenannten Hausanschlussstationen (HAST) – eine Schlüsselrolle. Sie dient als Bindeglied des technischen Gesamtsystems der Vorkette zur individuellen Nutzung im Gebäude.

Die Digitalisierung bringt auch für die Energiewende große Chancen aber auch Herausforderungen. Unter Nutzung moderner digitaler Technologien soll auch im Wärmeversorgungsbereich die Digitalisierung der Energiewende vorangetrieben werden. Der Freistaat Sachsen fasst diese in Leitthemen seiner Digitalstrategie treffend zusammen:

- Flexibilität und wie man sie nutzt – Erzeugung, Netz und Last
- Geschäftsmodelle für Energieversorgungsunternehmen
- Mehrwerte durch Smart Metering in der Produktion und auch für Privatkunden
- Künstliche Intelligenz - Chancen für Unternehmen²

Die sogenannten „smarten“ oder „intelligenten (i)“ Lösungen werden die Energielandschaft verändern und zukunftsfähig aufstellen.

Mit den EFRE-Programmen 2014 - 2020 (Europäische Fonds für regionale Entwicklung) zur nachhaltigen integrierten Stadtentwicklung (ISE) in Sachsen und EFRE-Förderung zur Einsparung von CO₂-Emission durch eine nachhaltige Stadtentwicklung (NSE) in Thüringen wurde auf Quartiersebene in mehr als 30 Quartieren der Ausbau von effizienten Fernwärmesystemen gefördert. Innerhalb der aktuellen EFRE- und Städtebaufördersystematik standen auch Fragen zur Digitalisierung von Hausstationen und innovativer intelligenter Systeme an. Für die kommende Strukturfondsperiode 2021 bis 2027 steht neben

einem „grünerem CO₂ armen Europa auch „ein stärker vernetztes Europa“ im Mittelpunkt der fünf Themenfelder. Es gilt sich hierauf bereits heute vorzubereiten.

Unter Nutzung moderner Technologien soll auch im Wärmeversorgungsbereich die Digitalisierung der Energiewende vorangetrieben werden, insbesondere mit Blick auf die sich entwickelnde Sektorkopplung und den zu erwartenden Zuwachs an dezentralen Einspeisern, die in das Gesamtsystem zu integrieren sind. Die sogenannten „smarten“ Lösungen werden die Energielandschaft verändern und zukunftsfähig aufstellen.

Mit den im Rahmen des EU-Winterpakets beschlossenen Änderungen in der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED II) sowie die Energieeffizienzrichtlinie (EED) rückt das Thema Digitalisierung in der Fernwärmewirtschaft auf europäischer Ebene stärker in den Fokus. Aus beiden Richtlinien ergeben sich neue Mess-, Abrechnungs- und Informationspflichten. Die für das Projekt iHAST relevanteste Änderung ist die in Artikel 9c EED eingeführte Fernableseanforderung für Zähler und Heizkostenverteiler. Unter fernauslesbar wird verstanden, dass Verbrauchswerte ohne Zugang zum Gerät ermittelt werden können. Eine echte Fernkommunikation vom Gerät zum Messdienstleister oder eine Einbindung in ein Smart-Meter-Gateway wird nicht vorgeschrieben. Mit der Auslesung von Daten durch „Walk-by-“ bzw. „Drive-by-“Lösungen werden die Anforderungen der EED bereits erfüllt, eine Aufschaltung auf ein Smart-Meter-Gateway ist aber möglich. Die Versorgungsunternehmen stehen nun vor der Entscheidung, welche Infrastrukturen sie nutzen wollen, um den aus den Richtlinien abgeleiteten Informationspflichten nachkommen zu können.²

Da die Richtlinien zunächst noch in deutsches Recht umgesetzt werden müssen, ist derzeit noch nicht klar, wie die deutschen Regelungen im Detail aussehen werden. Aber die Versorgungsunternehmen müssen bereits jetzt für sich planen, wie sie die neuen Mess-, Abrechnungs- und Informationspflichten umsetzen werden.² Gerade vor diesem Hintergrund macht es Sinn, sich ebenfalls Gedanken über ein Umrüsten der Hausstationen zu iHAST zu machen und damit im Zuge der Umsetzung der Pflichten die Grundlage für eine grundsätzliche Digitalisierung in diesem Bereich zu schaffen.

Digitale Technologien machen das gesamte Energiesystem intelligenter, effizienter und zuverlässiger und fördern die verstärkte Integration von erneuerbaren Energien auch in die Fernwärmesysteme. Die Digitalisierung ermöglicht es, den Anlagen- und Netzbetrieb in

² Fricke, Norman 2019: Neue Mess-, Abrechnungs- und Verbrauchsinformationspflichten für Fernwärme. In: Euroheat & Power, Jahrgang 2019, Ausgabe 11-12, Seite 14

Fernwärmesystemen weiter zu optimieren. Hier setzt das Projekt an: Intelligente Hausanschlussstationen (iHAST) sollen im Endzustand als digitale, selbstlernende Systeme in aktuelle Quartierentwicklungen als Teil der energetischen Optimierung eingesetzt werden können. Im Rahmen der vorliegenden Vorstudie wurde erstmalig untersucht, welcher reale Ist-Stand der Digitalisierung bei Hausstationen in Quartieren vorhanden ist, welche Effekte sich durch eine Umstellung der Hausanschlussstationen auf einen hohen Digitalisierungsgrad ergeben. Daraus konnten im Vergleich Rückschlüsse auf die zukünftigen Einspareffekte, ihrer systemischen Herleitung und die damit verbundenen Effekte und Vorgehensweise gezogen werden. Mit dem untersuchten Rechtsrahmen wurden erstmalig Grundlagen für die weitere Betrachtung dieses zentralen Bereichs geschaffen. Ansätze zur Gestaltung für den regulatorischen Rahmen wie der bewährten Methodik einer staatlichen Förderung und der Preisgestaltung untersucht. In der Detailuntersuchung waren dies:

- Erfassung des Digitalisierungsgrades in der Praxis,
- Aktueller Stand der Regelwerke,
- Aufzeigen der Verknüpfungspotenziale Gebäude/Fernwärmesystem,
- Definition der notwendigen Entwicklungsschritte und Prozesse unter Berücksichtigung der städteplanerischen Prozesse,
- hardwaretechnische intelligente Verknüpfung von Hausstationen (iHAST) inkl. Rollout Strategie,
- Aufzeigen und Heben von Energieeffizienzpotenzialen im Fernwärmesystem,
- Rechtssicherheit und Datenschutz,
- Ordnungsrahmen und Regelwerke,
- Fördersystematik.

1.2 Ziele des Rollouts aus Sicht der Energieversorgungsunternehmen

Die Netzbetreiber haben folgende Erwartungen an das Projekt iHAST:

1. Einblick in und Zugriff auf das System
 - kontinuierliche Daten der Zähler (1/4h)
 - Temperaturen VL/RL/außen
 - Druck
 - Soll/IST-Werte
 - Regler
 - Steuerung/Regelung/Schalten (Betriebs-)Fahrweise

2. Auswertung und Aufbereitung der Systeminformationen
 - Erstellung von Lastprofilen
 - Verschneidung mit Gebäudedaten
 - Erstellung Prognosen
3. Optimierung des Systems (Quartier/Gesamtsystem)
 - aktive und bessere Steuerung Wärmebedarf
 - Glättung von Lastspitzen
 - Senkung der Spitzenlast
 - Optimierung der Lastverteilung zwischen Gebäuden
 - Speicherauslegung
 - Energiemanagement
 - Synergieeffekte zwischen Wärme, Strom und Wasser
 - Optimierung Fahrweise vorgelagerter Netze
 - Optimierung Erzeugerfahrweise
 - Optimierte Auslegung der Wärmeerzeuger
 - Verbesserung der Zielnetzplanung

1.3 Struktur

Die komplette Studie iHAST „Digitalisierung von energieeffizienten Quartierslösungen in der Stadtentwicklung mit intelligenten Fernwärme-Hausanschlussstationen – iHAST (Phasen 1 – 2)“ gliedert sich in 3 Berichtsteile:

- » Teil 1 Zusammenfassung und Ausblick (Kurzversion)
- » Teil 2 Wissenschaftlicher Teil (Langversion)
- » Teil 3 Anhang

Der hier vorliegende Berichtsteil Teil 2 Wissenschaftlicher Teil (Langversion) ist in 11 Kapitel unterteilt. In Kapitel 2 wird allgemein auf die Digitalisierung in der Fernwärmebranche eingegangen. Basierend darauf wird im nachfolgenden Kapitel zum einen der Stand der Technik klassischer Hausstationen und die notwendigen Komponenten einer digitalisierten Hausstation (iHAST) erörtert. Hierbei wird insbesondere auf die möglichen verschiedenen Digitalisierungsstufen und deren Nutzen eingegangen. Die damit verbunden rechtlichen Grundlagen der Digitalisierung der Hausstationen werden im Kapitel 4 erörtert. Die Untersuchung des Standes der Digitalisierung, die möglichen Ausbringung und die energetische und wirtschaftliche Bewertung von iHAST wird an sechs Quartieren untersucht. Die Quartiere, d. h. deren Lage in der jeweiligen Stadt, deren Fernwärmeversorgung, deren Bebauungsstruktur bzw. deren Gebäude an sich werden in Kapitel 5 dargestellt. Im Weiteren

wird der Wärmebedarf des Quartiers im Ist-Zustand und deren szenarienabhängige Entwicklung analysiert. Für die Quartiere wird im nachfolgenden Kapitel der Digitalisierungsgrad erfasst. Hierfür wurden für 20 verschiedene Liegenschaften innerhalb der Quartiere die aktuelle und die mögliche Zielstufe der Digitalisierung bestimmt. Basierend darauf wurden mögliche systemische Effekte der Digitalisierung der Hausstation in Kapitel 7 abgeleitet und erörtert. Hierbei wurden insbesondere auf den Auslegungsfaktor der Hausstationen in den Liegenschaften, die mögliche VL-Temperaturabsenkung im Sommerlastfall, die RL-Temperaturabsenkung und die Speicherkapazität der Trinkwasserbereitstellung eingegangen. Basierend auf dem Digitalisierungsgrad der Quartiere in Kapitel 6 und der Effekte der Digitalisierung in Kapitel 7 wurden in Kapitel 8 drei Rolloutstrategien und deren technische Umsetzung erarbeitet. Die Rolloutstrategien wurden im nachfolgenden Kapitel energetisch und CO₂-mäßig bewertet. D. h. die verschiedenen netzseitigen Effekte der Änderung der Netztemperatur, deren Spreizung, die damit verbunden reduzierten Wärmeverluste und die eventuelle Verschiebung der Struktur der Fernwärmebereitstellung wurden für die Quartiere in Leipzig und Erfurt berechnet. Durch die finanzmathematische Bewertung der mit der Umsetzung des Rolloutstrategien verbundenen Investitionen und deren veränderten fixen und variablen Betriebskosten wird in Kapitel 10 die Unrentierlichkeit der Ausbringung der iHAST berechnet. Im abschließenden Kapitel 12 werden die Ergebnisse zusammengefasst und Handlungsempfehlungen bzw. ein Ausblick abgeleitet.

Projektkonsortium und Betrachtungsraum

Initiator der Studie war der AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V.; Frankfurt am Main, der zusammen mit dem Sächsischen Staatsministerium des Innern (SMI), Dresden, (als Fördermittelgeber der Gemeinde Olbersdorf), den Stadtwerken Erfurt, SWE Energie GmbH, und der TEAG Thüringer Energie AG, Erfurt, Auftraggeber der Vorstudie sind. Die Förderung des SMI wurde an die Gemeinde Olbersdorf mittels SMI Fördermittelbescheid gegeben.

Partner in den Quartieren sind (vgl. auch Abbildung 5-1):

- SWE Energie GmbH, Erfurt mit den Erfurter Quartieren Borntal und Roter Berg,
- TEAG Thüringer Energie AG, Erfurt in Bad Lobenstein, Quartier Tiergarten,
- WVO Wärmeversorgungsgesellschaft Olbersdorf mbH in Olbersdorf,
- inetz GmbH, Chemnitz mit dem Quartier Brühl,
- Netz Leipzig GmbH mit dem Quartier Schönefeld sowie
- die Stadtwerke Gotha GmbH.

Die wissenschaftliche Bearbeitung wurde von der Technische Universität Dresden (TUDD), der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg (BTU), dem Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart (IER) und der AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung mbH (AGFW) durchgeführt. Fachlich unterstützt wurden die Arbeiten von der Thüringer Energie- und GreenTech-Agentur (ThEGA) GmbH, Landesenergieagentur für Thüringen – Bereich „Effiziente Stadt“.

Die Untersuchungsgebiete waren Quartiere von Städte und Gemeinden in Thüringen und Sachsen aller Größenklassen (Groß-, Mittel- und Kleinstädte).

Die Arbeitspakete des Projektes

Grundsätzlich wurde zu Beginn der Aufbau des Gesamtprojektes in 4 Phasen unterteilt. Mit der aktuellen Studie sollten die Phasen 1 „Ist-Erfassung“ und 2 „Potenziale und Konzeption“ als Vorstudie umgesetzt werden. Es ist angedacht mit den Phasen 3 „Entwicklung“ und Phase 4 „Umsetzung im Quartier“ eine umfassende Implementierung im Quartier vorzunehmen.

Die wissenschaftlichen Untersuchungsfelder der Vorstudie wurden in 7 Arbeitspakete (AP) auf die bearbeitenden Projektteams aufgeteilt und einem Partner als verantwortlich zugeordnet (in Klammern) (vgl. Abbildung 1-1).

Diese sind:

AP 1 Stand Digitalisierungsgrad (TUDD)

- Erfassungsmatrix
- Objektbegehung
- Erfassung HAST
- Auswertung Quartierssicht/Gesamtsicht
- Konkretisierung Zielvorgaben

AP 2 Status Quartier (BTU)

- Systematisierung, Anforderungen, Digitalisierung und Sicherheitstechnik, nach allgemein anerkannten Regeln der Technik national und international
- Abgleich Kundenbedarfswerte und Regelwerk Wärmebedarfsberechnung
- Soll-Ist-Vergleich für die Quartiere

AP 3 Verknüpfungspotenzial (IER)

- Analyse Ist-Struktur der Wärmebereitstellung

- Systematisierung Wärmebedarfswerte im Quartier bzw. Fernwärmenetz
- Abschätzung Wärmbedarfsentwicklung lokal und Quartier sowie Sektorkopplung
- Identifikation Kommunikationspotenzial iHAST-Kundenseite

AP 4 iHAST-Digitalisierungsgrad (TUDD)

- Hard- und Software Messwerterfassung Netzseite
- Kommunikation Kundenseite
- Umfang eines Rollouts Objektsicht/Quartiersicht

AP 5 Bewertung (BTU)

- Abschätzung Projektierungsumfang
- Kosten MSR versus Erlös im Quartierskontext (FW 703)
- Zeit-, Personal-, und Kostenplanung
- Mehrwert

AP 6 Handlungsempfehlungen (IER)

- Einbindung neuer Konzepte aus Gesamtsicht Stadt/Gemeinde
- Umfang eines Rollouts in der Quartiers- und Stadtsicht

AP 7 Recht - Wertschöpfung - Projektbegleitende Maßnahmen (AGFW)

- Rechtsgrundlagen
- Preismodelle
- Datenschutz
- Fördersystematik

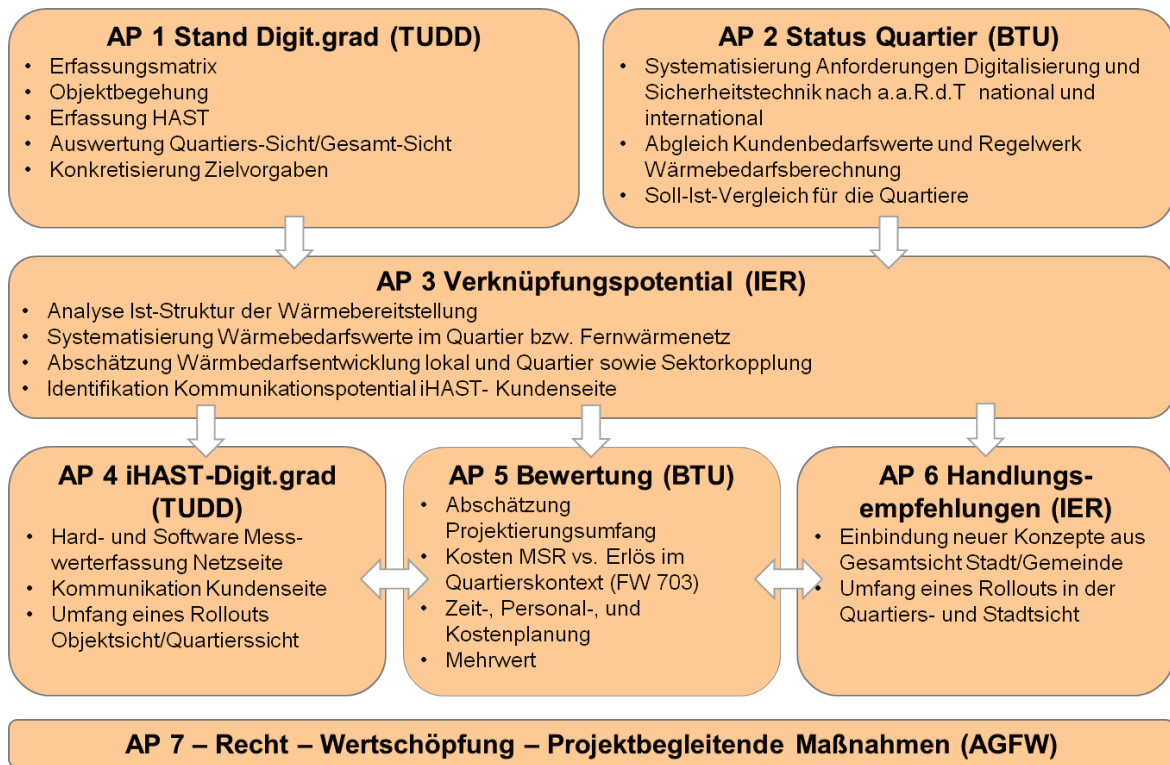


Abbildung 1-2: Arbeitspakete des Projektes

2 Digitalisierung in der Fernwärmebranche

Fernwärme ist ein wesentlicher Grundpfeiler der Wärmewende und damit auch der Energiewende. Durch die Flexibilität im Erzeugungsmix und den Einsatz von KWK kann sie einen wesentlichen Beitrag zum Ressourcen- und Klimaschutz leisten. Komplexer werdende Systeme machen den Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) unumgänglich. Digitale Technologien machen das gesamte Energiesystem intelligenter, effizienter und zuverlässiger und fördern die verstärkte Integration von erneuerbaren Energien in die Fernwärmesysteme. Die Digitalisierung ermöglicht es den Anlagen- und Netzbetrieb in Fernwärmesystemen zu optimieren.

2.1 Allgemeines

Der Begriff Digitalisierung wird heute in verschiedensten Bereichen und Anwendungen gebraucht. Ursprünglich wird unter dem Begriff Digitalisierung die Umwandlung von analogen Informationen in digitale Formate verstanden. Diese Bedeutung hat sich über die Jahre verändert und wird heute genutzt, um die Veränderung von Ereignissen, Verfahren und Objekten durch eine digitale Verarbeitung zu beschreiben. Dies hat starke Auswirkungen auf die Systeme sowie das gesellschaftliche Leben. Daher „steht die Digitalisierung auch für den digitalen Wandel in Wirtschaft und Gesellschaft, d. h. für den tiefgreifenden Wandel zu neuen sozialen Verhaltensweisen, Geschäftsmodellen, Produkten und Prozessen.“³ Die stark beschleunigte Entwicklung digitaler Technologien in den letzten Jahrzehnten wird auch als Digitale Transformation bezeichnet.

Vorrangiges Ziel der Digitalen Transformation ist die Produktivitätssteigerung. Um dies zu erreichen werden relevante Informationen miteinander verknüpft und das so gewonnene Wissen durch innovative Methoden der Datenverarbeitung verdichtet oder erweitert. Die erste Stufe des Transformationsprozesses stellt die Datenerhebung und die Weiterverarbeitung dieser Daten dar.

³ Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf: AGFW (Hrsg.) 2019: AGFW-Orientierungshilfe zur Digitalisierung in der Fernwärmebranche

Die Digitale Transformation kann in verschiedene Dimensionen gegliedert werden. Das mehrstufige Modell⁴ (vgl. Abbildung 2-1) wird in seiner Gliederung von der digitalen Prozesskette abgeleitet. Dabei wird der erste Schritt der Datenerfassung und Kommunikation als Vernetzung bezeichnet. Darauf folgt die Strukturierung der Daten (Stufe Information) und deren semantische Vernetzung, Analyse und Verdichtung (Stufe Wissen). Die Stufe Genese umfasst die Instrumente zur Erweiterung von Wissenshorizont (Prognose) sowie die Weiterentwicklung der eigenen Fähigkeiten, wie bspw. Optimierung, Automatisierung und maschinelles Lernen. Die finale Stufe der Digitalen Transformation ist die Autonomie, welche durch das maschinelle Lernen erreicht werden kann. Autonom ist ein System dann, wenn es Zielvorgaben auch unter sich ändernden Rahmenbedingungen eigenständig lösen und selbständig Aufgaben zur Zielerreichung daraus ableiten kann.

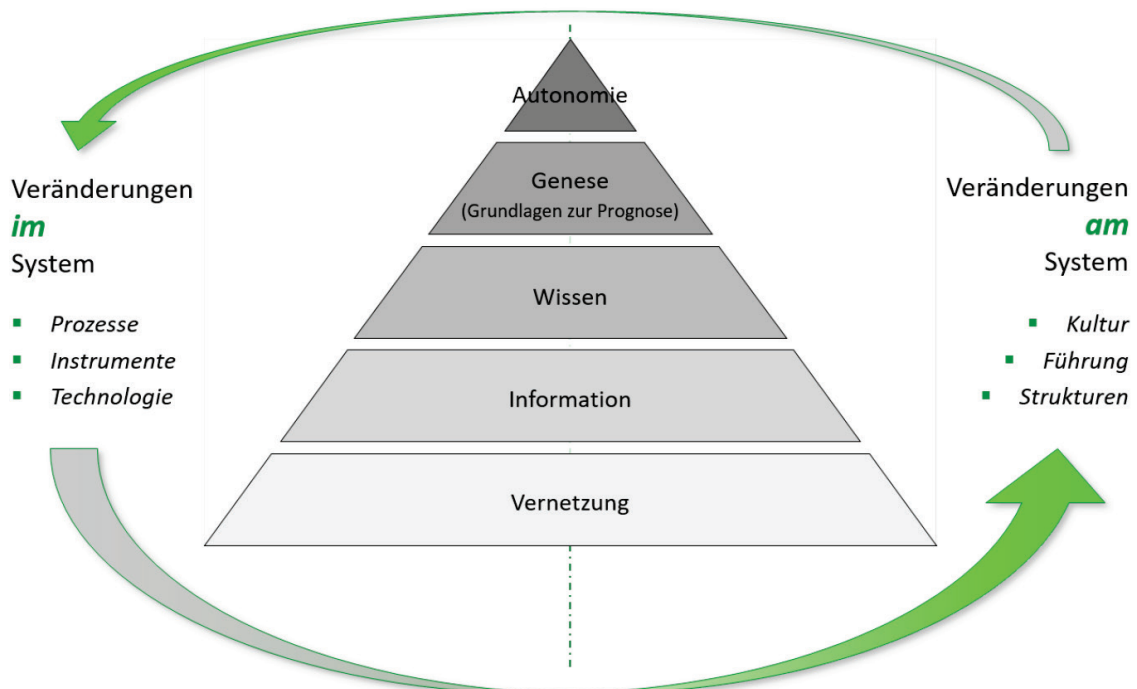


Abbildung 2-1: Stufen und Aspekte der „Digitalen Transformation“⁴

Für Unternehmen nimmt die Digitale Transformation insbesondere in Hinblick auf die Steigerung der Effizienz von Unternehmensprozessen an Bedeutung zu. Unter Effizienz kann dabei ein geringerer Ressourcenaufwand bei gleichbleibendem Grad der Zielerfüllung

⁴ nach Prüß H., Zopff C., Richter S.: Digitalisierung als Mittel zur Prozessexzellenz in der Fernwärme Teil 1. In: EuroHeat&Power, 47. Jg (2018), Heft 6

oder ein gleichbleibender Ressourcenaufwand bei erhöhtem Grad der Zielerfüllung verstanden werden. Unternehmensprozesse können generell nur in Hinblick auf Kostenreduzierung, Qualitätssteigerung und zeitliche Beschleunigung optimiert werden. Eine Optimierung kann allerdings nur an zwei dieser Ansatzpunkte erfolgen, da sich die Veränderungen an einem Punkt unweigerlich auf einen der anderen Ansatzpunkte negativ auswirken. Sollte eine Gesamtoptimierung erfolgen, muss das System selbst verändert werden. Dies kann entweder durch Anpassungen in den Unternehmensstrukturen oder durch den Einsatz geeigneter Instrumente erfolgen. Eine Vielzahl geeigneter Instrumente, mit geringen und beherrschbaren Risiken, bietet die digitale Informationstechnologie an. Entscheidend für den Erfolg und die Risikominimierung jeder digitalen Transformation von Unternehmensprozessen ist die Auswahl des für den spezifischen Einsatzzweck am besten geeigneten Instrumentariums.

Für eine erfolgreiche Digitalisierung der Fernwärmebranche, muss das Ziel sein, der strategischen Managementebene von Versorgungsunternehmen Hilfsmittel anzubieten, mit denen sie den aktuellen Stand der Digitalisierung in ihrem Unternehmen ermitteln, den Zielgrad der Digitalisierung festlegen sowie die Roadmap zum Erreichen dieser Ziele aufstellen können. Die Managementaufgabe besteht in einer zielführenden, maßvollen und verantwortungsbewussten Gestaltung des Mitteleinsatzes für die Digitalisierung. Damit lässt sich dann auch der bedeutende Beitrag der Fernwärme für zukunftssichere Energiesysteme und zur Erreichung der Klimaschutzziele sicherstellen.

Alle beteiligten EVU haben bereits die Digitalisierung im Sinne einer iHAST-Strategie im Blick und wird als Teil der nationalen Digitalisierungsstrategie betrachtet.

Die wesentlichen Inhalte zu diesem Themenfeld Digitalisierung wurden in der AGFW Veröffentlichung „Grundlagenstudie zur Digitalisierung in der Fernwärmebranche“ festgehalten und sind nachfolgend in Kurzform als Basis für dieses Kapitel der Studie beschrieben und zusammengefasst.⁵

⁵ Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf: AGFW (Hrsg.) 2019: AGFW-Orientierungshilfe zur Digitalisierung in der Fernwärmebranche

2.2 Digitale Datenübertragung

Die digitale Datenübertragung wird als das „Rückgrat“ der Digitalisierung bezeichnet. Sie ist das zentrale Instrument in der ersten Digitalisierungsstufe und bildet die Voraussetzung für die Vernetzung, die Basis der folgenden Digitalisierungsstufen. Hierbei kommen je nach Anwendungsfall leitungsgebundene und kabellose Infrastrukturen zum Einsatz.

Insbesondere für Unternehmen, deren zu steuernde Anlagen lokal breit verteilt sind, bieten sich moderne Kommunikationslösungen zur Überbrückung größerer räumlicher Distanzen an. Gerade vor dem Hintergrund der Energiewende und der sich daraus ergebenden Notwendigkeit der Dezentralisierung der Erzeugung und Flexibilisierung der Wärmenetze, wird die digitale Datenübertragung auch für Fernwärmesysteme interessant und zur Voraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung der Fernwärmeversorgungsunternehmen.

2.2.1 Leitungsgebundene Infrastrukturen zur Datenübertragung

Die leitungsgebundene Datenübertragung zeichnet sich durch große Kapazität, Stabilität und Sicherheit aus. Mit der leitungsgebundenen Datenübermittlung lassen sich maximale Bandbreiten realisieren und sie sind verhältnismäßig unempfindlich gegenüber externem Störeinfluss. Außerdem weisen sie eine höhere Sicherheit auf, da sich ohne direkten physischen Zugriff auf das Netzwerk keine Signale abfangen lassen. Die primären globalen Datenströme werden daher über ein internationales Netzwerk gelenkt, was die leitungsgebundenen Infrastrukturen bis heute zur wichtigsten Form der Datenübertragung macht. Als Nachteile der leitungsgebundenen gegenüber der kabellosen Datenübertragung können die Investitions- und Instandhaltungskosten für Leitungsinfrastruktur sowie die ausschließlich stationäre Nutzbarkeit genannt werden.

Eine leitungsgebundene Datenübertragung kann über lokale oder regionale leitungsgebundene Infrastrukturen erfolgen. Die lokalen leitungsgebundenen Netzwerke, Local Area Networks (LAN), werden hauptsächlich innerhalb von Gebäuden oder Gebäudekomplexen genutzt. Im Laufe der Zeit haben sich verschiedene Standards für LAN etabliert.

2.2.2 Kabellose Datenkommunikation

Die technischen Fortschritte bei der kabellosen Datenübertragung waren ein maßgeblicher Auslöser des beschleunigten digitalen Wandels in Wirtschaft und Gesellschaft. Dieser Transformationsprozess ist auch heute noch nicht abgeschlossen. Eine wesentliche Grundlage für die Digitale Transformation ist die allgegenwärtige, durchdringende und flexible Vernetzung von Menschen und Dingen. Daher gewinnen gerade die funkgestützten

Kommunikationstechnologien immer mehr an Bedeutung und haben sich in den letzten Jahren rasant weiterentwickelt.

Ein Großteil des digitalen Datenverkehrs wird heute über hybride Infrastrukturen abgewickelt, bei denen Nutzer über funkgestützte, verteilte Einwahlknoten Zugang zum globalen, zumeist leitungsgebundenen Kommunikationsnetzwerk erhalten. Der mobile Zugriff auf digitale Dienstleistungen erhöht einerseits die Flexibilität der Nutzer; andererseits werden dadurch auch das Anwendungsspektrum der digitalen Dienstleistungen entscheidend erweitert und neue Möglichkeiten geschaffen.

Mittlerweile konnten sich zahlreiche Standards und Produkte für die kabellose digitale Datenkommunikation etablieren

Diese Technologien sind jedoch nicht oder nur teilweise austauschbar, sondern zumeist für spezifische Anwendungskontexte ausgelegt. Wesentliche Unterschiede bestehen einerseits in ihrer Bandbreite, also dem maximalen Datendurchsatz pro Zeiteinheit, und andererseits in ihrer Reichweite, also der maximalen räumlichen Distanz zwischen Sender und Empfänger für einen stabilen Verbindungsaufbau. Ein weiteres wichtiges Unterscheidungsmerkmal für mobile Kommunikationseinheiten besteht außerdem in ihrem Stromverbrauch, da Kapazität und Größe der Akkumulatoren oder Batterien über die maximale Einsatzdauer und damit auch die Mobilität entscheiden. Je höher der Stromverbrauch einer Einheit, desto kürzer ihre maximale Einsatzdauer bzw. desto größer und schwerer die für eine bestimmte Einsatzdauer benötigte Batterie (zulasten der Transportfähigkeit bzw. des energetischen Transportaufwands).

Der sinnvolle Einsatz einer bestimmten Technologie hängt also von den individuellen Anforderungen des jeweiligen Anwendungskontexts ab. Manche Standards wurden auch für sehr spezifische Einsatzzwecke konzipiert. Die digitalen Funktechnologien lassen sich grundsätzlich fünf verschiedenen, teilweise funktionsbezogenen Kategorien zuordnen: den Wireless Personal Area Networks (WPAN), terrestrischen Mobilfunknetzen, Smart Home Netzwerken, der Near Field Communication (NFC), den Low Power Wide Area Networks (LPWAN) sowie satellitengestützten Funkverbindungen (bspw. VSAT oder globale Satellitennavigationssysteme wie GPS). Einige werden nachfolgend kurz beschrieben.

Mobilfunkstandards zur Datenübertragung

Wie ein WLAN-Knoten sind auch Mobilfunknetze zellulär aufgebaut. Ihre Zellen verfügen jedoch über eine wesentlich höhere Reichweite. Für die digitale Datenübertragung über das Mobilfunknetz wurden mehrere Technologien standardisiert (2G bis aktuell 5G), die sukzessive immer höhere Bandbreiten bei geringeren Latenzen ermöglichen. Da diese Standards ab der dritten Generation jedoch eigene Frequenzbänder nutzen und dafür nach und nach eine dedizierte Hardwareinfrastruktur aufgebaut werden muss, ist die

Netzabdeckung regional sehr unterschiedlich ausgeprägt. Das Angebot schneller Verbindungen konzentriert sich momentan noch stark auf die Ballungsräume.

2.2.2.1 Smart Home Networks

Der Sammelbegriff Smart Home bzw. Smart Building steht für Technologien des Internets der Dinge zur Steuerung, Automatisierung und Optimierung technischer Abläufe innerhalb von Gebäuden.⁶ Sie dienen sowohl einer Steigerung der energetischen Effizienz der inneren technischen Gebäudeinfrastruktur als auch einer Verbesserung des Komforts und der individuellen Behaglichkeit ihrer Nutzer. Gesteuert werden können u. a. Haushaltsgeräte (bspw. Kühlschränke, Waschmaschinen, Unterhaltungselektronik) und Haustechnik (bspw. Raumheizung, Beleuchtung, Sonnenschutz, Belüftung, Alarmanlagen), aber auch Anlagen zur dezentralen Energie- und Wärmeerzeugung (bspw. Mikro-BHKW, Photovoltaikanlagen, Wärmepumpen und Speicher). An der Schnittstelle von Smart Home Networks zu zentralen Energieversorgungsstrukturen, sowohl im Strom- und Gas- als auch im Fernwärmesektor, steht außerdem das Smart Metering.

Durch den stetig fortschreitenden Trend der Dezentralisierung im Strom- und Wärmesektor ergibt sich durch eine intelligente Kopplung von verteilten Prosumern gehörenden Smart Home-Steuerungssystemen mit den zentralen Netzleitwarten der Versorgungsunternehmen das Potenzial einer ganzheitlichen, netzdienlichen Integration. Beispiele dafür sind eine vorausschauende Laststeuerung von Verbrauchern (Demand-Side-Management, DSM) oder der Aufbau virtueller Kraftwerke durch die Zusammenschaltung und Einsatzoptimierung dezentraler Erzeugungseinheiten. Gerade für Fernwärmenetze mit ihrer systemimmanenten Latenz liegt in diesen Lösungsansätzen eine beträchtliche Chance, die durch eine fortschreitende Dezentralisierung kontinuierlich steigende Komplexität und Dynamik im Netzbetrieb handhabbar zu machen.

Erste Standards für Smart Home Networks kommunizierten noch über kabelgebundene Datenleitungen (bspw. DMX, KNX-TP, SmartPLACE, BeoLink) oder das Niederspannungs-Stromnetz (bspw. LCN, KNXPL, X10). Für einen flexibleren Einsatz konnten sich mittlerweile aber vor allem Technologien mit funkgestützter Datenkommunikation etablieren. Dabei haben Smart Home Devices, die herkömmliche Wi-Fi oder Bluetooth-Verbindungen nutzen,

⁶ DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE: Die Deutsche Normungs-Roadmap Smart Home + Building – Status, Trends und Perspektiven der Smart Home + Building Normung. VDE e.V. (Hrsg.), Frankfurt 2013

den gravierenden Nachteil, dass sie aufgrund des relativ hohen Stromverbrauchs für die Datenkommunikation auf eine stetige Versorgung mit Hilfsenergie angewiesen sind. Diese Geräte können daher nur stationär an Stellen mit Zugang zur Hausstromversorgung eingesetzt werden. Für die mobile Anwendung oder zur nachträglichen Vernetzung bestehender Hausinfrastrukturen ist dies oftmals ein Problem. Aus diesem Grund wurden spezielle Technologien für funkgestützte Smart Home Networks entwickelt, die sich durch einen deutlich reduzierten Energieverbrauch sowie eine kompakte Bauform auszeichnen und so flexibel einsetzen lassen.

2.2.2.2 LPWAN

Der Sammelbegriff Low Power Wide Area Networks (LPWAN) steht für eine Reihe von herstellernerutralen Standards und kommerziellen Technologien für digitale Funknetzwerke mit großer Reichweite, bei gleichzeitig jedoch sehr geringem Energiebedarf der Endgeräte.⁷ Der niedrige Energiebedarf erhöht die Flexibilität des Einsatzes maßgeblich, da lange Betriebszeiten eine Nutzung ohne stationäre Stromversorgung ermöglichen. Neben einer hohen Reichweite ist außerdem auch die Durchdringung baulicher Strukturen in der Regel deutlich höher als bspw. bei Mobilfunk- oder Wi-Fi-Netzen. Die LPWAN-Technologien wurden speziell für das Internet der Dinge entwickelt, um räumlich weit verteilte oder mobile Sensoren und Aktuatoren zu vernetzen. Mittlerweile konnten sich mehrere LPWAN-Technologien am Markt etablieren. Die wichtigsten sind

NB-IoT (Das NarrowBand for the Internet-of-Things (NB-IoT)⁸ bzw. LTE-M oder LTE Cat NB1 ist ein kommerziell genutzter LPWAN-Standard, der auf bestehenden Mobilfunknetzen basiert und ihre bereits vorhandene Infrastruktur nutzt). Angeboten wird NB-IoT mittlerweile von allen großen Mobilfunknetzbetreibern (Deutsche Telekom, Vodafone und Telefónica).

LoRaWANTM

Das Long Range Wide Area Network (LoRaWANTM)⁹ bezeichnet ein frei verfügbares, bidirektionales LPWAN-Übertragungsverfahren. Der Standard hat mittlerweile eine sehr hohe Verbreitung (aktuell wurden über 700 Netze in über 100 Ländern aufgebaut) und wird bereits

⁷ Kompetenzzentrum Öffentliche IT des BMI: Funkende Dinge. Online: <https://www.oeffentliche-it.de/-/funkende-dinge>, zugegriffen am 15.03.2019

⁸ Telekom IOT: NarrowBand IoT – Das Maschinen- und Sensorennetz. Online: <https://iot.telekom.com/iot-de/konnektivitaet/narrowband-iot>, zugegriffen am 14.03.2019

⁹ LoRa Alliance: What is the LoRaWANTM Specification? Online: <https://lora-alliance.org/about-lorawan>, zugegriffen am 14.03.2019

von zahlreichen Hardware- und Geräteherstellern unterstützt. Anders als NB-IoT muss für ein LoRaWAN-Netz eine eigene Infrastruktur aufgebaut werden, die aus einer zentralen Servereinheit sowie verteilten Einwahlknoten (Gateways) besteht. Einwahlknoten und Server werden in der Regel durch leitungsgebundene Datenübertragungsnetze miteinander verbunden, können aber auch auf drahtlose Breitband-Kommunikationstechnik zurückgreifen. LoRaWAN zeichnet sich sowohl durch vergleichsweise hohe Funkreichweiten von Gateway zu Teilnehmern und eine sehr gute Durchdringung baulicher Strukturen als auch durch eine sehr geringe Leistungsaufnahme der Endgeräte und einen, gegenüber den meisten konkurrierenden LPWAN-Standards, relativ hohen Datendurchsatz aus. Für die Nutzung der verwendeten Funkfrequenzen im ISM-Band fallen generell keine mittel- oder unmittelbaren Lizenzgebühren an (Lizenzgeber für Funkbänder sind in der Regel die Nationalstaaten). Kosten entstehen entweder durch den Aufbau einer eigenen oder die Nutzung einer bereits bestehenden und kommerziell angebotenen lokalen Infrastruktur.

Sonstige

Weitere verfügbare LPWAN-Standards und Produkte wie **MIOTY** (MY Internet of Things (MIOTY®)¹⁰, **Sigfox** ergänzen das rasant wachsende Produktfeld

Dennoch erscheint LoRaWAN für die meisten Anwendungsfälle in der Fernwärme aus heutiger Sicht als am besten geeignet, da bereits eine Vielzahl unterstützender Produkte erhältlich ist und sich der Standard integrativ für multiple Anwendungszwecke einsetzen lässt. Für singuläre Anwendungen sind hingegen Systeme, die auf bestehende Infrastrukturen zurückgreifen (bspw. Sigfox oder NB-IoT), im Regelfall die bessere Wahl.

2.3 Digitale Trendthemen

Aktuell wird eine Vielzahl an Themen diskutiert, die sich unter dem Sammelbegriff Digitalisierung zusammenfassen lassen. Neben den großen Herausforderungen Cloud Computing, Big Data und Digital Security steht dabei vor allem die Nutzung intelligenter Technologien im gegenwärtigen Fokus. Im folgenden Exkurs werden die Kernthemen kurz vorgestellt und erläutert. Für die Fernwärmebranche relevante Technologien wurden als Instrumente für die Digitale Transformation in die Matrix als Landkarte zur Positionsbestimmung übernommen.

¹⁰ Fraunhofer IIS: MIOTY® - Die drahtlose IoT-Technologie. Online: <https://www.iis.fraunhofer.de/de/ff/lv/net/tech/telemetrie.html>, zugegriffen am 14.03.2019

Künstliche Intelligenz

Künstliche Intelligenz, kurz KI (bzw. artificial intelligence, ai) ist die Fähigkeit einer Maschine, intellektuelle Tätigkeiten auszuführen, zu denen sonst nur das menschliche Gehirn fähig ist.¹¹ Dabei können die unterschiedlichen Ansätze menschliches Denken, menschliches Handeln, rationales Handeln oder rationales Denken verfolgt werden.¹² Alle vier Ansätze lassen sich dabei in schwache und starke KI unterteilen. Starke KI ist so definiert, dass sie sich im Gegensatz zur schwachen KI vollständig autonom verhält. Sie ist damit nicht durch den Menschen steuerbar, befindet sich jedoch auf gleichem intellektuellem Niveau. Dies impliziert auch die Eigenschaft Vernunft. Starke KI ist jedoch noch ein hypothetisches Konstrukt und nach heutigem Stand der Technik nicht realisierbar.¹³

Die schwache KI ist der Versuch, menschliche Intelligenz auf Maschinen zu simulieren, um sie anschließend nutz- und gewinnbringend einzusetzen.¹³ Eigenschaften und Abläufe des menschlichen Verstands werden imitiert und als Werkzeug zur Findung effizienter und effektiver Lösungswege eingesetzt. Doch denkt und plant die Maschine hierbei nicht ausschließlich eigenständig, sondern bedarf der Eingabe oder des Abrufs externer Daten und Funktionen. Durch iterative Wiederholungen eines Rechengangs ist die KI nach und nach aber in der Lage, selbst Assoziationen herzustellen und somit Wissen zu erzeugen. Auf diese Weise werden Rechenmethoden sukzessive erlernt, mit denen verschiedene Szenarien verglichen und anschließend die am besten geeigneten Lösungswege gewählt werden können.¹¹ So können durch intelligente Algorithmen schließlich auch Modelle erzeugt werden, auf deren Grundlage präzise Prognosen möglich sind. Das Maschinelle Lernen kann grundsätzlich sowohl überwacht als auch unüberwacht erfolgen. Beim überwachten Lernen (Supervised Learning) unterliegen alle Operationen und Eingaben einer unmittelbaren oder mittelbaren menschlichen Kontrolle. Bei nicht überwachten Lernmethoden (Unsupervised Learning) wird eine KI dagegen mit unsortierten und -geprüften Datenströmen versorgt. Wegen dieser Intransparenz ist nicht absehbar, welche Kalkulationen die KI ausführt, zu welchen Schlüssen sie kommt und welche Schritte sie als nächstes plant.

¹¹ Raschke F.: Künstliche Intelligenz – Einblick in Machine Learning, Deep Learning, Neuronale Netze, NLP, Robotik und das Internet der Dinge. Independently published, 2019

¹² Rusell S., Norvig P.: Künstliche Intelligenz – ein moderner Ansatz. Pearson Studium, Hallbergmoos 2012

¹³ Otte R.: Künstliche Intelligenz für Dummies. Wiley-VCH, Weinheim 2019

Das Einsatzspektrum von KI ist bereits heute enorm. Maschinelles Lernen kommt bspw. bei moderner Robotertechnik, vielen Industrie 4.0-Anwendungen, komplexen Simulationsprogrammen sowie bei Internet-Suchdiensten oder sozialen Netzwerken zum Einsatz. Die Digitale Transformation und das in ihrem Zuge kontinuierliche wachsende Datenaufkommen sind die maßgeblichen Entwicklungstreiber von KI.¹³

Cloud Computing

Cloud Computing bezeichnet das dynamisch an den Bedarf angepasste Anbieten, Nutzen und Abrechnen von IT-Dienstleistungen über ein Netzwerk. Angebot und Nutzung dieser Dienstleistungen erfolgen dabei ausschließlich über definierte technische Schnittstellen und Protokolle. Die Spannweite der im Rahmen von Cloud Computing angebotenen Dienstleistungen umfasst das komplette Spektrum der Informationstechnik und beinhaltet unter anderem die Hardware-Infrastruktur (Rechen- und Speicherkapazitäten) und die Nutzung von Software-Plattformen sowie alle damit verbundenen Dienstleistungen (bspw. Konfiguration, Administration, Support oder Produktaktualisierungen).

Durch die Nutzung von Cloud-Diensten gewinnt der Anwender ein hohes Maß an Flexibilität. Unter der Voraussetzung einer stabilen Datenverbindung zu den Servern des Providers können wesentliche Kapazitäten ausgelagert werden, was schließlich auch die Entwicklung noch kompakterer und energieeffizienterer Endgeräte fördert. Cloud Computing ist somit insbesondere auch für den mobilen Einsatzbereich interessant, weswegen in diesem Zusammenhang auch von einem Trend zum Ubiquitous Computing (die „Computernutzung überall“) gesprochen wird.

Big Data

Big Data steht für qualitativ und formal oft sehr inhomogene Datensammlungen, die entweder zu rasch entstehen oder zu groß und komplex sind, um mit herkömmlichen Methoden der digitalen Datenverarbeitung ausgewertet oder manipuliert werden zu können. Eine effiziente Erzeugung und Handhabung sowie die gewinnbringende Nutzung solcher immenser Datenströme sind erst durch innovative Informationstechnologien möglich geworden, die unter der Kategorie Big Data Analytics zusammengefasst werden. Hierzu zählt bspw. auch der Einsatz von KI und Cloud-Computing

Bei den typischen „klassischen“ Datenquellen, die im Rahmen von Big Data verarbeitet werden, handelt es sich zumeist um datenbankbasierte IT-Systeme wie bspw. Enterprise-Resource-Planning (ERP), Supply-Chain-Management (SCM) oder Customer-Relationship-Management (CRM). In der Fernwärmebranche sind darüber hinaus Energiedatenmanagement- (EDM) und Instandhaltungssysteme (Total Productive Maintenance, TPM) sowie Plattformen zur Kraftwerkseinsatzoptimierung von besonderer

Bedeutung. Diese integrativen Softwaresysteme liefern bereits verarbeitete Datensätze wie bspw. strukturierte Listen mit Kundenbestellungen, Instandhaltungsaufträgen oder Messwerten. Bei den neueren Anwendungen handelt es dagegen sich im Regelfall um fortlaufende Datenreihen, die durch sensorische Erfassung aufgezeichnet oder die Nutzung semantischer Netzwerke erzeugt werden. Gängige Beispiele sind per NFC-Technologie (RFID) aufgezeichnete Bewegungsdaten aus Logistik- und Verkehrsleitsystemen, Preisindizes aus dem Energie- und Rohstoffhandel oder die Auswertung von Benutzerdaten von Social-Web-Anwendungen.

Vergleicht man die Big-Data-Prozesse mit den bisherigen Arbeitsabläufen, zeigt sich, dass es sich um klassische Informationsverarbeitungsprozesse handelt, d. h. um die Erfassung, Speicherung, Analyse und benutzerorientierte grafische Aufbereitung der Informationen. Big Data dient dazu, die Informationen, die sich aus der Auswertung der Datenströme ergeben, für betriebswirtschaftliche Analysen zu nutzen. Anders als bei klassischen Datenanalysen steht bei Big Data die sehr schnelle Verarbeitung extrem großer und vielschichtiger Datenmengen im Vordergrund. Dabei wird die technische Grundlage für die betriebswirtschaftliche Verwendung bislang nicht nutzbarer Informationen geschaffen.

Je mehr unstrukturierte Daten sich aus den Geschäftsprozessen extrahieren lassen und je interaktiver die Analysen, bestenfalls in Echtzeit, sein sollen, desto mehr Notwendigkeiten ergeben sich auch, Big Data Analytics einzusetzen. Zweckmäßige Anwendungen gibt es mittlerweile in nahezu allen Branchen. Ein gängiger Anwendungsfall in der Energiewirtschaft ist bspw. das Smart Metering, also die Messung und Übertragung oder auch Steuerung des Energieverbrauchs.¹⁴ Dabei werden große Mengen an Daten erzeugt und für den Versorger nutzbar gemacht.

Predictive Analytics

Predictive Analytics, also Methoden und Techniken zur Vorhersage von zukünftigen Daten oder Zuständen mit ihren entsprechenden Eintrittswahrscheinlichkeiten, ergänzen das Anwendungsgebiet von Business Intelligence (BI), welches sich bisher vor allem auf vergangenheitsorientierte Reporting Systeme beschränkte. Dank innovativer Informationstechnologien wie KI oder Cloud Computing sind Predictive-Analytics-Werkzeuge mittlerweile auch dazu in der Lage, heterogene Massendaten (Big Data) zu verarbeiten. Je größer die untersuchte Datenmenge, desto wahrscheinlicher ist es, neue Querverbindungen zu

¹⁴ Gadatsch A.: Wisu – Big Data. Lange Verlag, Pieterlen/Bern 2012

erkennen und Trends frühzeitig zu identifizieren. Die systematische Anwendung computergestützter Methoden zur Analyse großer Datenbestände wird häufig auch als Data-Mining bezeichnet. Predictive Analytics liefern Informationen über die Zukunft. Sie beantworten Fragen wie „Was wird mit welcher Wahrscheinlichkeit unter welchen Voraussetzungen passieren?“ oder „Was sollte passieren?“. Eine Vorhersage kann im einfachsten Fall durch eine mathematische Funktion getroffen werden, die bspw. das Prinzip der exponentiellen Glättung für die Bedarfsplanung anwendet. Komfortabler gestaltet sich allerdings der Einsatz von Software, die den Nutzer bei der Wahl eines geeigneten Prognosemodells unterstützt, die Ergebnisse aufbereitet und als Schnittstelle für andere Systeme fungiert.

Zusammenfassung

Die hier zitierte und in Stichpunkten dargestellte und kürzlich veröffentlichte AGFW-Grundlagenstudie zur „Digitalen Transformation in der Fernwärme“ schafft das Fundament für den strukturierten Digitalisierungsprozess in der Fernwärmebranche. Diese soll den managementmäßigen Umgang mit dem Thema Digitalisierung auf Führungsebene ermöglichen und erleichtern. Dazu wurden in der Studie folgende Ergebnisse und Instrumente erarbeitet:

- Schaffung eines gemeinsamen Grundverständnisses
- Lückenlose Abbildung und Strukturierung des Untersuchungsfeld „Digitalisierung in der Fernwärmebranche“ zum Zeitpunkt der Untersuchung
- Durchführungsleitfaden für die Digitale Transformation in den Unternehmen

Je weiter die digitale Transformation fortschreitet und je höher der marktbezogene Anpassungsdruck wird, umso mehr empfiehlt sich die Nutzung des entwickelten Instrumentariums der AGFW-Studie auch im Bereich der digitalisierten Hausstationen iHAST.

3 Die digitalisierte Hausanschlussstation

3.1 Hausanschlussstationen – Stand der Technik

Eine Hausanschlussstation (HAST) stellt den Übergabepunkt zwischen dem Fernwärmenetz des Versorgers und dem zu versorgenden Gebäude bzw. dessen Hausanlage dar. Sie steuert die Heizung und die Warmwasserbereitung für das jeweilige Gebäude.

Die HAST besteht aus einer Übergabestation und einer Hauszentrale. Dabei ist die Übergabestation das Bindeglied zwischen der Hausanschlussleitung und der Hauszentrale. Hier wird die Wärme an die Hauszentrale übergeben. Die Hauszentrale passt die Wärmelieferung hinsichtlich Druck, Temperatur oder Volumenstrom an die Hausanlage an. Die Hausanlage umfasst das Rohrleitungssystem, die Heizflächen und die Absperr-, Regel-, und Steuereinrichtungen.¹⁵

HAST werden je nach Anwendungsfall entweder in Abhängigkeit der Außentemperatur und der Zeit oder bedarfsorientiert geregelt. Dazu sind Regelungseinrichtungen in verschiedenen Leistungsstufen bereits verfügbar. Diese reichen von den Standardregeleinrichtungen für Einzelgebäude über Fernbedienbarkeit (Telefon, Internet, Bussysteme) bis hin zu einer Vernetzung mit übergeordneten Leitsystemen und erfolgen heute bereits weitestgehend digital.¹⁶

Die wesentliche Funktion einer HAST ist die Regelung der Vorlauftemperaturen. Dies erfolgt meist in Abhängigkeit mit der Außentemperatur. Um kurzfristige Schwankungen der Außentemperatur und damit verbundene Lastspitzen abzuwenden, werden gemittelte Außentemperaturen als Führungsgröße angesetzt.

Witterungsgeführte Regeleinrichtung

Moderne Heizungsanlagen verfügen über eine außentemperaturabhängige Regelung, welche die Heizmitteltemperatur in Abhängigkeit der Witterungsverhältnisse und darüber hinaus die Betriebsweise der Trinkwassererwärmung steuert. Die Heizmitteltemperatur ist

¹⁵ AGFW (Hrsg.) 2009: Technisches Handbuch Fernwärme. 2. neubearbeitete und erweiterte Auflage. Frankfurt am Main: AGFW-Projekt-GmbH

¹⁶ AGFW (Hrsg.) 2016: Arbeitsblatt AGFW FW 508 „Anforderungen an Fernwärme-Regeleinrichtungen für Hausstationen. Frankfurt am Main: AGFW-Projekt-GmbH

dabei der Maßstab für die Wärmeabgabe an die zu beheizenden Räume in denen mit thermostatischen Heizkörperventilen eine partielle Anpassung an die in den einzelnen Räumen erwünschte Temperatur erfolgen kann.

Die witterungsgeführte Regeleinrichtung soll Energie und Kosten sparen sowie dem Verbraucher einen möglichst hohen Regelkomfort bieten und damit helfen, die Wohnqualität zu steigern. Für das Fernwärmeversorgungsunternehmen (FVU) soll die Regeleinrichtung die zur Verfügung gestellte Energie/Wärme bereitstellen mit dem Ziel, eine möglichst hohe Auskühlung des Fernwärmewassers zu erreichen. Bei der Auslegung der an das Fernwärmenetz angeschlossenen Anlagen und beim Einsatz der Regeleinrichtungen ist immer darauf zu achten, dass möglichst kleine und gleichbleibende Leistungen benötigt werden. Plötzliche Bedarfsänderungen (z. B. Zu- und Abschalten von Verbrauchergruppen oder Nachtabsenkung/Tagbetrieb) sollte die Regeleinrichtung nicht sofort mit maximaler Leistung und maximalem Volumenstrom abdecken.

Vom Versorgungsunternehmen wird in der Regel ein Heizmittelvolumenstrom in der Übergabestation begrenzt und mit einer der Außentemperatur angepassten Vorlauftemperatur angeboten.

3.2 Allgemein anerkannte Regeln der Technik

Unter allgemein anerkannten Regeln der Technik werden technische Regeln oder Verfahren verstanden, die wissenschaftlich fundiert und in der Praxis allgemein erkannt bzw. erprobt sind. Der AGFW standardisiert Branchenmindestanforderungen über die gesamte Prozesskette der Wärme- und Kälteversorgung. Sie fließen als „Stand der Technik“ in das AGFW-Regelwerk ein. Dies wird anwenderorientiert fortgeschrieben, d. h. aktualisiert bzw. erweitert. Der AGFW hat in seinem Regelwerk u. a. auch technische Mindestanforderungen für Hausanschlussstationen festgelegt Für die Betrachtung im Rahmen des Projekts iHAST sind u. a. insbesondere die Regelwerksbausteine AGFW FW 508 sowie AGFW FW 519 relevant.

Für die Betrachtung im Rahmen des Projekts iHAST sind insbesondere die Regelwerksbausteine

Arbeitsblatt AGFW FW 508 – Anforderungen an Fernwärme-Regeleinrichtungen für Hausstationen und

AGFW FW 519 - Sicherheitstechnische Ausrüstung von Unterstationen, Hausstationen und Hausanlagen zum indirekten Anschluss an Dampf-Fernwärmenetze für die Grundlegenden Anforderungen relevant.

Weiterhin sind im speziellen die DIN EN Normen für Thermische Energiemessgeräte (Smart Metering Systeme) zu nennen. Die Europäische Norm DIN EN 1434 legt in ihren Teilen die allgemeinen Anforderungen für die digitalen Wärmezähler fest.

Es wären die Normen:

DIN EN 1434-3 (Wärmezähler – Teil 3: Datenaustausch und Schnittstellen)

DIN EN 1434-4 (Wärmezähler – Teil 4: Prüfung für die Bauartzulassung)

DIN EN 1434-5 (Wärmezähler – Teil 5: Ersteichungen).

Eine Verfügbarkeit von thermischen Smart-Meter-Zählern ist nach Brancheneinschätzung noch nicht vorhanden. Die notwendigen Bauteile können aber bei Bedarf kurzfristig laut Herstellerangaben hergestellt und geliefert werden.

Neben den „klassischen“ technologischen Anforderungen der Regelwerke an die Komponenten der iHAST sind weitere IT-Sicherheitstechnische Standards von Bedeutung.

Vom Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) ist der „Branchenspezifischer Sicherheitsstandard für die Verteilung von Fernwärme (B3S VvFw) zu nennen.

Weitere Standards vom BSI sind:

BSI-Standard 100-1/2/3/4: Managementsysteme/IT-Grundschutz-Vorgehensweise/Risikoanalyse/Notfallmanagement

BSI-Standard 200-1/2/3: Managementsysteme für Informationssicherheit (ISMS) kompatibel zum ISO 27001 Standard definiert.

Weitere auch bereichsübergreifende Regelwerke hierzu sind:

ISO/IEC 27019:2017-10: Informationstechnik - Sicherheitsverfahren - Informationssicherheitsmaßnahmen für die Energieversorgung

DIN EN 62351: Datenmodelle, Schnittstellen und Informationsaustausch für Planung und Betrieb von Energieversorgungsunternehmen - Daten- und Kommunikationssicherheit

DIN IEC 62443-3-3: Industrielle Kommunikationsnetze - IT-Sicherheit für Netze und Systeme - Teil 3-3: Systemanforderungen zur IT-Sicherheit und Security-Level

DIN EN IEC 62443-4-2: IT-Sicherheit für industrielle Automatisierungssysteme - Teil 4-2: Technische Sicherheitsanforderungen an Komponenten industrieller Automatisierungssysteme (IACS)

Eine stetige und schnelle Anpassung der Regelwerke und Normen ist auf diesem Gebiet zu erwarten.

3.2.1 Arbeitsblatt AGFW FW 508 – Anforderungen an Fernwärme- Regeleinrichtungen für Hausstationen

Der Betrieb von Fernwärmehausstationen und den nachgeschalteten Wärmeverbrauchern wird je nach Anwendungsfall entweder in Abhängigkeit der Außentemperatur und der Zeit oder bedarfsorientiert geregelt. Die Leistungsabstufungen reichen von der Standardregeleinrichtung für einzelne Gebäude über die Fernbedienbarkeit mittels Telefon, Internet oder Haustechnik-Bussystemen bis zur Vernetzung mit übergeordneten Leitsystemen für Dienstleister im Bereich Gebäudemanagement. Diese Aufgaben werden zunehmend von digitalen Regeleinrichtungen übernommen. Das Arbeitsblatt definiert die prinzipiellen Anforderungen sowie die wesentlichen Eckdaten um einen vergleichbaren Leistungsstandard bei den Regeleinrichtungen sicherzustellen.

3.2.2 Arbeitsblatt AGFW FW 519 – Sicherheitstechnische Ausrüstung von Unterstationen, Hausstationen und Hausanlagen zum indirekten Anschluss an Dampf-Fernwärmenetze

Das Arbeitsblatt gilt für die sicherheitstechnische Ausrüstung von indirekt an Dampfnetze angeschlossenen Hausstationen (Primärseite). Diese bestehen im Wesentlichen aus Vorrichtungen zum Begrenzen von unzulässigen Drücken und Temperaturen. Die Raumheizung, Klimatisierung und Trinkwassererwärmung (Sekundärseite) erfolgt mit Heizwassertemperaturen von ≤ 120 °C. Nicht behandelt werden direkte Anschlüsse und die industrielle Nutzung des Dampfes und der Absorptionstechnik.

3.2.3 DIN EN 1434-3 (Wärmezähler – Teil 3: Datenaustausch und Schnittstellen)

Diese Europäische Norm legt die allgemeinen Anforderungen für Wärmezähler fest. Teil 3 spezifiziert den Datenaustausch zwischen einem Zähler und einem Auslesegerät und verweist auf entsprechende DIN-Normen für die verschiedenen Arten der Hardware-Schnittstellen. Dies ist insbesondere für mögliche neue Geschäftsmodelle – Stichwort Bonus-Malus Zähler – im Hinblick auf die Temperaturfahrweise der Netze und des Nutzerverhaltens von Bedeutung.

3.2.4 DIN EN 13757

Die DIN EN 13757 standardisiert die Datenkommunikation mit Zählern (M-Bus) und besteht aus 9 Teilen. M-Bus (Meter-Bus) ist eine europäische Norm (EN 13757-2 Physical and Link Layer, EN 13757-3 Application Layer) für die Fernauslesung von Gas- oder Stromzählern. M-Bus ist auch für andere Arten von Verbrauchszählern verwendbar. Die M-Bus-Schnittstelle ist für die Kommunikation über zwei Leitungen ausgelegt, was sie sehr kostengünstig macht.

Eine Funkvariante des M-Bus (Wireless M-Bus) ist ebenfalls in der EN 13757-4 spezifiziert. Die DLMS/COSEM-Standardsuite (IEC 62056 / EN 13757-1) ist die am weitesten verbreitete internationale Norm für den Datenaustausch von Verbrauchszählern.

3.2.5 Datensicherheit

Neben den „klassischen“ technologischen Anforderungen der Regelwerke an die Komponenten der iHAST dürfen nicht die zusätzlichen Anforderungen und standardisierte Lösungsbausteine für den relevanten IT-Schutz (Cyber Security Standards) im Gesamtsystem vernachlässigt werden. Grundsätzlich kann auf die Expertisen des Bundesamtes für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) zurückgegriffen werden. Hier werden u. a. die:

- BSI-Standard 100-1/2/3/4: Managementsysteme /IT-Grundschutz-Vorgehensweise/ Risikoanalyse/Notfallmanagement
- BSI-Standard 200-1/2/3: Managementsysteme für Informationssicherheit (ISMS) kompatibel zum ISO 27001 Standard definiert.

Branchenspezifischer Sicherheitsstandard für die Verteilung von Fernwärme (B3S VvFw)

Das BSI hat den branchenspezifischen IT-Sicherheitsstandard für Fernwärmenetze nach § 8a Abs. 2 BSI-Gesetz mit Stand 27. Februar 2018 im Februar 2019 offiziell anerkannt. Betreiber von Fernwärmenetzen mit mehr als 250.000 angeschlossenen Haushalten sind gesetzlich verpflichtet, ihre Informationstechnologie nach dem Stand der Technik abzusichern und entsprechende Nachweise vorzulegen. Als Service für die betroffenen Unternehmen und um Rechtssicherheit zu schaffen, haben AGFW und BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. gemeinsam den branchenspezifischen Sicherheitsstandard für Fernwärmenetze (B3S) erarbeitet. Dieser zeigt auf, wie Unternehmen im ersten Schritt eine Risikoanalyse vornehmen und darauf aufbauend konkrete Sicherheitsmaßnahmen umsetzen können. Es obliegt den Unternehmen, ob sie den Branchenstandard anwenden oder eigene, geeignete Nachweise vorlegen. Fernwärmenetze mit mehr als 250.000 angeschlossenen Haushalten zählen zu den kritischen Infrastrukturen, die eine wichtige Bedeutung für das Gemeinwesen haben.

Die Anlagen des Kunden stehen außerhalb des Geltungsbereichs des B3S VvFw.

Weitere relevante Regelwerke sind für Energieversorger und Hersteller u. a.:

- ISO/IEC 27019:2017-10: Informationstechnik - Sicherheitsverfahren – Informationssicherheitsmaßnahmen für die Energieversorgung

- DIN EN 62351: Datenmodelle, Schnittstellen und Informationsaustausch für Planung und Betrieb von Energieversorgungsunternehmen - Daten- und Kommunikationssicherheit
- DIN IEC 62443-3-3: Industrielle Kommunikationsnetze - IT-Sicherheit für Netze und Systeme - Teil 3-3: Systemanforderungen zur IT-Sicherheit und Security-Level
- DIN EN IEC 62443-4-2: IT-Sicherheit für industrielle Automatisierungssysteme - Teil 4-2: Technische Sicherheitsanforderungen an Komponenten industrieller Automatisierungssysteme (IACS)

Kontinuierliche Verbesserungen der Software und die Erweiterungen der Funktionalitäten erfordern ständige zusätzliche Maßnahmen („Updates“ oder Fehlerbehebungen („Patches“)). Weitere Fortschritte von Analyseprogrammen (z. B. von krypto. Algorithmen) stellen die Sicherheitskonzepte vor neue Herausforderungen. Eine stetige und schnelle Anpassung der Regelwerke und Normen ist auf diesem Gebiet zu erwarten.

3.3 Digitalisierung der Hausanschlussstation

3.3.1 Aufbau einer iHAST

Die digitalisierte Hausanschlussstation – kurz iHAST genannt – unterscheidet sich von einer herkömmlichen HAST durch die Möglichkeit der Datenübertragung zwischen HAST und Energieversorgungsunternehmen (EVU). Abbildung 3-1 zeigt ein vereinfachtes Schaltbild einer iHAST, wobei die Elemente, die für die Datenübertragung interessant sind, orange eingrahmt sind:

- Der fernwärmeseitige Wärmemengenzähler (WMZ-FW)
- Der Wärmemengenzähler für die Trinkwassererwärmung (WMZ-TWE), falls vorhanden
- Der/die Regler für HAST, Raumheizung (RH) und TWE

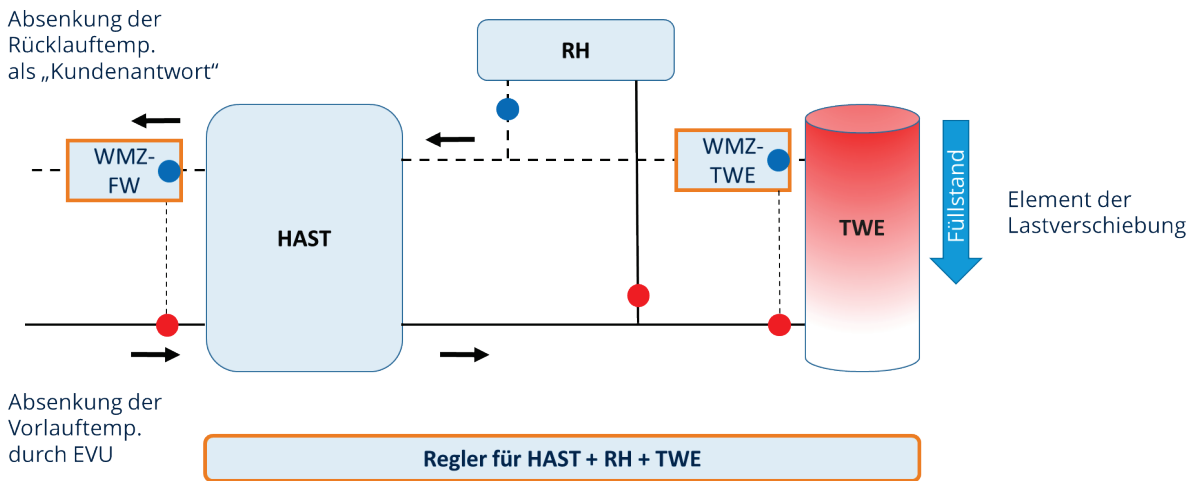


Abbildung 3-1: Schaltbild der digitalisierten Hausanschlussstation (iHAST) – orange umrahmte Elemente sind für die Datenübertragung interessant

3.3.2 Digitalisierungsstufen

Im Rahmen des iHAST-Projekts werden folgende Digitalisierungsstufen definiert:

Stufe 0 alle WMZ ohne aktivierte, permanente Fernauslesung; Ablesung i. A. 1 x jährlich. Regler arbeitet nur lokal

Ab Stufe 1 digitale Auslesung der WMZ-Signale (Wärmemenge und Momentanwerte der VL- und RL-Temperatur sowie des Volumenstroms) mindestens im ¼ h-Takt möglich.

Stufe 1 Digitale Auslesung des WMZ-FW

Stufe 2 wie Stufe 1 und zusätzlich digitale Auslesung des WMZ-TWE; optional auch des WMZ für Raumheizung (WMZ-RH)

Stufe 3 wie Stufe 2 und zusätzlich digitale Auslesung von Informationen aus dem Regler über Heizkreise, Speicherladezustand TWW-Speicher etc.

Stufe 4 wie Stufe 3, jedoch mit Schreibzugriff des EVU auf ausgewählte Regler-Parameter

Stufe 5 eine der Stufen 1 bis 4 und zusätzlich digitale Auslesung des WMZ für *Einspeisung* von Wärme (WMZ-DE (Dezentrale Einspeisung) inkl. Freigabesignal)

Stufe 6 wie Stufe 5, jedoch mit *Schreibzugriff* des EVU für Regler-Sollwerte sowie Auslesen von Prognosesignalen (z. B. Ertrag Solarthermie) des dezentralen Einspeisers

Stufen, die mit einem * markiert sind (bspw. Stufe 3*, 4*, ...) bedeuten, dass die Stufe 2 „übersprungen“ wurde, d. h. die Daten des WMZ-TWE (sowie WMZ-RH) nicht genutzt werden.

In Abbildung 3-2 und Abbildung 3-3 sind die Stufen noch einmal graphisch aufbereitet.

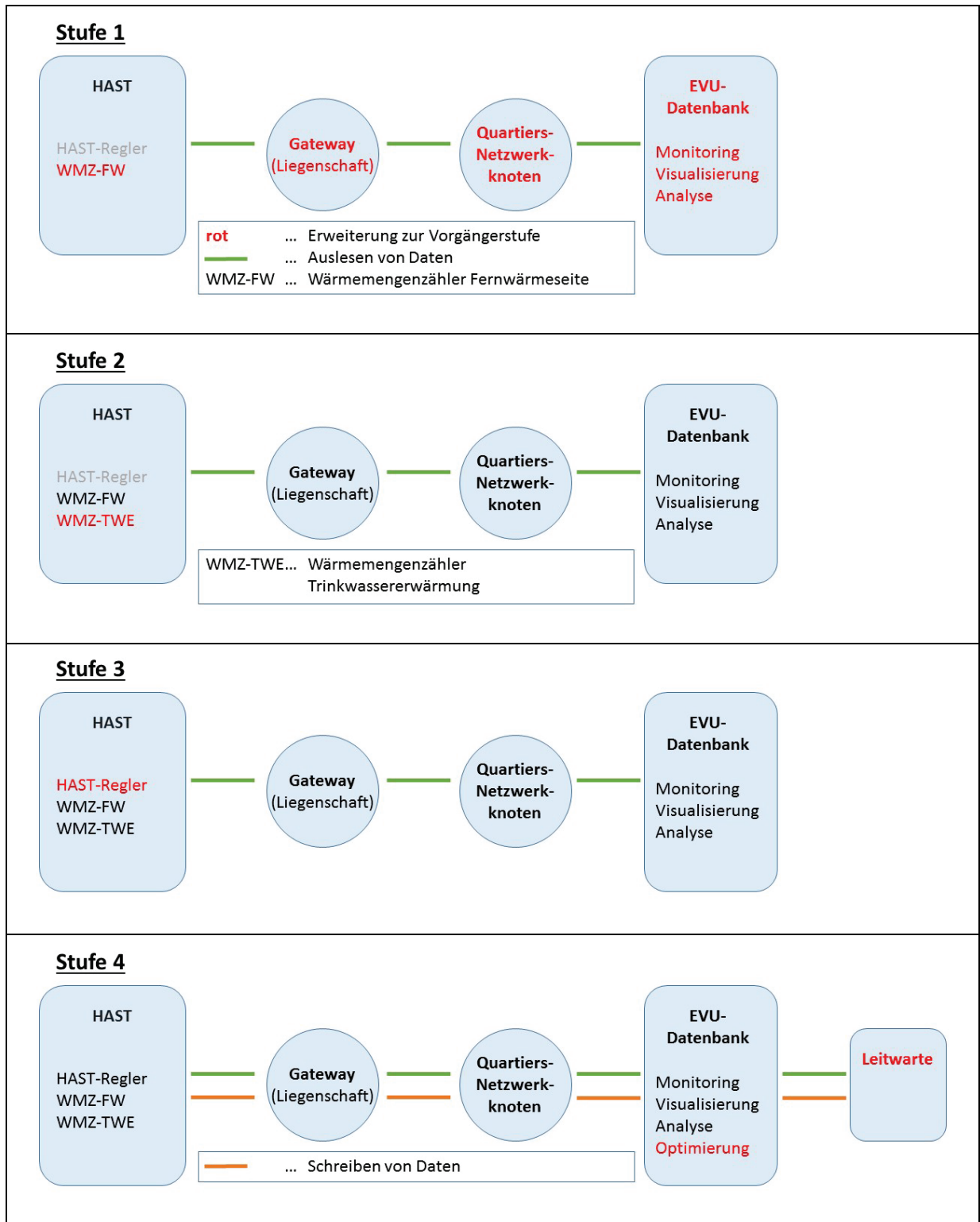


Abbildung 3-2: Graphische Aufbereitung der definierten Digitalisierungsstufen 1 bis 4

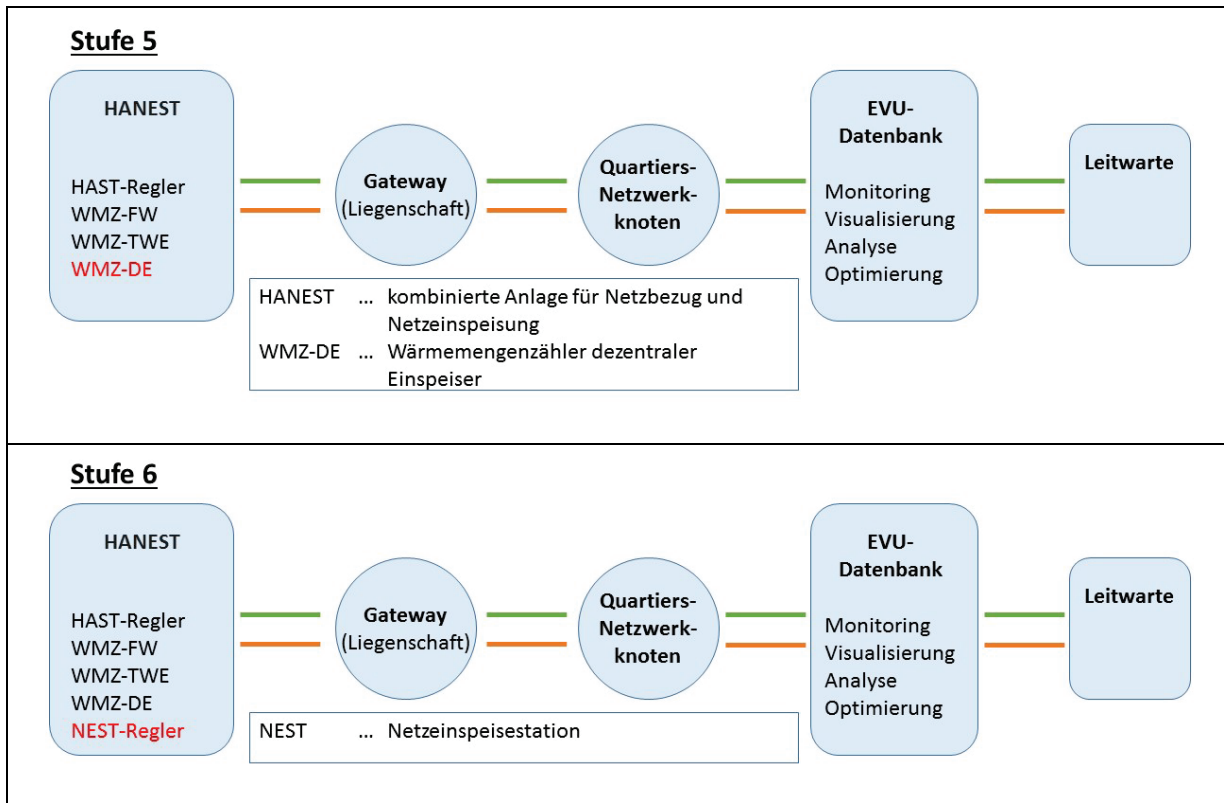


Abbildung 3-3: Graphische Aufbereitung der definierten Digitalisierungsstufen 5 und 6

3.3.3 Nutzen der Digitalisierungsstufen

Um die Festlegung der Zielstufe zu vereinfachen, sei hier noch einmal beispielhaft der Nutzen der verschiedenen Stufen dargestellt:

- Stufe 0 nur jährliche Information zur fernwärmeseitigen Wärmemenge HAST, über Abrechnung auch Jahresinformation zum Anteil für TWE vorhanden (Heizkostenverordnung)
- Stufe 1 Zeitaufgelöste Information über Verbrauchsprofil und Temperaturen sowie Volumenstrom fernwärmeseitig. Zeitaufgelöste Prognosen des Wärmebedarfs werden möglich bzw. deutlich präziser. Überdimensionierung des Wärmeübertragers und damit Potenziale zur VL-Temperatur-Absenkung werden abschätzbar.
- Stufe 2 Zusätzlich zeitaufgelöste Informationen zum Anteil der Wärmemenge für die TWE sowie Temperaturen und Volumenstrom für die TWE; optional auch für Raumheizung, sodass dann auch Verluste bilanziert werden können. Prognosen des Wärmebedarfs und Abschätzungen zu möglichen VL-Temperaturabsenkungen können weiter verbessert werden.
- Stufe 3 Zusätzlich Informationen zum liegenschaftsseitigen Temperaturniveau der Heizkreise und der Trinkwarmwasserseite inkl. TWW-Speicher. Ungünstige

Einstellungen oder Fehlverhalten auf der Kundenseite sind einfacher und ohne Vor-Ort-Begehung zu identifizieren.

- Stufe 4 Aktiver Eingriff des EVU zum Lastmanagement z. B. auf Beladung TWW-Speicher bis hin zu Änderung von Sollwerten (z. B. Heizkurve).
- Stufe 5 Erweiterung um dezentrale Einspeisung
- Stufe 6 Netzdienliches Last- und Einspeisemanagement

3.3.4 Lastmanagement mit Messdaten des WMZ-TWE

Der WMZ-TWE ist von großer Bedeutung für das Lastmanagement, weshalb an dieser Stelle kurz gesondert darauf eingegangen wird. Zum Verständnis der Motivation ist es notwendig, bereits einen Teil der Projekt-Ergebnisse vorwegzunehmen, welche in den Abschnitten 6.4 und 6.5 dieses Berichts noch detaillierter erläutert werden.

In der Befragung zu den angestrebten Digitalisierungsstufen der einzelnen Liegenschaften wurde durch die Versorger häufig Stufe 4 oder höher angegeben. In vielen Fällen war diese Stufe bereits beinahe erreicht, jedoch ohne den Informationsgehalt der WMZ-TWE zu berücksichtigen (Stufe 2). Grund ist meist, dass die WMZ-TWE nicht Eigentum des EVU sind bzw. keine Berechtigung zur Datennutzung besteht. Deshalb ist i. d. R. die Kooperation des Gebäudeeigentümers zwingende Voraussetzung, was zu zusätzlichem Arbeitsaufwand und zu zusätzlichen Herausforderungen führen kann.

Der Einbau eines WMZ für die Trinkwassererwärmung ist seit 01.01.2014 für alle sog. verbundenen Heizungsanlagen Pflicht. HAST zählen überwiegend zu dieser Art von Anlagen, da Raumheizung und TWE vom gemeinsamen Sekundärkreis der HAST versorgt werden. Entsprechend konnte in den Begehungen festgestellt werden, dass der WMZ-TWE in allen erfassten Liegenschaften vorhanden war und dessen Messdaten damit für eine Auswertung zur Verfügung ständen.

Durch energetische Modernisierungsmaßnahmen wird der Energiebedarf für die Raumheizung in den nächsten Jahren weiter sinken. Wird die Heizungsanlage modernisiert, dann sinkt in der Regel gleichzeitig die Vorlauftemperatur. Die Trinkwassererwärmung wird dann sowohl für den Gesamtenergiebedarf als auch für die Sekundärvorlauftemperatur zur bestimmenden Größe. Die übliche Prognose des Fernwärmelastprofils auf Grundlage der vorhergesagten Außentemperatur wird damit stetig ungenauer und unbrauchbarer. Ein brauchbares Lastmanagement wird in Zukunft nur möglich sein, wenn eine gute Kenntnis zu den Lastprofilen der TWE typischer Liegenschaften eines Quartiers vorhanden ist.

Da die TWE durch ihre diskontinuierliche Fahrweise geprägt ist und eine Beladung des TWW-Speichers nach Anforderung am Einschalttemperaturfühler erfolgt, werden die Beladeleistung, die Beladezeit und die Beladedauer zu wichtigen Analyseparametern. Besonders bei Quartieren mit homogener Liegenschaftsstruktur (z. B. einheitliche Wohnbebauung) werden sich an ähnlichen Tageszeiten bei ähnlichen Beladedauern Lastspitzen ergeben, die vom Versorger abzudecken sind.

Die angestrebte Lastverschiebung und Glättung von Lastspitzen, für den sich der Prozess der TWE durch ebendiese diskontinuierliche Fahrweise besonders eignet, wird erst bei guter Kenntnis der TWE-Lasten möglich sein. Sind die typische Startzeit und Dauer der Beladungen bekannt, dann ist eine vom Versorger gesteuerte, lastoptimierte Beladung der TWW-Speicher in den einzelnen Liegenschaften vorstellbar. Überdies sind die Wirkungen auf die Rücklauftemperatur und die Grädigkeiten an den Wärmeübertragern wichtige Zusatzinformationen für die Ableitung des iHAST-Einspar- und Lastmanagementpotenzials.

4 Rechtsgrundlagen der Digitalisierung von Hausstationen

4.1 Erfassung des Wärmeverbrauchs

4.1.1 Rechtsgrundlagen

Die Menge der bereitgestellten Fernwärme wird in Deutschland seit vielen Jahren durch Messeinrichtungen erfasst, und zwar auf Grundlage der AVBFernwärmeV sowie der HeizkostenV. Beide Rechtsverordnungen traten in den achtziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts in Kraft.

Die AVBFernwärmeV regelt die Vertragsbeziehung zwischen dem Fernwärmeversorgungsunternehmen und dem Kunden (§ 1 AVBFernwärmeV). Kunde ist im praktischen Regelfall der Eigentümer des Gebäudes. Im Fall der Drittnutzung von Mehrfamilienhäusern (Vermietung, Wohnungseigentum) ist folglich der Vermieter bzw. die Wohnungseigentümergeinschaft Vertragspartner. Darüber hinaus kann der Fernwärmeversorgungsvertrag mit dem Nutzer der Wohneinheit geschlossen werden (häufig als „Mieterdirektvertrag“ bezeichnet¹⁷). Dann ist der Wohnungsnutzer Partner des Fernwärmeversorgungsvertrags, also der Mieter oder der Wohnungseigentümer.

Nach § 18 Abs. 1 S. 2 AVBFernwärmeV ist die dem Kunden bereitgestellte Wärmemenge durch Messung festzustellen. Messung meint die physikalische Erfassung der Wärmemenge durch Wärmemengenzähler. Dies setzt die Erfassung der Wassermenge sowie die Ermittlung der Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf voraus.¹⁸ Die Bestimmung regelt nicht eigens, wo der Wärmemengenzähler zu installieren ist. Die Rechtspraxis geht davon aus, dass dies an einer geeigneten Stelle in der Hausstation zu erfolgen hat.¹⁹

Von diesem Prinzip abweichend regelt die AVBFernwärmeV einige Ausnahmefälle. Ein praktisch wichtiger Ausnahmefall ist § 18 Abs. 1 S. 4 Nr. 1 AVBFernwärmeV. Danach kann der anteilige Wärmeverbrauch mehrerer Kunden, die über ein und denselben Hausanschluss

¹⁷ Fricke, CuR 2017, S. 42 (45).

¹⁸ AGFW, Fachbuch Wärmemessung und Wärmeabrechnung, 4. Aufl. 2014, S. 29; Fricke, CuR 2017, S. 42 (46).

¹⁹ Fricke, CuR 2017, S. 42 (46); v. Hesler, ET 1/1986, S. 70 (72).

versorgt werden, durch Heizkostenverteiler erfasst werden. Damit sind insbesondere Fälle der Mieterdirektabrechnung gemeint. In diesen Fällen befinden sich nämlich mehrere Kunden (Mieter, Wohnungseigentümer) im Gebäude, das über denselben Hausanschluss versorgt wird.²⁰ Ungeachtet dessen ist es zulässig, wenn auch der Verbrauch der Nutzer durch Wärmemengenzähler ermittelt wird.

Mit den Regelungen der AVBFernwärmeV korrespondieren die Regelungen der HeizkostenV. Dies wird eigens durch § 18 Abs. 7 AVBFernwärmeV betont, der die Verknüpfung von AVBFernwärmeV und HeizkostenV klarstellt.²¹ Die Regelungen der HeizkostenV befassen sich mit der Verteilung des Gesamtwärmeverbrauchs des Gebäudes auf die einzelnen Nutzer der Wohneinheiten. Wird ein Gebäude mit Wärme versorgt, muss die auf Grundlage des § 18 AVBFernwärmeV erfasste Wärmemenge des Gebäudes auf die Nutzer verteilt werden. Dies erfolgt nach § 5 HeizkostenV durch Wärmehähler oder Heizkostenverteiler. Für die Heizkostenverteilung ist im Normalfall der Gebäudeeigentümer zuständig. Das gilt sowohl für den Fall der hier nicht interessierenden Eigenerzeugung der Wärme (§ 1 Abs. 1 Nr. 1 HeizkostenV) als auch für den hier zu untersuchenden Fall des Bezugs von Wärme bei einem Wärmelieferanten (Fernwärme, Wärme-Contracting) nach § 1 Abs. 1 Nr. 2 HeizkostenV.²² Auf Grundlage des § 1 Abs. 3 HeizkostenV ist der Wärmelieferant ausnahmsweise an Stelle des Gebäudeeigentümers zuständig, wenn er direkt mit den Nutzern abrechnet – also den Wärmeliefervertrag geschlossen hat – und hierbei den Anteil der Nutzer am Gesamtverbrauch zu Grunde legt, also den Verbrauch der Nutzer nicht durch Wärmemengenzähler misst, sondern durch Heizkostenverteiler ermittelt.²³

Zusammenfassend ergibt sich folgende Konstellation in der Verbrauchserfassung. Die vom Gebäude bezogene Wärmemenge wird auf Grundlage des § 18 Abs. 1 S. 2 AVBFernwärmeV durch in der Hausstation installierte Wärmemengenzähler erfasst. Der Wärmeverbrauch der einzelnen Wohnung wird entweder ebenfalls durch Wärmemengenzähler oder durch Heizkostenverteiler – letzteres ist der derzeitige Normalfall – erfasst. Rechtsgrundlage hierfür ist je nach Fallgestaltung entweder die AVBFernwärmeV oder die HeizkostenV.

²⁰ Fricke, CuR 2017, S. 42 (47).

²¹ Fricke, CuR 2017, S. 42 (45).

²² Fricke, CuR 2017, S. 42 (44).

²³ Fricke, CuR 2017, S. 42 (44 f.).

Als Hauptaussage kann festgehalten werden, dass die Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme (AVBFernwärmeV) einem rücklaufftemperaturbasierten und netzspitzenbasierten Preismodell nicht entgegensteht

4.1.2 Anforderungen an die Messeinrichtungen

Die technischen Anforderungen an die auf Grundlage des § 18 AVBFernwärmeV zu installierenden Messeinrichtungen ergeben sich aus § 18 Abs. 1 S. 1 AVBFernwärmeV. Danach müssen diese Messeinrichtungen den eichrechtlichen Vorschriften entsprechen. Insbesondere muss sichergestellt werden, dass nur solche Messgeräte verwendet werden, die den technischen Bestimmungen des MessEG und der MessEV genügen (§ 33 MessEG) und dass nur solche Geräte verwendet werden dürfen, die geeicht sind (§ 37 MessEG).

Darüber hinaus gibt es keine weiteren Regelungen in Bezug auf Messeinrichtungen zur Erfassung des Wärmeverbrauchs. Insbesondere gibt es keine Bestimmung, die die Fernübertragung der Daten von der Messeinrichtung zu einem berechtigten Empfänger der Messwerte (Fernwärmerversorgungsunternehmen; Messdienstleistungsunternehmen) regeln, geschweige denn anordnen.

Nichts anderes ergibt sich nach dem MsbG. Dieses Gesetz regelt die Mindestanforderungen an sogenannte intelligente Messsysteme. Solche intelligenten Messsysteme müssen nach § 21 MsbG unter anderem die Visualisierung des Verbrauchsverhaltens des Letztverbrauchers ermöglichen - insbesondere historische tages-, wochen-, monats- und jahresbezogene Energieverbrauchswerte aufzeigen, - 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, dass diese nur die Einbindung in ein Smart-Meter-Gateway ermöglichen müssen. Entscheidend ist jedoch, dass das MsbG nur die leitungsgebundenen Energieversorgung (§ 1 Nr. 1 MsbG) betrifft.²⁴ Unter leitungsgebundener Energieversorgung ist nach dem Vorbild des § 1 EnWG die leitungsgebundene Versorgung mit Strom und Gas gemeint. Damit gilt das MsbG nicht für die Erfassung des Wärmeverbrauchs.

²⁴ Fricke, Digitalisierung in Fernwärmesystemen, S. 53 (57 f.), in: Gundel/Lange, Herausforderungen und Problem der Digitalisierung der Energiewirtschaft, 2017.

Folgerichtig betrifft das MsbG Wärmemesseinrichtungen nur am Rande. Das gilt zum einen für Bündelangebote nach § 6 Abs. 1 MsbG. 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.²⁵ Das gilt zum anderen für die Anforderungen an intelligente Messsysteme, die unter anderem einen gesicherten Empfang von Messwerten von Wärmehäzählern (§ 21 Abs. 1 Nr. 3 lit. c MsbG) ermöglichen müssen.

Beide Regelungen setzen aber voraus, dass der Messstellenbetreiber berechtigt ist, die Wärmemenge zu erfassen. Dies bestimmt sich wiederum nach § 18 Abs. 4 AVBFernwärmeV. Danach ist das Fernwärmeversorgungsunternehmen für die einwandfreie Messung der Wärme verantwortlich.²⁶ Im Ergebnis ist die Messung der Fernwärme nicht ohne und nicht gegen den Willen des Fernwärmeversorgungsunternehmens durch einen Dritten zulässig. Mit anderen Worten: Das Fernwärmeversorgungsunternehmen ist Treiber der Digitalisierung des Fernwärmesektors.²⁷

In der Praxis ist es nach wie vor zulässig und üblich, dass die Messwerte der Wärmemengenzähler und HeizkostenV vom Fernwärmeversorgungsunternehmen und dem Messdienstleistungsunternehmen manuell abgelesen werden. Das erfordert den Zutritt einer berechtigten Person zu den in den Gebäuden installierten Geräten. Unabhängig davon sind die marktgängigen Wärmemengenzähler bereits jetzt so konzipiert, dass sie eine Fernübertragung der Messwerte ermöglichen. Die entscheidende technisch-wirtschaftliche Frage ergibt sich vielmehr daraus, wie die (digital) erfassten Messwerte vom Wärmemengenzähler zum berechtigten Adressaten (Fernwärmeversorgungsunternehmen; Messdienstleister) gelangen.

4.1.3 Neuregelung in Umsetzung der Energieeffizienz-Richtlinie

Allerdings sind in naher Zukunft in Umsetzung europäischer Richtlinien Änderungen der fernwärmespezifischen Messregelungen zu erwarten. So regelt die Energieeffizienz-Richtlinie (Richtlinie (EU) 2018/2002) neue Anforderungen an die Erfassung des

²⁵ Vgl. Fricke, Digitalisierung in Fernwärmesystemen, S. 53 (58), in: Gundel/Lange, Herausforderungen und Problem der Digitalisierung der Energiewirtschaft, 2017.

²⁶ Fricke, Digitalisierung in Fernwärmesystemen, S. 53 (59), in: Gundel/Lange, Herausforderungen und Problem der Digitalisierung der Energiewirtschaft, 2017; Witzel/Topp, 2. Aufl. 1997, AVBFernwärmeV, S. 159.

²⁷ Fricke, Digitalisierung in Fernwärmesystemen, S. 53 (60), in: Gundel/Lange, Herausforderungen und Problem der Digitalisierung der Energiewirtschaft, 2017.

Gesamtwärmeverbrauchs eines Gebäudes (Art. 9a), die gebäudeinterne Verteilung dieses Gesamtverbrauchs auf die einzelnen Nutzer (Art. 9b) sowie die Verwendung fernauslesbarer Messeinrichtungen (Art. 9c). Die Richtlinie ist in Bezug auf diese messtechnischen Anforderungen bis zum 25. Oktober 2020 in deutsches Recht umzusetzen (Art. 2 Abs. 1 UAbs. 2 Energieeffizienzrichtlinie).

Auf Grundlage des Art. 9c Abs. 1 Energieeffizienzrichtlinie müssen neue installierte Zähler und Heizkostenverteiler nach dem 25. Oktober 2020 fernablesbar sein. Die vormalige Fassung der Energieeffizienzrichtlinie enthält diesbezüglich noch keine Vorgaben. Die Regelung definiert nicht eigens, was fernauslesbare Geräte sind. Allerdings ergibt sich aus Erwägungsgrund 33 S. 3 der Richtlinie, dass fernauslesbare Geräte alle solche Geräte sind, die abgelesen werden können, ohne dass ein Zutritt zu den Wohnungen bzw. Gebäudeeinheiten erforderlich ist. Mit dieser Mindestanforderung soll unter anderem der Nebenzweck erfüllt werden, dass die Nutzer nicht mehr vor Ort bleiben müssen, um Zugang zu den im Gebäude installierten Geräten zu gewähren. Den Mitgliedstaaten bleibt es vorbehalten zu entscheiden, ob Messgeräte, die im Vorübergehen („walk by/drive by“) abgelesen werden können, als fernauslesbare Geräte gelten (Erwägungsgrund 33 S. 2 EED). Zu bedenken ist, dass für sämtliche Messgeräte, die in Umsetzung des Art. 9c EED als fernablesbar gelten, zwingend die gesteigerten Informationspflichten des Art. 10a Abs. 1 EED in Verbindung mit Anhang VIIa Nr. 2 gelten. Danach sind die Werte von fernauslesbaren Messgeräte mindestens zweimal im Jahr, ab dem Jahr 2022 sogar monatlich zur Verfügung zu stellen. Dies bedeutet, dass die Fernwärmeversorgungsunternehmen bei walk-by/drive-by-Lösungen sicherstellen müssen, dass sie Daten vom Fernwärmeversorgungsunternehmen monatlich auslesen können.

Die Verpflichtung gilt für alle an einem Messpunkt neu installierten Geräte. Dies betrifft zum einen die erstmalige Ausstattung eines neuen Messpunkts, zum anderen den aus welchen Gründen auch immer anstehenden Austausch eines vorhandenen Geräts. Nicht erforderlich ist es, ein fabrikneues fernauslesbares Gerät einzubauen. Es ist auch denkbar, dass bereits gebrauchte Geräte installiert werden. Entscheidend ist, dass sie für die Fernauslesbarkeit geeignet sind.

Darüber hinaus bestimmt Art. 9c Abs. 2 Energieeffizienzrichtlinie, dass bereits installierte, nicht fernablesbare Zähler und Heizkostenverteiler bis zum 1. Januar 2027 mit dieser Funktion nachgerüstet oder durch fernablesbare Geräte ersetzt werden müssen, es sei denn, der betreffende Mitgliedstaat weist nach, dass dies nicht kosteneffizient ist. Bereits installierte Wärmemengenzähler müssen also ab dem 1. Januar 2027 fernauslesbar sein. Diese Pflicht wurde mit Rücksicht auf die technisch-wirtschaftlicher Lebensdauer von bereits installierten Geräten besonders lang in die Zukunft verschoben. Umgekehrt sollen mit

Rücksicht auf den langen Übergangszeitraum im Grundsatz alle Geräte nach dem 1. Januar 2027 fernauslesbar sein.

Diese Bestimmung steht nur ausnahmsweise unter dem Vorbehalt, dass die Kosten der Installation fernauslesbarer Zähler in keinem Verhältnis zum Nutzen der durch die Installation von (fernauslesbaren) Messgeräten zu erwartenden Energieeinsparungen stehen. Wegen der langen Übergangsfrist stellt die Entwertung bereits installierter Geräte kein Rechtfertigungsgrund dar. Ein anerkannter Rechtfertigungsgrund ist hingegen die technische Unmöglichkeit der Fernauslesbarkeit wegen Abschirmeffekten der Gebäude.

Nach Art. 10a Abs. 2 UAbs. 1 lit. e Energieeffizienz-Richtlinie müssen die Mitgliedstaaten in Umsetzung der neuen wärmespezifischen Mess- und Abrechnungsregelungen die Cybersicherheit fördern und für den Schutz der Privatsphäre und der Daten der Endnutzer im Einklang mit dem geltenden Unionsrecht sorgen. Die Bestimmung appelliert daran, dass in Einklang mit dem geltenden Unionsrecht die Cybersicherheit und der Schutz der Privatsphäre hinsichtlich der Daten der Endnutzer gewährt werden. Diesem Anliegen widmet sich bereits die DSGVO. Die Bestimmung führt also keine zusätzlichen Verpflichtungen ein.

4.1.4 Empfehlungen für die Digitalisierung von Hausstation

Vor den beschriebenen Hintergründen stehen die Fernwärmeversorgungsunternehmen nun vor der strategischen Entscheidung, wie sie ihr zukünftiges Kommunikationssystem zur Übertragung der Messwerte aufbauen. Hierzu ist einmal denkbar, dass sie die Wärmemengenzähler in einen Smart-Meter-Gateway einbinden, das ohnehin unter den Voraussetzungen des MsbG für die Erfassung des Stromverbrauchs zu errichten ist. Darüber hinaus ist es möglich, dass sie ein davon getrenntes Kommunikationssystem aufbauen, das jedenfalls die Fernauslesbarkeit der Messwerte im Sinne des Art. 9c Energieeffizienz-Richtlinie ermöglicht. Die Entscheidung hängt maßgeblich von der technischen Machbarkeit und der Wirtschaftlichkeit ab. Rechtlich zulässig sind nach dem derzeitigen Stand der Dinge beide Varianten.

Es kann festgehalten werden, dass die Anreize für eine technische Optimierung des Wärmebezugs durch eine Vorlauf-Rücklauf-Temperaturabsenkung und/oder einer netzspitzenbasierten Optimierung zur Lastspitzenverschiebung als Bonussystem für die versorgten Kunden, Leistungspreisanreiz ohne Veränderung des vertraglich definierten Anschlusswertes (AW) und die zeitliche Flexibilität zur technischen Reduzierung des Gleichzeitigkeitsfaktors in einem rechtskonformen Umfeld für die digitalisierten Hausstationen erfolgen.

4.2 Fernsteuerung der Hausstation durch das Fernwärmeversorgungsunternehmen

4.2.1 Ausgangslage

Zur technisch-wirtschaftlichen Optimierung des Fernwärmesystems ist es sinnvoll, dass das Fernwärmeversorgungsunternehmen die in der Hausstation und Kundenanlage installierten Regeleinrichtungen im Wege der Fernkommunikation steuert. Dabei kann es u. U. auch zu vorübergehender Unter- oder Überversorgung kommen. Die AVBFernwärmeV enthält hierfür zwar keine expliziten Regelungen. Aus einer Analyse verschiedener Regelungen der Verordnung kann aber folgender Befund abgeleitet werden.

4.2.2 Deckung des Wärmebedarfs (§ 5 AVBFernwärmeV)

Das Fernwärmeversorgungsunternehmen ist gem. § 5 Abs. 1 S. 1 AVBFernwärmeV im Ausgangspunkt verpflichtet, Wärme im vereinbarten Umfang jederzeit zur Verfügung zu stellen. Von diesem Prinzip sind Ausnahmen möglich. Dies betrifft insbesondere zeitliche Beschränkungen, die vertraglich vereinbart sind (§ 5 Abs. 1 S. 2 Nr. 1 AVBFernwärmeV). Aus beiden Normen wird ersichtlich, dass die Wärmebedarfsdeckungspflicht des Fernwärmeversorgungsunternehmens in hohem Maße von der vertraglichen Vereinbarung abhängt.

Dies beruht auf den besonderen Eigenheiten der Wärmeversorgung, nämlich einerseits auf dem Wärmebedarf des Kunden und andererseits auf den physikalischen Eigenschaften des Wärmeträgers als Wärmespeicher und den Eigenschaften der Gebäudehülle als Trennschicht zwischen Raumwärme und Außentemperatur. Der Kunde benötigt Wärme zur Deckung elementarer menschlicher Bedürfnisse, nämlich Raumwärme zum Schutz vor Kälte und Warmwasser für die tägliche Körperhygiene. Der Umfang des Raumwärmebedarfs hängt zum einen von den jahreszeitlich bedingten und wetterbedingten Außentemperaturen, zum anderen von subjektiven Wünschen des Kunden in Bezug auf die von ihm als angenehm empfundene Raumtemperatur ab. Zur Deckung des Warmwasserbedarfs muss das Warmwasser im Normalfall – abgesehen von den Anforderungen an den Legionellenschutz gem. § 14 Abs. 3 TrinkwV²⁸ – eine Temperatur aufweisen, die das Wasser zur Körperpflege nutzbar macht, also weder zu kalt noch zu heiß (Verbrühungsgefahr) ist.

²⁸ Dazu Fricke, in Hempel/Franke, Recht der Energie- und Wasserversorgung, 128. EL – August 2016, § 12 AVBFernwärmeV Rn. 15.

Letztlich kommt es entscheidend darauf an, dass die über die Fernwärmeversorgung bezogene Wärmemenge es ermöglicht, das benötigte Niveau der Raumwärmemetemperatur und der Warmwassertemperatur aufrecht zu erhalten.

Vor diesem Hintergrund lässt § 5 Abs. 1 S. 2 Nr. 1 AVBFernwärmeV vereinbarte zeitliche Beschränkungen zu. Schulbeispiel sind Nachtabsenkungen.²⁹ Dies beruht auf der Überlegung, dass zu dieser Zeit der Raumwärmebedarf geringer ist, weil sich die Bewohner nicht in den Wohnräumen aufhalten, sondern schlafen. Ein weiteres klassisches Beispiel sind Sommerabschaltungen,³⁰ weil wegen der warmen Außentemperaturen zur Sommerzeit kein Raumwärmebedarf besteht. Darüber hinaus ermöglicht die Anknüpfung des § 5 Abs. 1 S. 1 AVBFernwärmeV an den vereinbarten Umfang eine gleitende Fahrweise des Fernwärmesystems, die von der Außentemperatur abhängig ist. Dies beruht darauf, dass je höher die Außentemperatur ist, desto geringer die Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Raumtemperatur ist und folglich eine geringere Wärmemenge bereitgestellt werden muss, um das benötigte Niveau der Raumtemperatur aufrechtzuerhalten.

Darüber hinaus bestimmt § 5 Abs. 3 S. 1 AVBFernwärmeV, dass der Kunde bei einer nicht nur für kurze Dauer beabsichtigten Unterbrechung der Versorgung zu unterrichten ist. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass eine solche Informationspflicht dann nicht besteht, wenn die Unterbrechung nur kurzfristig ist. Was kurzfristig ist, wird nicht eigens definiert. Allerdings geht die Rechtslehre davon aus, dass ein Zeitraum jedenfalls dann kurzfristig ist, wenn keine Auskühlung der Gebäude zu erwarten ist.³¹ Daraus wird ersichtlich, dass der Kunde kein Informationsbedürfnis hat, wenn die Unterbrechung der Fernwärmeversorgung gar nicht spürbar ist.

Im Ergebnis bedeutet dies, dass die Fernwärmeversorgung so beschaffen sein muss, dass der Kunde seinen Raumwärme- und Warmwasserbedarf decken kann. Dies hängt zum einen von der vertraglichen Vereinbarung ab. Wird eine Fernsteuerung der Regeleinrichtungen beabsichtigt, so empfiehlt es sich, die Voraussetzungen und die zu erwartenden Auswirkungen eigens vertraglich zu regeln, z. B. in den Technischen Anschlussbedingungen. Zum anderen ergibt sich aus der Gesamtschau des § 5 AVBFernwärmeV, dass die

²⁹ Fricke, in Hempel/Franke, Recht der Energie- und Wasserversorgung, 116. EL – Mai 2014, § 5 AVBFernwärmeV Rn. 12; Witzel/Topp, AVBFernwärmeV, 2. Aufl. 1997, S. 83.

³⁰ Fricke, in Hempel/Franke, Recht der Energie- und Wasserversorgung, 116. EL – Mai 2014, § 5 AVBFernwärmeV Rn. 12; Witzel/Topp, AVBFernwärmeV, 2. Aufl. 1997, S. 83.

³¹ Fricke, in Hempel/Franke, Recht der Energie- und Wasserversorgung, 116. EL – Mai 2014, § 5 AVBFernwärmeV Rn. 25; Witzel/Topp, AVBFernwärmeV, 2. Aufl. 1997, S. 84.

bereitgestellte Wärme so beschaffen sein muss, dass das vom Kunden bestellte Raum- und Warmwassertemperaturniveau gehalten werden kann. Unter dieser Prämisse sind auch kurzfristige, durch die Fernsteuerung der Regeleinrichtung bedingte Unterschreitungen zulässig, solange dies nicht zu einer für den Kunden spürbaren Absenkung des Temperaturniveaus führt.

4.2.3 Zugriff auf die Mess- und Regeleinrichtungen

Zudem ist die Frage zu beantworten, ob das Fernwärmeversorgungsunternehmen auf die Mess- und Regeleinrichtung überhaupt zugreifen darf, sofern sie sich in der Kundenanlage befinden. Unter Kundenanlage ist nach § 12 Abs. 1 AVBFernwärmeV der Teil der (Wärmeversorgungs-)Anlage zu verstehen, der hinter dem Hausanschluss liegt. Dies ist nach einer Faustformel der Gebäudekreislauf der Wärmeversorgung. Was „hinter dem Hausanschluss“ liegt, ergibt sich aus § 10 Abs. 1 S. 2 AVBFernwärmeV: Danach endet der Hausanschluss an der Übergabestelle.³² Die Übergabestelle ergibt sich wiederum aus der vertraglich definierten Abgrenzung der Verantwortungsbereiche von Fernwärmeversorgungsunternehmen einerseits und Kunde andererseits. In der Praxis liegt die Übergabestelle zumeist an einer näher definierten Stelle innerhalb der Hausstation.³³ Soweit Mess- und Regeleinrichtungen hinter dieser Übergabestelle installiert sind, befinden sie sich definitionsgemäß in der Kundenanlage.

Für die Kundenanlage ist gem. § 12 Abs. 1 S. 1 AVBFernwärmeV im Grundfall der Anschlussnehmer zuständig. Das ist, sofern wie im Regelfall Anschluss- und Versorgungsvertrag einheitlich und vom selben Vertragspartner geschlossen werden, zugleich der Kunde. Allerdings regelt die Vorschrift abweichend davon eine Ausnahme: Für die eigenen Mess- und Regeleinrichtungen bleibt das Fernwärmeversorgungsunternehmen stets verantwortlich, selbst wenn sie innerhalb der Kundenanlage installiert werden.³⁴ Regeleinrichtungen sind sämtliche Geräte, die der Angleichung der physikalischen Parameter des Wärmeträgers an die Sollwerte dienen; dazu gehören insbesondere

³² Fricke, in Hempel/Franke, Recht der Energie- und Wasserversorgung, 128. EL – August 2016, § 12 AVBFernwärmeV Rn. 3.

³³ Fricke, in Hempel/Franke, Recht der Energie- und Wasserversorgung, 123. EL – August 2015, § 10 AVBFernwärmeV Rn. 9.

³⁴ Fricke, in Hempel/Franke, Recht der Energie- und Wasserversorgung, 128. EL – August 2016, § 12 AVBFernwärmeV Rn. 11.

Temperaturregler und Druckminderer.³⁵ Das bedeutet, dass letztlich das Fernwärmeversorgungsunternehmen, gleich, wo diese Einrichtungen installiert sind, für diese zuständig ist. Die Verantwortlichkeit erfasst nach der Aufzählung die Errichtung, die Erweiterung, Änderung und Unterhaltung der Einrichtungen. Dies impliziert, dass das Fernwärmeversorgungsunternehmen auch die Steuerung der Regeleinrichtungen übernehmen kann.

Im Ergebnis ergibt sich daraus, dass das Fernwärmeversorgungsunternehmen befugt ist, auf die Mess- und Regeleinrichtungen zuzugreifen. Dies gilt sowohl für eine manuelle Steuerung vor Ort als auch für eine Fernsteuerung. Entscheidend ist, dass die Steuerung der Regeleinrichtungen so erfolgt, dass der Kunde seinen Wärmebedarf im vereinbarten Umfang decken kann.

4.3 Preismodelle als Anreiz für eine technische Optimierung des Wärmebezugs

4.3.1 Ausgangslage

Zu untersuchen ist, ob Fernwärmeversorgungsverträge durch Vereinbarung bestimmter Preismodelle einen wirtschaftlichen Anreiz dafür setzen dürfen, dass der Kunde die über das Fernwärmesystem bereitgestellte Wärmemenge optimal ausnutzt. Als vielversprechend gilt hierbei ein Preissystem, das an die Rücklauftemperatur des Wärmeträgers ansetzt, den der Kunde an das Fernwärmesystem zurückgibt und /oder einer netzspitzenbasierten Optimierung zur Lastspitzenverschiebung als Bonussystem für die versorgten Kunden, Leistungspreisanreiz ohne Veränderung des vertraglich definierten Anschlusswertes (AW) und die zeitliche Flexibilität zur technischen Reduzierung des Gleichzeitigkeitsfaktors in einem rechtskonformen Umfeld für die digitalisierten Hausstationen ist dabei der Grundgedanke. Danach ist der Wärmepreis (meist Arbeitspreis) umso geringer, desto geringer die Rücklauftemperatur des Wärmeträgers bzw. eine optimierte Lastspitzenverschiebung vorhanden ist.

Zu erinnern ist hierbei zunächst an die allgemeinen Grundsätze der Vertragsfreiheit. Danach obliegen die Vereinbarung der Leistung (hier: Umfang der Wärmebereitstellung) und der Gegenleistung (hier: Wärmepreis) der freien Vereinbarung der Vertragspartner. Eine

³⁵ Fricke, in Hempel/Franke, Recht der Energie- und Wasserversorgung, 128. EL – August 2016, § 12 AVBFernwärmeV Rn. 12.

rechtliche Kontrolle dieser Vereinbarung ist nur unter engen Ausnahmen zulässig. Auf zu erwartende Einwendungen soll im Folgenden eingegangen werden.

Unabhängig davon ist unabdingbar, dass die Gegenleistung hinreichend bestimmt ist, damit der Vertragspartner ersehen kann, unter welchen Voraussetzungen er welche Gegenleistung schuldet. Bezogen auf die rücklaufftemperaturbezogene Vergütung setzt dies voraus, dass vertraglich genau bestimmt ist – entweder im Hauptvertrag selbst oder im in den Hauptvertrag einbezogenen Preisblatt – bei welcher Rücklaufftemperatur welcher Preis gilt. Dazu empfiehlt es sich, genau festzulegen, in welchen Spektren der Rücklaufftemperaturen welcher Preis gilt. Hierbei kann sich am Vorbild der Staffel- und Zonenpreise orientiert werden, die definieren, in welchem Leistungs- oder Mengenspektrum ein bestimmter Leistungs- oder Arbeitspreis zu zahlen ist.

4.3.2 Anforderungen der AVBFernwärmeV

Die AVBFernwärmeV regelt, dass der Energieverbrauch abzurechnen (§ 24 Abs. 1 AVBFernwärmeV) und dass das verbrauchsabhängige Entgelt durch eichrechtskompatible Messeinrichtungen zu ermitteln ist (§ 18 Abs. 1 S. 1 AVBFernwärmeV). Daraus ergibt sich die Schlussfolgerung, dass ein verbrauchsabhängiges Entgelt (in der Praxis zumeist als Arbeitspreis bezeichnet) Teil des Wärmepreises sein muss. Für ein rücklaufftemperaturbasiertes Preismodell bedeutet dies, dass der Wärmemengenzähler in der Lage sein muss, die jeweils erfasste Wärmemenge dem jeweiligen preisrelevanten Rücklaufftemperaturspektrum zuzuordnen.

Darüber hinaus enthält die AVBFernwärmeV keine näheren Vorgaben zur Gestaltung des Wärmepreissystems. Insbesondere enthält die Verordnung keine Pflicht, zur Bildung allgemeiner oder standardisierter Preise. Damit obliegt es den Vertragspartnern, im Wege der Vertragsfreiheit Preismodelle zu vereinbaren. Rechtlich zulässig wäre sogar der Fall, dass mit jedem Kunden ein individueller Preis verhandelt und vereinbart wird.³⁶ Ob dies wegen des hohen Transaktionsaufwands sinnvoll ist, ist allein eine wirtschaftliche Frage.

Vor diesem Hintergrund steht die AVBFernwärmeV einem rücklaufftemperaturbasierten Preismodell nicht entgegen. In der Vertragspraxis sind Preismodelle schon seit langem bekannt, die nach der Höhe der vom Kunden bezogenen Wärmemenge bzw. der für ihn

³⁶ Fricke, Digitalisierung in Fernwärmesystemen, S. 53 (61), in: Gundel/Lange, Herausforderungen und Problem der Digitalisierung der Energiewirtschaft, 2017; Fricke, in Hempel/Franke, Recht der Energie- und Wasserversorgung, 116. EL – Mai 2014, § 24 AVBFernwärmeV Rn. 57.

vorgehaltenen Anschlussleistung differenzieren (sog. Preisstaffel- und Preiszonenmodelle). In jüngster Zeit wird darüber nachgedacht, Preise nach der Länge der Vertragslaufzeit zu differenzieren. Solche Preisdifferenzierungen können als Vorbild dienen.

4.3.3 AGB-Recht: Preishaupt- und Preisnebenabreden

Nach allgemeinen vertragsrechtlichen Grundsätzen unterliegen vom Vertragspartner vorformulierte und gestellte Vertragsbedingungen (sog. Allgemeine Geschäftsbedingungen; im Zusammenhang mit der Energieversorgung auch Allgemeine Versorgungsbedingungen genannt) der rechtlichen Inhaltskontrolle. Hierbei kommt es insbesondere darauf an, ob die in den Vertrag eingebrachten Bedingungen angemessen sind (§ 307 BGB). Rechtspolitischer Grund hierfür ist, dass die Allgemeinen Geschäftsbedingungen wegen des hohen Transaktionsaufwand vom Vertragspartner in aller Regel nicht geprüft und beeinflusst werden können. Für die Fernwärmeversorgung hat der Gesetzgeber mit der AVBFernwärmeV ein eigenständiges, den besonderen Bedingung der Fernwärme angepasste Regelwerk geschaffen. Diese Verordnung hat als spezielles Gesetz (*lex specialis*) Anwendungsvorrang vor dem allgemeinen AGB-Recht (§§ 305 ff. BGB).³⁷ Das allgemeine AGB-Recht gilt nur, aber immer dann, wenn die AVBFernwärmeV nichts Besonderes regelt.³⁸

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob ein vom Fernwärmeversorgungsunternehmen vorformuliertes rücklauftemperatur bzw. netzspitzenbasiertes Preismodell bzw. ein AGB-rechtskonform ist. Unter der Prämisse, dass die AVBFernwärmeV nichts Besonderes regelt (siehe 3.2), kommt ein Rückgriff auf das AGB-Recht möglicherweise in Betracht. Allerdings setzt die Anwendung des AGB-Rechts voraus, dass es sich hierbei nicht um Preise handelt. Dies ergibt sich aus dem Umkehrschluss zu § 307 Abs. 3 BGB.³⁹ Denn die Richtigkeit der Preise soll nach dem Prinzip der freien Preisbildung nicht rechtlich beurteilt werden, sondern soll sich aus dem Wirken des Wettbewerbs ergeben. Preisabreden

³⁷ BGH NJW 1987, 1622 (1622); BGH NJW 2010, 2789 (2791); Fricke, in Hempel/Franke, Recht der Energie- und Wasserversorgung, 116. EL – Mai 2014, Einführung AVBFernwärmeV Rn. 27.

³⁸ Fricke, in Hempel/Franke, Recht der Energie- und Wasserversorgung, 116. EL – Mai 2014, Einführung AVBFernwärmeV Rn. 35.

³⁹ BT-Drucks. 7/3919, S. 22.

unterliegen daher nicht der AGB-rechtlichen Inhaltskontrolle, selbst wenn sie vorformuliert sind.⁴⁰

Hingegen sollen solche preisrelevanten Bedingungen gleichwohl AGB-rechtlich überprüft werden können, die neben die eigentliche Preisvereinbarung treten. Solche Preisnebenabreden haben lediglich mittelbare Auswirkung auf Preis und Leistung. An ihre Stelle kann aber, wenn eine wirksame vertragliche Abrede fehlt, dispositives Recht treten.⁴¹

Es fällt nicht immer leicht, die freie Preisvereinbarung (Preishauptabrede) eindeutig von den Preisnebenabreden abzugrenzen. Der Rechtsprechung zufolge liegt eine Preisnebenabrede schon bereits dann vor, wenn eine Preismodifikation neben eine bereits bestehende Preishauptabrede tritt.⁴² Dabei besteht eine gewisse argumentative Neigung, Preisvereinbarungen als Preisnebenabreden einzustufen, um auf diese Weise eine Kontrollfähigkeit zu bewirken. Ein für die Versorgungswirtschaft wichtiges Beispiel ist die Vereinbarung einer Preisänderungsklausel. Soll ein bei Vertragsbeginn vereinbarter und bezifferter Preis auf Grundlage einer Preisänderungsklausel geändert werden, so handelt es sich zwar bei dem bei Vertragsbeginn vereinbarten Preis um eine nicht kontrollfähige Preishauptabrede, nicht aber bei der Preisänderungsklausel.⁴³ Diese unterliegt der AGB-rechtlichen Kontrolle.

Vor diesem Hintergrund sollten rücklaufftemperatur- bzw. netzspitzenbasierte Preismodelle durch eine eindeutige Regelung im Zusammenhang mit den übrigen Preisbestandteilen klarstellen, dass unter den Voraussetzungen eines genau bestimmten Temperaturspektrums stets ein genau bestimmter Preis gilt. Regelungsmodelle, bei denen ein sonst geltender anderweitiger Preis ersetzt wird, sind zu vermeiden.

Soweit gleichwohl angenommen wird, das rücklaufftemperatur- bzw. netzspitzenbasierte Preismodelle Preisnebenabreden sind, unterliegen sie der Inhaltskontrolle. Hierbei kommt es darauf an, ob sie den Vertragspartnern entgegen den Geboten von Treu und Glauben unangemessen benachteiligen (§ 307 Abs. 1 S. 1 BGB). Unangemessen ist eine Benachteiligung, wenn der Verwendung durch einseitige Vertragsgestaltung missbräuchlich

⁴⁰ BGH NJW 2000, 577 (579); BGH NJW 2010, 2789 (2790); vertiefend für Fernwärmepreise Fricke, in Hempel/Franke, Recht der Energie- und Wasserversorgung, 116. EL – Mai 2014, § 24 AVBFernwärmeV Rn. 79.

⁴¹ BGH NJW 2000, 577 (579); BGH NJW 2010, 2789 (2790 f.).

⁴² BGH NJW 2010, 2789 (2790 f.).

⁴³ BGH NJW 2010, 2789 (2791); vertiefend für Fernwärmepreise Fricke, in Hempel/Franke, Recht der Energie- und Wasserversorgung, 116. EL – Mai 2014, § 24 AVBFernwärmeV Rn. 81.

eigene Interessen auf Kosten des Vertragspartners durchzusetzen versucht, ohne von vornherein dessen Belange zu berücksichtigen.⁴⁴ Ein Kunde mag gegen ein rücklauftemperaturbasiertes Preismodell vorbringen, dass er gehalten ist, aufwändige technische Maßnahmen an der eigenen Kundenanlage vorzunehmen, um die Rücklauftemperatur abzusenken bzw. die netzspitzenbasierte Optimierung und auf diese Weise in den Genuss einer günstigeren Preisstufe zu gelangen. Er mag außerdem einwenden, dass die Absenkung der Rücklauftemperatur bzw. die Optimierung der Netzspitzen nur dem Interesse des Fernwärmeversorgungsunternehmens diene, die Versorgung energietechnisch und -wirtschaftlich zu optimieren.

Dem steht gegenüber, dass der Kunde durch das rücklauftemperatur- bzw. netzspitzenbasierte Modell entscheiden kann, ob er entweder Maßnahmen zur Absenkung der Rücklauftemperaturen ergreift und diese durch einen günstigeren Preis honoriert werden oder ob solche Maßnahmen unterlässt und stattdessen einen höheren Preis in Kauf nimmt. Insoweit handelt es sich um einen Kosten-Nutzen-Abwägung, über die der Kunde frei entscheiden kann. Hinzu kommt, dass das Fernwärmesystem eine technische Einheit aus Erzeugung, Verteilung und Kundenanlage bringt. Das bedeutet, dass zwischen allen drei Komponenten eine Wechselwirkung besteht, die Einfluss auf die technische und wirtschaftliche Effizienz des Systems haben. Der Kunde trägt deshalb eine Mitverantwortung für das gesamte Fernwärmesystem. Das kommt etwa in § 15 Abs. 1 AVBFernwärmeV zum Ausdruck, indem der Kunde störende Rückwirkungen auf das Fernwärmesystem zu unterlassen hat. Vor diesem Hintergrund dient die Absenkung der Rücklauftemperaturen und die Optimierung der Netzspitze nicht nur dem Interesse des Fernwärmeversorgungsunternehmens, sondern der Gesamtheit aller angeschlossenen Kunden.

Im Ergebnis ist deshalb ein rücklauftemperatur- bzw. netzspitzenbasiertes Preismodell als angemessen zu bewerten. Mit einem solchen Preismodell setzt ein Fernwärmeversorgungsunternehmen nicht vornehmlich eigene Interessen einseitig durch, sondern er setzt einen Anreiz für eine technische-wirtschaftliche Optimierung, die der Gesamtheit aller Kunden zugutekommt.

⁴⁴ BGH NJW 2005, 1774; BGH NJW 2010, 57.

4.3.4 Kartellrecht

Darüber hinaus stellt sich die Frage, ob ein Preismodell, das nach der Rücklauftemperatur differenziert, mit dem kartellrechtlichen Diskriminierungsverbot vereinbar ist. Dieses Verbot wird aus § 19 GWB abgeleitet.

Die kartellrechtliche Missbrauchskontrolle nach § 19 GWB setzt voraus, dass ein marktbeherrschendes Unternehmen missbräuchlich handelt. Die Kartellrechtspraxis unterstellt seit jeher, dass Fernwärmeversorgungsunternehmen auf einem eigenen Markt tätig sind – dem Fernwärmemarkt – und mangels Wettbewerb in den Fernwärmesystemen marktbeherrschend sind.⁴⁵ Diese These wird der Wirklichkeit jedoch nicht gerecht. So müssen sich Fernwärmeversorgungsunternehmen im umkämpften Wärmemarkt bewähren. Dies bedeutet, dass sie mit ihren Preisen für eine Umrüstung eines Gebäudes von einem anderen Heizsystem auf Wärme werben müssen und dass sie mit wettbewerbsfähigen Preisen einmal gewonnene Kunden halten müssen. Dadurch werden Fernwärmepreise durch den Wettbewerb der Heizsysteme diszipliniert. Diese Ansicht gewinnt in der kartellrechtlichen Literatur zunehmend an Zustimmung.⁴⁶ Setzt sie sich durch, stellt sich schon gar nicht die Frage der Anwendung des Kartellrechts.

Doch selbst unter der Prämisse, dass Fernwärmeversorgungsunternehmen marktbeherrschend sind, ist nicht jede Preisdifferenzierung schlechthin verboten. Vielmehr sind solchen Differenzierungen zulässig, die auf einem sachlichen Grund beruhen.⁴⁷ Anerkannt sind branchenübergreifend seit jeher mengenbasierte Preisdifferenzierungen.⁴⁸ Sie beruhen auf dem Grund, dass die spezifischen Kosten eines Guts mit zunehmender Menge sinken. Darüber hinaus wird in jüngerer Zeit konkret am Beispiel von Fernwärmeversorgungsverträgen diskutiert, ob die Vertragsdauer sachlicher Grund für eine Preisdifferenzierung ist.⁴⁹ Schließlich ist nach der hier vertretenen Auffassung beruht auch ein rücklauftemperatur bzw. netzspitzenbasiertes Preismodell auf einem sachlichen Grund, weil es für den Kunden

⁴⁵ BKartA, Abschlussbericht Sektoruntersuchung Fernwärme, 2012, Rn. 190.

⁴⁶ Büdenbender, Die kartellrechtliche Kontrolle der Fernwärmepreise, 2011, S. 9 ff.; Körber, Drittzugang zu Fernwärmenetzen, 2. Aufl. 2015, S. 59 ff.; Lange, Kartellrechtliche Zulässigkeit der Laufzeiten von Wärmelieferverträgen, 2019, S. 28 ff.; Lange, NZKart 2019, 583 (583); Topp, in Danner/Theobald, Energierecht, EL 101 – Mai 2019, Fernwärmerecht Rn. 77.

⁴⁷ BGH NJW 1996, 2656 (2658).

⁴⁸ BGH NJW 1976, 710 (711); BGH NZKart 2013, 462.

⁴⁹ Fricke, CuR 2018, 148 (149 f.).

einen Anreiz zu systemdienlichen Verhalten setzt, dass die energetische und wirtschaftliche Effizienz des gesamten Fernwärmesystems verbessert.⁵⁰

4.4 Datenschutz und Datensicherheit

Nach Prüfung der Anwendbarkeit der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) im Kontext zu dem Projektinhalt iHAST kann festgehalten werden, dass die gleichen Regelungen und Schutzmechanismen, welche Versorgungsunternehmen bereits jetzt schon für die Daten ihrer Kunden entwickelt haben, gelten.

4.4.1 Anwendbarkeit der DSGVO

Die praktische Umsetzung des iHAST-Projekts durch Fernwärmeversorger kann unter besonderen Umständen unter den sachlichen Anwendungsbereich der DSGVO fallen. Denn nach Art. 2 Abs. 1 DSGVO ist die DSGVO für die ganz oder teilweise automatisierte Verarbeitung personenbezogener Daten sowie für die nichtautomatisierte Verarbeitung personenbezogener Daten, die in einem Dateisystem gespeichert sind oder gespeichert werden sollen anzuwenden.

4.4.1.1 Personenbezogene Daten

Daten sind nach Art. 4 Nr. 1 DSGVO dann personenbezogen, wenn es sich um Informationen handelt, die sich auf eine identifizierte oder identifizierbare natürliche Person (im Folgenden „betroffene Person“) beziehen. Der Begriff der Information ist in diesem Sinne weit zu verstehen, da ein möglichst umfassender Schutz gewährleistet werden soll. Außerdem sagt der Wortlaut der Norm bereits einen wichtigen Punkt aus: es werden nur Informationen natürlicher Personen erfasst, also keine Informationen über juristische Personen des privaten oder öffentlichen Rechts, soweit die Verarbeitung nicht erkennbar vor dem Hintergrund der hinter der juristischen Person stehenden natürlich Person erfolgt.

Als identifizierbar in diesem Sinne wird eine natürliche Person angesehen, die direkt oder indirekt, insbesondere mittels Zuordnung zu einer Kennung wie einem Namen, zu einer Kennnummer, zu Standortdaten, zu einer Online-Kennung oder zu einem oder mehreren besonderen Merkmalen identifiziert werden kann, die Ausdruck der physischen,

⁵⁰ Fricke, Digitalisierung in Fernwärmesystemen, S. 53 (62 f.), in: Gundel/Lange, Herausforderungen und Problem der Digitalisierung der Energiewirtschaft, 2017.

physiologischen, genetischen, psychischen, wirtschaftlichen, kulturellen oder sozialen Identität dieser natürlichen Person sind. Es ist also ein konkreter Bezug zwischen der Information und der natürlichen Person herstellbar ist. Die erste Fallvariante besagt, dass eine Person identifiziert ist, wenn die Information derart einzigartig ist, dass sie eindeutig und objektiv dieser Person zugeordnet werden kann. Als identifizierbar nach Art. 4 Nr. 1 Alt. 2 DSGVO gilt eine Person hingegen bereits, wenn mit Hilfe der Information und durch eine Anzahl weiterer Arbeitsschritte oder durch Zusatzinformationen ein Bezug zu ihr hergestellt werden kann. Der Verbrauch einzelner Zimmer wird mit Mittels Heizkostenverteiler erfasst, ausgelesen, übertragen und gespeichert. Diese einzelnen Verbrauchswerte lassen sich mittels der Zusatzinformation, wer die Räume nutzt natürlichen Personen zuordnen. Solange die Räume von Einzelpersonen genutzt werden stellen diese Daten unproblematisch personenbezogenen Daten i. S. d. DSGVO dar. Schwieriger wird es bei Mehrpersonenhaushalten, bei denen die Verbrauchswerte einzelner Zimmer oder des Hauses ausgelesen wird. Vor dem Hintergrund der möglichen Höhe der Bußgelder die drohen und der Schadensersatzansprüche der betroffenen Person ist sicherheitshalber davon auszugehen, dass es sich bei den gesammelten Verbrauchsdaten um personenbezogene Daten handelt, soweit eine Zuordnung nicht ausgeschlossen werden kann. Somit wären auch solche gesammelten Daten als personenbezogen anzusehen, wenn sie aus einem Mehrpersonenhaushalt stammen. Wenn man jedoch die gesammelten Verbrauchsdaten einer Schule betrachtet so wird man bei einem normalen Klassenzimmer oder bei Gemeinschaftsräumen, selbst mit Zusatzinformationen, keinen Bezug zu einzelnen Schülern oder Lehrern herstellen können. Anders sieht es jedoch aus, wenn man wiederum die Daten des Heizkostenverteilers im Büro des Direktors betrachtet. Nicht personenbezogen nach Art. 4 Nr. 1 DSGVO sind solche Daten, die von einem zentralen Wärmemengenzähler eines Mehrparteiengebäudes stammen, soweit keine Zugriffsmöglichkeit auf die Daten der Heizkostenverteiler der einzelnen Räume besteht.

Diese Beispiele verdeutlichen, dass keine Verallgemeinerung der Anwendbarkeit der DSGVO möglich ist, sondern dass jedes Gebäude individuell betrachtet werden muss und eine Bewertung im Einzelfall zu erfolgen hat.

4.4.1.2 Verarbeitung

Die von Art. 2 DSGVO geforderte Verarbeitung wird in Art. 4 Nr. 2 DSGVO als jedes mit oder ohne Hilfe automatisiertes Verfahren ausgeführten Vorgang oder jede solche Vorgangsreihe im Zusammenhang mit personenbezogenen Daten wie das Erheben, das Erfassen, die Organisation, das Ordnen, die Speicherung, die Anpassung oder Veränderung, das Auslesen, das Abfragen, die Verwendung, die Offenlegung durch Übermittlung, Verbreitung oder eine andere Form der Bereitstellung, den Abgleich oder die Verknüpfung, die

Einschränkung, das Löschen oder die Vernichtung legal definiert. Kommt man nach den oben genannten Abwägungskriterien zu dem Schluss, dass es sich bei den Daten um personenbezogene handelt, liegt eine Verarbeitung vor, da die Werte ausgelesen, erfasst, weitergeleitet, gespeichert und verwendet werden um eine Stabilisierung des Fernwärmenetzes zu ermöglichen.

4.4.1.3 Verantwortlicher

Art. 4 Nr. 7 DSGVO definiert den Verantwortlichen als natürliche oder juristische Person, Behörde, Einrichtung oder andere Stelle, die allein oder gemeinsam mit anderen über die Zwecke und Mittel der Verarbeitung von personenbezogenen Daten entscheidet. Die gesammelten Verbrauchsdaten werden an die Fernwärmeversorgungsunternehmen geleitet, welche dann entscheiden, ob und inwieweit eine Steuerung des Netzes notwendig ist um Lastspitzen auszugleichen. Somit sind die Versorger die Verantwortlichen i. S. d. DSGVO. Die Projektteams und andere Dritte, die von den Versorgern im späteren Verlauf eventuell beauftragt werden die Daten zu sammeln, auszuwerten und diese Auswertung an sie zu leiten, sind hingegen als Auftragsverarbeiter nach Art. 4 Nr. 8 DSGVO zu klassifizieren, da diese die Daten lediglich im Auftrag des verantwortlichen Fernwärmeversorgers verarbeitet.

4.4.2 Rechtmäßigkeit der Verarbeitung

Sobald es sich um personenbezogene Daten i. S. d. DSGVO handelt stellt sich die Frage nach der Rechtmäßigkeit der Verarbeitung nach Art. 6 Abs. 1 DSGVO. Denn ohne die vorherige Einwilligung des Betroffenen dürfen Daten nur verarbeitet werden, wenn einer der Tatbestände des Art. 6 DSGVO einschlägig ist.

4.4.2.1 Aufgabe im öffentlichen Interesse, Art. 6 Abs. 1 lit. e) Alt. 1 DSGVO

Bei der Verwendung personenbezogener Daten durch Fernwärmeversorger ist an Art. 6 Abs. 1 lit. e) DSGVO zu denken. Dieser besagt, dass eine Verarbeitung immer dann rechtmäßig ist, wenn die Verarbeitung zur Wahrnehmung einer Aufgabe erforderlich ist, die im öffentlichen Interesse liegt oder in der Ausübung öffentlicher Gewalt erfolgt die dem Verantwortlichen übertragen wurde. Hierbei ist die Übertragung nicht nur auf die Variante der Ausübung der öffentlichen Gewalt zu beziehen, sondern ebenfalls auf die Wahrnehmung der Aufgabe im öffentlichen Interesse nach Alternative 1.

In den Erwägungsgründen werden als Beispiele für das öffentliche Interesse nach Art. 6 Abs. 1 lit. e) Alt. 1 DSGVO überwiegend Tätigkeiten genannt, die der öffentlichen Daseinsvorsorge zuzuordnen sind. Hierbei ist die Versorgung mit Fernwärme, selbst wenn sie von Privatunternehmen durchgeführt wird, als übertragene Aufgabe der Daseinsvorsorge anzusehen. Jedoch ist weiterhin daran zu denken, dass stets ein materielles Recht für die Aufgabenübertragung vorhanden sein muss um eine Berechtigung aus Art. 6 Abs. 1 lit. e)

DSGVO ableiten zu können, selbst wenn öffentlich-rechtliche Fernwärmeversorger tätig werden.

Darüber hinaus fordert der Gesetzgeber, dass die Daten nur verarbeitet werden dürfen, wenn dies für die effektive Ausübung der Aufgabe erforderlich ist. Hierbei wird als Anknüpfungspunkt für die Bewertung der Erforderlichkeit das legitim verfolgte Ziel verwendet. Ziel der Installation von iHAST ist die effiziente Steuerung des Fernwärmenetzes, die Möglichkeit zum Ausgleich von Lastspitzen und die Erzeugung von Synergien zwischen den verschiedenen Energieträgern. Hierdurch sollen Energieeinsparungen herbeigeführt werden, die nicht nur dem Versorgungsunternehmen zu Gute kommen, sondern auch der Öffentlichkeit in Form eines Beitrages zur Steigerung der Energieeffizienz und der Umsetzung der vorgegebenen Klimaziele.

4.4.2.2 Überwiegendes Interesse des Verantwortlichen oder Dritter, Art. 6 Abs. 1 lit. f) DSGVO

Als weitere mögliche Anspruchsgrundlage für die Verarbeitung der personenbezogenen Daten ist ein überwiegendes Interesse des Verantwortlichen oder eines Dritten nach Art. 6 Abs. 1 lit. f) DSGVO anzuführen. Wie der Wortlaut der Norm schon nahelegt ist bei der Überprüfung eine umfassende Verhältnismäßigkeitsprüfung durchzuführen in welcher die Interessen der betroffenen Person an dem Schutz ihrer verarbeiteten personenbezogenen Daten und dem wirtschaftlichen oder ideellen Interesse des Versorgungsunternehmens oder eines Dritten gegeneinander abzuwägen sind. Hierbei steht das Interesse des Betroffenen, seine Daten zu schützen und selbst frei darüber bestimmen zu dürfen auf der einen Seite. Ihm gegenüber steht das unternehmerische Interesse der Fernwärmeversorger ihre Netze, die Wärmeerzeugung, die Speicherung und die Zielnetzplanung zu optimieren. Hier spielt auch das bereits oben genannte Ansinnen der Energieeffizienz und deren Beitrag zur Einsparung von Energie eine gewichtige Rolle.

Parallelen lassen sich zu den Gedanken der dänischen Justizbehörde ziehen, die zu dem Schluss kommen, dass Art. 6 Abs. 1 lit. e), f) DSGVO es Energieversorgern ermöglicht die Daten, die aus Smart-Meter-Lösungen gewonnen werden, rechtmäßig zu verarbeiten. Hierbei sagen sie sogar, dass nicht nur der Versorger ein Interesse an der Energieeffizienz und den Einsparungsmöglichkeiten hat, sondern dass auch der Betroffene selbst profitiert und ein Interesse an der Verarbeitung und Zugänglichmachung seiner Daten hat. Eben da durch Smart-Meter-Daten der eigene Energieverbrauch dargestellt werden kann und ein Problembewusstsein geschaffen werden kann. Aber auch, weil der Energieversorger mit den genauen Daten besser auf seine Kunden zugehen kann und ihnen Lösungen anbieten kann die nicht rein auf Theorien und Vermutung fußen, sondern auf konkreten Zahlen basieren.

Diese Herangehensweise lässt sich jedoch nicht so einfach auf iHAST übertragen, da zwar die Daten gesammelt und für die entsprechend genannten Zwecke verwendet werden. Der Betroffene jedoch keinen direkten Zugriff hierauf erhält. Auch ist die Argumentationskette der dänischen Behörde in Hinsicht auf Art. 6 Abs. 1 lit. f) DSGVO mit Vorsicht zu genießen. Denn hier wird mit den Vorteilen für die Öffentlichkeit argumentiert. Der Kreis den der Begriff „Dritte“ im Sinne dieser Norm erfasst ist möglichst groß zu wählen, er ist jedoch nicht ins uferlose auszuweiten, so dass kein konkreter Personenbezug mehr herzustellen ist.

Eine rechtsichere Auskunft, wie ein Ergebnis dieser Abwägung ausgeht ist mithin nicht möglich.

4.4.3 Vorgehen

4.4.3.1 Einholung einer Einwilligung

Um die Unsicherheit der oben genannten Bedingung aufzufangen ist es sinnvoll eine Einwilligung des Betroffenen nach Art. 6 Abs. 1 lit. a) DSGVO zur Verarbeitung der personenbezogenen Daten einzuholen. Hier sollte jedoch explizit die andere Rechtsgrundlage des Art. 6 Abs. 1 DSGVO eingeführt sein, die im entsprechenden Fall einschlägig sein könnte. Denn sollte der Betroffene erst um eine Einwilligung gebeten worden sein, diese jedoch abgelehnt haben oder später die Einwilligung widerrufen haben und man beruft sich dann auf eine andere Rechtsgrundlage des Art. 6 Abs. 1 DSGVO könnte ein Verstoß gegen das Gebot von Treu und Glauben nach Art. 5 Abs. 1 lit. a) DSGVO vorliegen.

4.4.3.2 Grundsätze der Verarbeitung und Rechenschaftspflicht

Wichtig ist, dass selbst wenn es sich um personenbezogene Daten handeln sollte und eine Verarbeitung dieser nach Art. 6 DSGVO rechtmäßig erfolgt, sind die Grundsätze des Art. 5 DSGVO einzuhalten. Sie müssen also auf rechtmäßige Weise, nach Treu und Glauben, vertraulich und transparent verarbeitet werden. Außerdem darf die Verarbeitung nur zweckgebunden erfolgen und die Sammlung an Daten ist so gering wie möglich zu halten. Es gelten also die gleichen Regelungen und Schutzmechanismen, welche Versorgungsunternehmen bereits jetzt schon für die Daten ihrer Kunden entwickelt haben. Die wohl wichtigste und aufwendigste der Pflichten für die Versorger wird die Rechenschaftspflicht nach Art. 5 Abs. 2 DSGVO darstellen. Denn hier wird zum einen die materielle Pflicht zur Einhaltung der genannten Grundsätze nach Abs. 1 geregelt und gleichzeitig die formelle Pflicht geschaffen, die Einhaltung dieser Grundsätze entsprechend zu dokumentieren damit jederzeit ein Nachweis geführt werden kann. Dieser kann nach der Umsetzung technischer und organisatorischer Maßnahmen nach Art. 24 Abs. 1 DSGVO, durch ein Verzeichnis der Verarbeitungstätigkeiten nach Art. 30 DSGVO, nach der Datenschutz-Folgenabschätzung nach Art. 35 Abs. 7 DSGVO, durch die Einhaltung genehmigter Verhaltensregeln nach Art. 40 DSGVO oder die Zertifizierung nach Art. 42 DSGVO geführt werden.

Datensicherheit

Gesetz über das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI-Gesetz - BSIG) - Branchenspezifischer Sicherheitsstandard für die Verteilung von Fernwärme (B3S VvFw) (siehe auch Kapitel 3.2. Anerkannte Regeln der Technik)

Grundsätzlich werden nach diesem Gesetz alle technischen Mittel zur Verarbeitung von Informationen in der Informationstechnik umfasst. Zuständig ist das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) als Bundesoberbehörde. Das Bundesamt ist zuständig für die Informationssicherheit auf nationaler Ebene. Es untersteht dem Bundesministerium des Innern. Unter dieses Gesetz fallen auch die sogenannten „kritische Infrastrukturen“. Hierzu zählen u. a. auch die Einrichtungen und Anlagen oder Teile des Sektors Energie und damit auch die Fernwärme. Allerdings zählen nur Fernwärmenetze mit mehr als 250.000 angeschlossenen Haushalten zu den kritischen Infrastrukturen, da diese eine wichtige Bedeutung für das Gemeinwesen haben.

Das BSI hat den branchenspezifischen IT-Sicherheitsstandard für Fernwärmenetze nach § 8a Abs. 2 BSI-Gesetz mit Stand 27. Februar 2018 im Februar 2019 offiziell anerkannt. Betreiber von Fernwärmenetzen mit mehr als 250.000 angeschlossenen Haushalten sind danach gesetzlich verpflichtet, ihre Informationstechnologie nach dem Stand der Technik abzusichern und entsprechende Nachweise vorzulegen. Als Service für die betroffenen Unternehmen und um Rechtssicherheit zu schaffen, haben die Branchenverbände AGFW und der Bundesverband der Energiewirtschaft e. V. (BDEW) gemeinsam den branchenspezifischen Sicherheitsstandard für Fernwärmenetze (B3S) erarbeitet. Dieser zeigt auf, wie Unternehmen im ersten Schritt eine Risikoanalyse vornehmen und darauf aufbauend konkrete Sicherheitsmaßnahmen umsetzen können. Es obliegt den Unternehmen, ob sie den Branchenstandard anwenden oder eigene, geeignete Nachweise vorlegen. Die Anlagen des Kunden stehen außerhalb des Geltungsbereichs des B3S VvFw.

Schlussfolgerungen und Fazit:

Die DSGVO und das B3S VvFw stehen einer technischen Anwendung der iHAST nicht entgegen. Durch neue zu erwartende gesetzliche Regelungen und Informationspflichten wird eine zunehmende Digitalisierung von Hausstationen notwendig werden.

Generell sind die Sicherheitskonzepte kontinuierlich, aufgrund der sich stetig veränderten Bedrohungslagen, anzupassen und die vorgegebenen Standards einzuhalten.

Die iHAST können zur Steigerung der Versorgungssicherheit durch die zentrale Steuerung über die Netzleitwarten in Krisensituationen beitragen, da diese zur Verringerung von Kapazitätsengpässen bzw. zu Kontaktminimierung dienen.

5 Vorstellung der betrachteten Quartiere

Am Projekt beteiligten sich aktiv Energieversorgungsunternehmen (EVU) aus sechs Städten mit sieben Quartieren: Bad Lobenstein, Chemnitz, Erfurt, Leipzig, Gotha und Olbersdorf (vgl. Abbildung 5-1). Von den ursprünglich sieben Quartieren musste das aus Gotha entfallen, da hier die Fernwärmeausbaupläne des Energieversorgers zum jetzigen Zeitpunkt nicht mit den Plänen der Gebäudeeigentümer in Einklang gebracht werden konnten. Die sechs näher untersuchten Quartiere werden in den folgenden Abschnitten einzeln vorgestellt.



Abbildung 5-1: Teilnehmende Netzbetreiber aus fünf Städten in Thüringen und Sachsen iHAST-Projekt (Quelle: GeoBasis-DE / BKG 2019)

Die Quartiere wurden von den EVU vorgeschlagen und deren räumlicher Umfang in Zusammenarbeit mit dem Projektteam noch einmal stärker als iHAST-Quartier eingegrenzt. Kriterium war hier insbesondere eine ausreichende Anzahl von Liegenschaften, für die ein iHAST-Ausbau grundsätzlich in Frage kommt sowie das Identifizieren einer möglichst geschlossenen Netztopologie. Beides war für eine zielgerichtete Betrachtung im kurzen Projektzeitraum hilfreich.

Auch wenn unter dem Begriff iHAST perspektivisch sowohl der Bezug von Fernwärme als auch die Einspeisung von Wärme – z. B. aus Solarthermie, Abwärme aus Industrieprozessen und dezentraler KWK – verstanden wird, handelt es sich bei allen Liegenschaften der iHAST-Quartiere ausschließlich um den Bezug von Fernwärme über eine HAST.

In Abbildung 5-2 sind die Vorlauftemperatur-Fahrkurven der Quartiere laut Technischen Anschlussbedingungen (TAB) der EVU zusammengestellt. Durchgehende Linien kennzeichnen das Primärnetz, gestrichelte Linien das Sekundärnetz.

Tabelle 5-1: Übersicht und wichtige Eckdaten der untersuchten Quartiere (gesamt und iHAST)

Stadt	Quartier	Summe Anschlussleistung FW [kW]		Anzahl Hausanschlüsse	
		gesamt	iHAST	gesamt	iHAST
Bad Lobenstein	Tiergarten	7.565	2.111	85	27
Chemnitz	Brühl	13.546	2.355	142 FW, 53 Gas	32 FW, 3 Gas
Erfurt	Borntal	4.330	3.001	52	32
Erfurt	Roter Berg	16.167	10.076	67	40
Gotha	Bahnhofsviertel	10.106	1.672	126	20
Leipzig	Schönefeld	21.107	4.362	97	34
Obersdorf	Oberdorf	> 9.158 ¹⁾	6.902	69	34

¹⁾ Anschlussleistung von 3 Abnehmern nicht bekannt

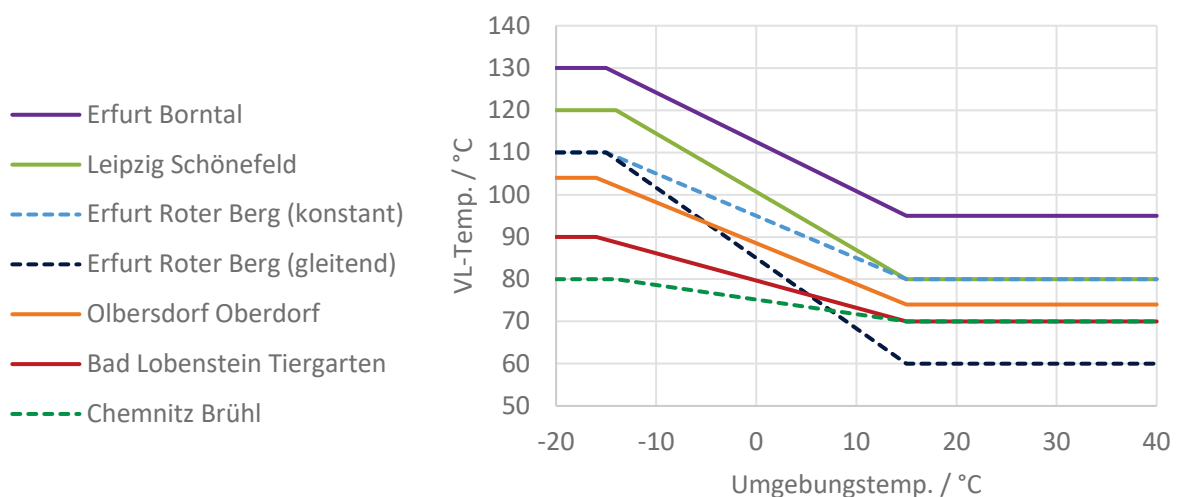


Abbildung 5-2: Vorlauftemperatur-Fahrkurven laut TAB in den Quartieren (Linie durchgehend: Primärnetz; Linie gestrichelt: Sekundärnetz)

5.1 Methodik zur Abschätzung des Wärmebedarfs in den iHAST-Untersuchungsgebieten

Schätzung zur Entwicklung des Wärmebedarfs

Entwicklungen können in der Regel schwer abgeschätzt werden. Über die Analyse der bestehenden Gebäude und statistischen Werten zur Lebensdauer von Bauteilen⁵¹ wurde abgeschätzt, ob und in welchem Umfang energetische Modernisierungen erfolgen könnten.

Alle Berechnungen des Wärmebedarfs erfolgten mit der Software Energieberater 3D der Firma Hottgenroth.

Für die Bilanzierung wurden zwei Szenarien betrachtet.

- Das erste **Szenario „business as usual“** stellt eine Abschätzung der energetischen Modernisierungen in den nächsten 10 Jahren dar, wenn die Entwicklungen genauso weiter verlaufen, wie in den letzten Jahren.
- Szenario zwei, das **„Energieeffizienzscenario“**, geht davon aus, dass plötzlich eine starke Erhöhung der Förderung energetischer Modernisierungen und damit ein Anreiz zur umfassenden Aufwertung von Gebäuden geschaffen wird.

Annahmen und Methodik der Bilanzierung der Schätzungswerte

Allgemeine Annahmen:

Wir weisen darauf hin, dass sämtliche Berechnungen auf Grund der Vielzahl der zu bearbeitenden Gebiete und den darin enthaltenen Gebäuden nicht den Genauigkeitsgrad einer gebäudebezogenen Betrachtung gleichkommen kann. Die Ergebnisse sind überschlägige Schätzungswerte auf Quartiersebene.

In der ehemaligen DDR wurden sehr viele Gebäude des industriellen Wohnungsbaus in Typenbauweisen errichtet. Die Gebäude jedes Untersuchungsgebietes wurden den jeweiligen Bauweisen zugeordnet. Die Schätzungen zu möglichen Energieeinsparungen durch energetische Modernisierungen beziehen sich auf die Bauweisen.

Der Ausgangswert der Bilanzierungen sind die tatsächlichen, zumeist über drei und mehr Jahre, gemittelten Wärmeverbräuche jeweils inkl. nicht gesondert ausgewiesener

⁵¹ Quelle: Bund technischer Experten E.V., Arbeitsblatt der BTE-Arbeitsgruppe: Lebensdauer von Bauteilen, Zeitwerte, Stand 14.03.2008

Trinkwassererwärmung (TWE). Zum Zeitpunkt der Ablesung wurde keine konkrete Aussage gemacht. Für die Klimabereinigung der Verbrauchswerte wurde jeweils ein Ablesezeitraum vom 01. Januar bis zum 31. Dezember angenommen. Der Wärmebedarf zur TWE wird als konstant angenommen. Die in der Tabelle zum Energiebedarf aufgeführten prozentualen Einsparungseffekte für beide Szenarien beziehen sich rein auf die Einsparungen durch die energetische Aufwertung der Gebäudehülle. Der Anteil der Energie zur Bereitstellung des Warmwasserbedarfs wird mangels fehlender Ausweisung des Anteils TWE und fehlender spezifischer Daten zur Bewohnerschaft des Untersuchungsgebietes nicht berührt. Studien zur Veränderungen des Bedarfs TWE ausgelöst durch demographische Prozesse und damit verringerte Haushaltsgrößen wurden im Rahmen der Bilanzierung der Untersuchungsgebiete nicht berücksichtigt. [BBSR 17]

Für das Energieeffizienzscenario wurden bei allen Gebäuden des Quartiers alle Bauteile der Gebäudehüllen energetisch auf das derzeit gültige Niveau für Bestandsmodernisierungen gebracht. Die Bruttogrundflächen (BGF) der Gebäude in den Untersuchungsgebieten wurden über das Geoportal Thüringen bzw. in Sachsen über Openstreetmap ermittelt. Aus den sich ergebenden BGF und den Geschosshöhen wurden die Gebäudevolumen und daraus abgeleitet die Energiebezugsflächen gem. EnEV⁵² ermittelt.

Es wird davon ausgegangen, dass die reale Entwicklung sich innerhalb der Spanne zwischen diesen beiden Szenarien einordnen wird.

Es werden weder Suffizienzmaßnahmen während des Betrachtungszeitraums noch Rebound Effekten durch die energetische Modernisierung angenommen.

5.2 Bad Lobenstein

5.2.1 Übersicht Fernwärmenetz

Im Stadtteil Tiergarten sind 75 % der Gebäude an die Fernwärme angeschlossen. Mit 7,6 MW Gesamt-Anschlussleistung werden ca. 10,8 GWh/a Wärme abgesetzt. In Abbildung 5-3 ist das vom EVU vorgeschlagene Quartier orange, das daraus abgeleitete, kleinere iHAST-Quartier blau umrissen. Abbildung 5-4 zeigt den zugehörigen Netzplan. Die VL-Temperatur wird gleitend zwischen 70 und 90 °C gefahren

⁵² EnEV 2009, Anlage 1 Nr. 1.3.1

Im ausgewählten iHAST-Quartier befinden sich 33 Gebäude mit ca. 2 MW Gesamt-Anschlussleistung. Alle Kunden sind Bestandskunden, es gibt 28 Mehr- und fünf Einfamilienhäuser im Gebiet.

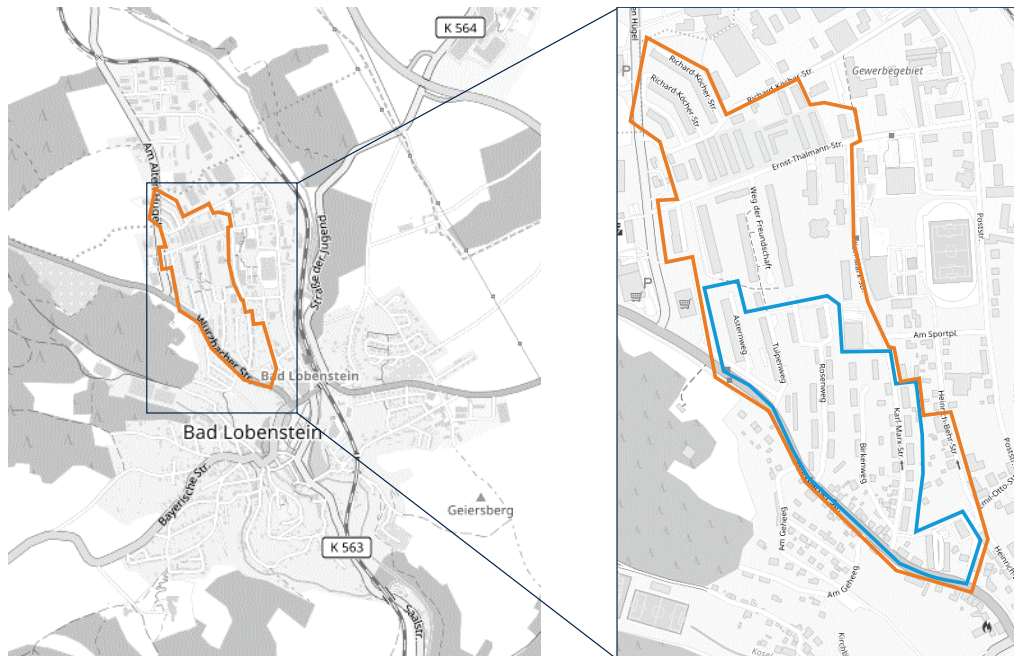


Abbildung 5-3: Vom EVU vorgeschlagenes Quartier (orange) sowie eingegrenztes iHAST-Quartier (blau) Bad Lobenstein (Karte genordet, © OpenStreetMap-Mitwirkende)



Abbildung 5-4: Netzplan des eingegrenzten iHAST-Quartiers Bad Lobenstein

5.2.2 Lage und Entwicklung des Untersuchungsgebietes

Bad Lobenstein ist von der Bevölkerungsentwicklung relativ stabil, Tendenz leicht schrumpfend. Derzeit wird von einer Schrumpfrate von unter 1 % pro Jahr⁵³ ausgegangen. Zwischen 2015 und 2017 sind jährlich mehr Zuzüge als Fortzüge zu verzeichnen. In Bad Lobenstein haben mehr als 56 % der Haushalte ein niedriges, und fast 30 % ein mittleres Einkommen zu verzeichnen.⁵⁴ Das Untersuchungsgebiet befindet sich im zentrumsnahen Quartier Tiergarten. Die *Thüringer Initiative für Integration, Nachhaltigkeit, Kooperation und Aktivierung* engagiert sich in einem strategisch ausgerichteten Projekt zur Erhöhung der Attraktivität und Qualität des Wohnens im Quartier Tiergarten.

Der Mietspiegel für Bad Lobenstein beträgt 4,74 € - 7,35 € Kaltmiete pro m² (Stand April 2019).⁵⁵ Resultierend aus den aufgezählten Fakten, wird davon ausgegangen, dass es sich beim Untersuchungsgebiet um einen sicheren Wohnstandort handelt.

Die im Untersuchungsgebiet vorhandenen Gebäude sind in einem optisch guten Zustand. Bezüglich der energetischen Qualität der Gebäude im Quartier sind weitere energetische Modernisierungen anzuraten. Auf Grund des guten optischen Eindrucks und des relativ niedrigen Mietspiegels ergibt sich kein vordringlicher Modernisierungsdruck.

Die Flächen der Gebäude im Quartier wurden über das Geoportal Thüringen⁵⁶ ermittelt.

Im Quartier Bad Lobenstein finden sich vor allem die Bauweisen Q3A und IW64 in unterschiedlicher Geschossanzahl.

Als Basis der Wärmeverbräuche für die Jahre 2017 und 2018 dienten die Ablesung (ohne konkretes Ablesedatum) der TEAG. Für die Klimabereinigung der Verbrauchswerte wurde jeweils ein Ablesezeitraum vom 01. Januar bis zum 31. Dezember angenommen.

Für die Bilanzierung des zukünftigen Wärmebedarfs im „business as usual-Szenario“ wird davon ausgegangen, dass innerhalb der nächsten 10 Jahre je ein Gebäude je ansässiges Wohnungsunternehmen energetisch modernisiert wird. Diese Annahme gründet auf der

⁵³ Datengrundlage: <http://www.wegweiser-kommune.de/statistik/bad-lobenstein+demographischer-wandel+2006-2017+2030+tabelle> (Letzter Zugriff: 25.06.2019)

⁵⁴ ebenda

⁵⁵ Vgl. <https://www.immowelt.de/immobilienpreise/bad-lobenstein-thuer/mietspiegel> (Letzter Aufruf: 25.06.2019)

⁵⁶ Geoportal Thüringen; <https://www.geoportal-th.de/de-de/Downloadbereiche/Download-Offene-Geodaten-Th%C3%BCrtingen/Download-ALKIS-flurweise> [letzter Zugriff: 03.04.2019]

jährlichen Modernisierungsquote von 2 % des Gebäudebestandes⁵⁷ und den stadtspezifischen Parametern.

Die blauen Umrandungen in der Abbildung 5-5 zeigen die Einsparungen an den zwei beispielhaft ausgewählten Gebäuden der Wohnungsunternehmen. Alle modernisierten Bauteile der ausgewählten Gebäude werden auf das heute gültige Niveau Bestandmodernisierung laut EnEV aufgewertet.

Es gibt im Untersuchungsgebiet keine Leerstände. Daher erwarten wir keine signifikanten Veränderungen der Bewohnerschaft und damit geändertes Nutzerverhalten bezüglich des Trinkwarmwasserbedarfs. Es liegen uns keine statistischen Daten zur demographischen Entwicklung des Quartiers oder gar des Untersuchungsgebietes vor. Vor Ort fanden wir eine altersgemischte Bewohnerschaft vor. Daher gehen wir davon aus, dass sich die Sterberate und die Geburtenrate in Bezug auf die nächsten 10 Jahre relativ die Waage halten.

Wärmebedarfe für die nächsten 10 Jahre

Der Wärmeverbrauch, klimabereinigt betrug im Durchschnitt der Jahre 2017 und 2018 pro Jahr 2.819 MWh (vgl. Abbildung 5-5). Im Szenario „business as usual“ reduziert sich der jährliche Wärmebedarf gegenüber dem Ist-Zustand um 55 MWh auf 2.765 MWh im Jahr. Die jährliche Einsparung im Energieeffizienzscenario gegenüber dem Ist-Zustand beträgt 1.037 MWh. Der Wärmebedarf beträgt in diesem Szenario 1.782 MWh im Jahr. Die Veränderungspotenziale der einzelnen Gebäude sind in Abbildung 5-5 dargestellt.

⁵⁷ <https://www.geb-info.de/Archiv/Newsletter-Archiv/article-268252-105363/zdb-fordert-klimaschutz-abschreibung-.html> Online: [letzter Zugriff: 24.06.2019]

Untersuchungsgebiet in Bad Lobenstein				Entwicklung business as usual - Szenario	Entwicklung Energieeffizienz- Szenario
lfd. Nr.	WW- Bereitung	Heizung	∅ Wärmeverbrauch Ist-Zustand in kWh/a	Wärmebedarf gesamt in kWh/a für die nächsten 10 Jahre	Wärmebedarf gesamt in kWh/a für die nächsten 10 Jahre
9			100.574	100.574	100.574
13			69.471	69.471	34.041
14			72.276	72.276	35.415
15			67.156	67.156	42.309
16			70.682	70.682	44.530
17			40.213	40.213	19.704
19			82.924	82.924	40.633
20			34.532	34.532	16.921
21			43.134	22.533	21.136
2			91.668	91.668	48.584
3			95.283	95.283	32.396
4			99.341	99.341	33.776
5			101.128	101.128	34.384
18			98.324	98.324	27.531
30			62.306	62.306	21.184
10			152.008	152.008	86.645
11			190.098	190.098	108.356
22			37.413	37.413	26.189
74			40.590	40.590	24.354
34			123.433	123.433	75.294
35			117.959	117.959	103.804
36			108.124	108.124	65.956
29			94.059	61.139	57.376
33			88.507	88.507	53.989
31			160.446	160.446	134.775
32			129.087	129.087	108.433
37			310.760	310.760	261.039
1			137.754	137.754	115.714
Σ Wärmeverbrauch Untersuchungsgebiet IST-Zustand (2015 - 2018) in MWh/a			2.819		
Potentieller Σ Wärmeverbrauch Untersuchungsgebiet Zustand				2.766	
Potentieller Σ Wärmeverbrauch Untersuchungsgebiet Zustand in 10 Jahren Energieeffizienzscenario in MWh/a					1.775

Annahme energet. modernisierte Gebäude

Abbildung 5-5: Aufstellung Wärmeverbrauch/Wärmebedarf in den Szenarien in den nächsten 10 Jahren für das iHAST-Quartier in Bad Lobenstein

5.3 Chemnitz

5.3.1 Übersicht Fernwärmenetz

Das Brühl-Viertel liegt im Chemnitzer Zentrum. Die Fernwärme-Erschließung des Quartiers begann 2013. In Abbildung 5-6 ist das Brühl-Viertel orange markiert, das kleiner eingegrenzte iHAST-Quartier blau. Abbildung 5-7 zeigt den Netzplan mit Quartiersgrenzen zu Übersichtszwecken.

Das Quartier ist an das Sekundärnetz angeschlossen. Es handelt sich um ein 2-Leiter-System mit zwischen 70 und 80 °C gleitender Vorlauftemperatur, was im Vergleich zu den anderen Netzen relativ geringen Werten entspricht.

Im iHAST-Quartier sind von den 35 Objekten 16 Bestandskunden und 19 Neukunden (davon ein Neubau mit Baujahr 2018). Die Gesamt-Anschlussleistung beträgt 2,4 MW. 31 der Gebäude sind Mehrfamilienhäuser, davon enthalten 19 auch Gewerbeeinheiten. Zusätzlich gibt es eine Schule, ein Hotel und zwei Bürogebäude.

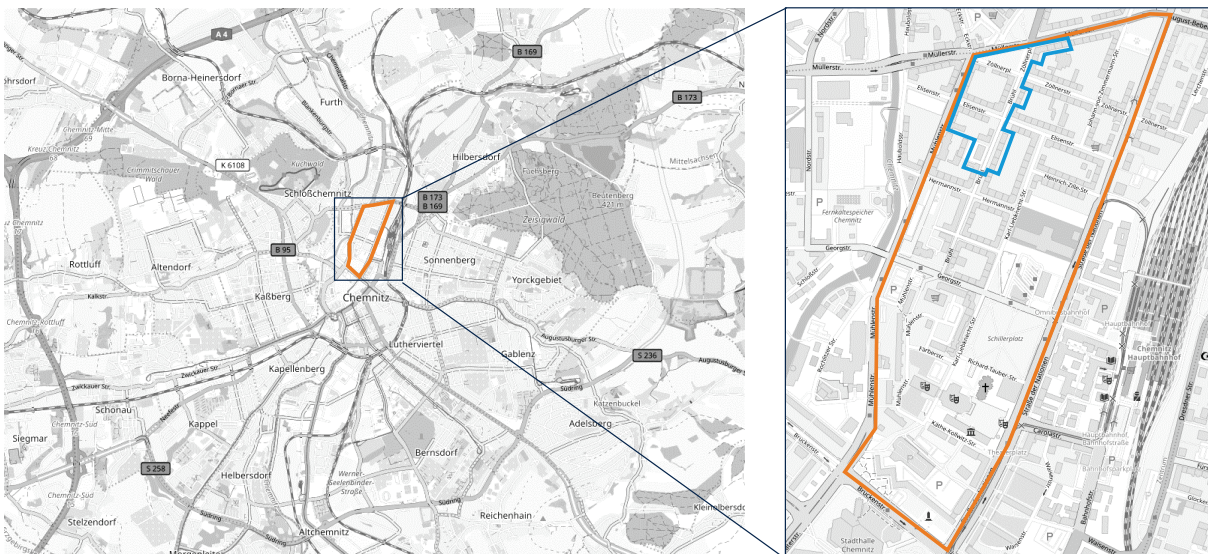


Abbildung 5-6: Lage des Quartiers Chemnitz-Brühl (orange) und eingegrenztes iHAST-Quartier (blau) (Karte genordet, © OpenStreetMap-Mitwirkende)

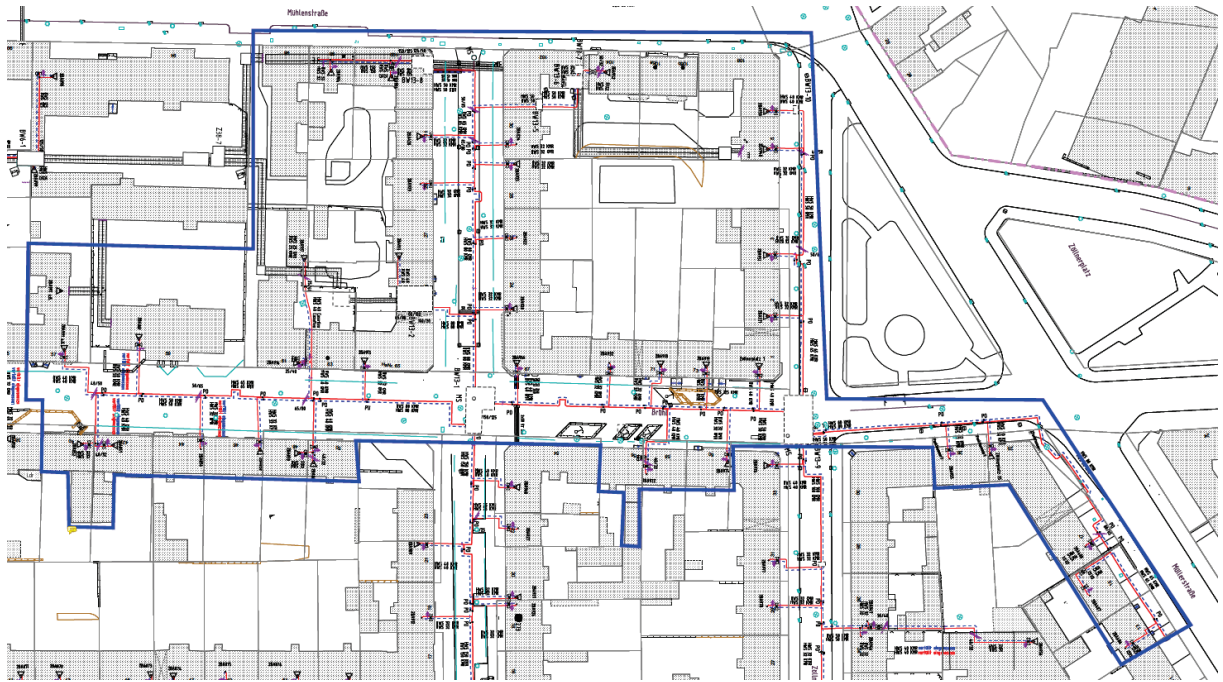


Abbildung 5-7: Netzplan des eingegrenzten iHAST-Quartiers Chemnitz

5.3.2 Lage und Entwicklung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet Chemnitz Brühl ist Teilgebiet in der Städtebaulichen Planungsstudie zur Entwicklung des Gebietes Brühl-Boulevard in Chemnitz. Ziel der Studie und der daraus resultierenden Vorhaben ist die Aktivierung des gründerzeitlichen Quartiers. Eine Vielzahl der Gebäude wurde in diesem Zuge in den letzten Jahren modernisiert.

Bezugnehmend auf den gründerzeitlichen Gebäudebestand sind energetische Modernisierungen nur bedingt umsetzbar. Dies gilt umso mehr, da eine Reihe von Gebäuden im Untersuchungsgebiet unter Denkmalschutz stehen. Energetische Maßnahmen reduzieren sich damit auf die Aufarbeitung, bzw. den Austausch von den dem historischen Bestand ähnlichen Fenstern. Dämmmaßnahmen sind den Hofseiten und ggf. freistehenden Brandwänden vorbehalten. Der untere Gebäudeabschluss könnte über Dämmungen der Kellerdecke ertüchtigt werden. Eine Dämmung der obersten Geschossdecke, bzw. bei ausgebauten Dachgeschossen einer Zwischensparrendämmung rundet die Möglichkeiten der energetischen Aufwertung ab.

Die Bevölkerungsentwicklung in Chemnitz ist über die letzten Jahre relativ stabil, + 0,2 % zwischen 2016 und 2017⁵⁸. Seit 2009 sind jährlich mehr Zuzüge als Fortzüge zu verzeichnen.

In Chemnitz haben mehr als 59 % der Haushalte ein niedriges, und ca. 30 % ein mittleres Einkommen zu verzeichnen.⁵⁹

Der Mietspiegel für Chemnitz beträgt 4,16 € - 5,92 € Kaltmiete pro m² (Stand 2018).⁶⁰

Resultierend aus den aufgezählten Fakten, wird davon ausgegangen, dass es sich beim Untersuchungsgebiet um einen sicheren Wohnstandort handelt.

Die im Untersuchungsgebiet vorhandenen Gebäude sind in einem optisch guten Zustand. Bezüglich der energetischen Qualität der Gebäude im Quartier sind weitere energetische Modernisierungen anzuraten. Auf Grund des guten optischen Eindrucks und des relativ niedrigen Mietspiegels ergibt sich kein vordringlicher Modernisierungsdruck.

Die inetz GmbH reichte Wärmeverbrauchswerte der letzten zwei bis vier Jahre ein, die die Grundlage der Abschätzung zukünftiger Wärmeverbräuche bilden. Zum Zeitpunkt der Ablesung wurden keine konkreten Aussagen gemacht. Für die Klimabereinigung der Verbrauchswerte wurde jeweils ein Ablesezeitraum vom 01. Januar bis zum 31. Dezember angenommen.

Die Flächen der Gebäude im Quartier wurden über das Geoportal Sachsen⁶¹ ermittelt.

Das Untersuchungsgebiet in Chemnitz ist durch eine vorwiegend gründerzeitliche Bebauung gekennzeichnet. Gebäude dieses Typs haben in der Regel unterschiedliche Geschosshöhen in den unterschiedlichen Geschossen. Besonders das Erdgeschoss und das 1. Obergeschoss verfügen oft über Raumhöhen zwischen 3,40 m und 4,50 m. Zur Ermittlung der beh. Wohnflächen gem. EnEV wurde annäherungsweise von einer durchschnittlichen Raumhöhe von 3,50 m ausgegangen.

⁵⁸ Quelle: <http://www.wegweiser-kommune.de/statistik/chemnitz+soziale-lage+2013-2017+tabelle> (Letzter Zugriff: 26.06.2018)

⁵⁹ Quelle: <http://www.wegweiser-kommune.de/statistik/erfurt+soziale-lage+2006-2017+tabelle> (Letzter Aufruf: 27.06.2019)

⁶⁰ https://www.chemnitz.de/chemnitz/media/aktuelles/publikationen/download/mietspiegel_2018_neu.pdf (Letzter Aufruf: 27.06.2019)

⁶¹ Geoportal Sachsen; <https://geoportal.sachsen.de/cps/karte.html?showmap=true> [letzter Zugriff: 03.09.2019]

Für die Bilanzierung des Wärmebedarfs im „business as usual-Szenario“ wird davon ausgegangen, dass innerhalb der nächsten 10 Jahre einzelne Gebäude energetisch modernisiert werden. Diese Annahme gründet auf der jährlichen Modernisierungsquote von 2 % des Gebäudebestandes⁶² und den stadtspezifischen Parametern.

Die blauen Umrandungen in der Abbildung 5-8 zeigen die Einsparungen an den zwei beispielhaft ausgewählten Gebäuden des Untersuchungsgebietes. Die angenommenen Modernisierungen berücksichtigen die Denkmalschutzaufgaben und die Erhaltung des Ortsbildes und werten mögliche Bauteile auf das heute gültige Niveau Bestandmodernisierung laut EnEV auf.

Beim Untersuchungsgebiet Chemnitz Brühl handelt es sich um ein beliebtes Wohngebiet. Es ist daher mit geringen Leerständen zu rechnen. Wir erwarten keine signifikanten Veränderungen der Bewohnerschaft und damit geändertes Nutzerverhalten bezüglich des Trinkwarmwasserbedarfs. Es liegen uns keine statistischen Daten zur demographischen Entwicklung des Quartiers oder gar des Untersuchungsgebietes vor. Wir gehen davon aus, dass sich die Sterberate und die Geburtenrate in Bezug auf die nächsten 10 Jahre relativ die Waage halten.

Einige Gebäude des Untersuchungsgebietes wurden erst im Laufe des letzten Jahres an die Fernwärmeversorgung angeschlossen, bzw. verfügen über einen Anschluss, der gekündigt wurde. In die Bilanzierung sind nur die Jahre eingegangen, die von der Wärmeabnahme als vollständige Jahre ersichtlich waren. Eine Anrechnung von Teilen des Wärmeverbrauchs einzelner Jahre hätten die Einsparungseffekte durch Gebäudemodernisierungen verfälscht. Bei der Netzauslegung sollte dieser Umstand berücksichtigt werden. In der Abbildung 5-8 werden die betroffenen Objekte mittels * oder ** markiert.

Betroffen sind die Gebäude: Nr. 47 und Nr. 115. Durch die im Jahr 2018/19 neu angeschlossenen Gebäude wird es zu einem höheren Wärmebedarf kommen, der aber derzeit nicht näher beziffert werden kann.

Im Untersuchungsgebiet gibt es einzelne Gebäude, in denen Einrohrsysteme installiert sind. Eine Umstellung auf Zweirohrsystem würde Wärmeenergieeinsparungen ermöglichen. Einsparungseffekte dieser aufwendig herzustellenden Modernisierungen wurden in der

⁶² <https://www.geb-info.de/Archiv/Newsletter-Archiv/article-268252-105363/zdb-fordert-klimaschutz-abschreibung-.html> Online: [letzter Zugriff: 24.06.2019]

durchgeführten Abschätzung nicht berücksichtigt. Die betroffenen Gebäude sind in der Abbildung 5-8 mit „Einrohrs.“ gekennzeichnet.

Wärmebedarfe für die nächsten 10 Jahre

Der Wärmeverbrauch, klimabereinigt betrug im Durchschnitt der Jahre 2015 und 2018 pro Jahr 2.990 MWh (vgl. Abbildung 5-8). Im Szenario „business as usual“ reduziert sich der jährliche Wärmebedarf gegenüber dem Ist-Zustand um 32 MWh auf 2.958 MWh im Jahr. Die jährliche Einsparung im Energieeffizienzscenario gegenüber dem Ist-Zustand beträgt 1.268 MWh. Der Wärmebedarf beträgt in diesem Szenario 1.722 MWh im Jahr. Die Veränderungspotenziale der einzelnen Gebäude sind in Abbildung 5-8 dargestellt.

Untersuchungsgebiet im Quartier Chemnitz					Entwicklung business as usual - Szenario	Entwicklung Energieeffizienz- Szenario
lfd. Nr.		WW- Bereitung	Heizung	Ø Wärmeverbrauch Ist-Zustand in kWh/a	Wärmebedarf gesamt in kWh/a für die nächsten 10 Jahre	Wärmebedarf gesamt in kWh/a für die nächsten 10 Jahre
29				99.120	99.120	81.918
31				54.191	54.191	44.786
32		extern		31.574	31.574	16.109
34				56.000	56.000	46.281
36				40.497	40.497	21.735
38	**			51.817	51.817	45.174
43	*			71.118	71.118	36.285
44		extern		198.240	166.522	151.535
45	*			65.494	65.494	43.685
46				140.514	140.514	123.934
48	*			179.710	179.710	76.353
49	**			125.740	125.740	67.488
50				43.540	43.540	22.214
64				91.957	91.957	63.818
65				55.419	55.419	25.522
66	**			62.443	62.443	28.757
67				59.901	59.901	42.170
68				66.192	66.192	33.771
69	**	extern		67.074	67.074	34.221
70	**			59.458	59.458	30.336
71				78.677	78.677	40.141
99				94.253	94.253	48.088
100		extern	Einrohrs.	130.585	130.585	60.138
101				225.149	225.149	120.843
102				173.613	173.613	88.578
103		extern	Einrohrs.	156.131	156.131	79.659
104	**			80.186	80.186	40.911
105	**			59.030	59.030	30.117
106				45.432	45.432	24.385
114	**			65.703	65.703	33.522
116				69.064	69.064	31.806
117	*			53.982	53.982	28.973
136	**	extern		138.109	138.109	58.678
Σ Wärmeverbrauch Untersuchungsgebiet IST-Zustand (2015 - 2018) in MWh/a				2.990		

Potentieller Σ Wärmeverbrauch Untersuchungsgebiet Zustand
in 10 Jahren **business as usual** in MWh/a **2.958**

Potentieller Σ Wärmeverbrauch Untersuchungsgebiet Zustand
in 10 Jahren **Energieeffizienzzenario** in MWh/a **1.722**

	Annahme energet. modernisierte Gebäude	
	* erstes vollständiges Bezugjahr 2016	**erstes vollständiges Bezugjahr 2017
	extern = über gesonderten Wärmeerzeuger	Einrohrs. = Einrohrsystem

Abbildung 5-8: Aufstellung Wärmeverbrauch/Wärmebedarf in den Szenarien in den nächsten 10 Jahren für das iHAST-Quartier in Chemnitz

5.4 Erfurt

In den letzten Jahren ist die Stadt Erfurt jährlich um durchschnittlich ca. 1.500 Einwohner gewachsen. Resultierend sind die Leerstandsquoten in allen Bau- und Wohnungstypen auf sehr niedrige Werte abgesunken.⁶³ In Erfurt haben knapp 58 % der Haushalte ein niedriges, und 30 % ein mittleres Einkommen zu verzeichnen.⁶⁴

5.4.1 Übersicht Fernwärmenetz

In Erfurt werden zwei Quartiere, Borntal im Zentrum sowie Roter Berg im Norden der Stadt (vgl. Abbildung 5-9) analysiert.

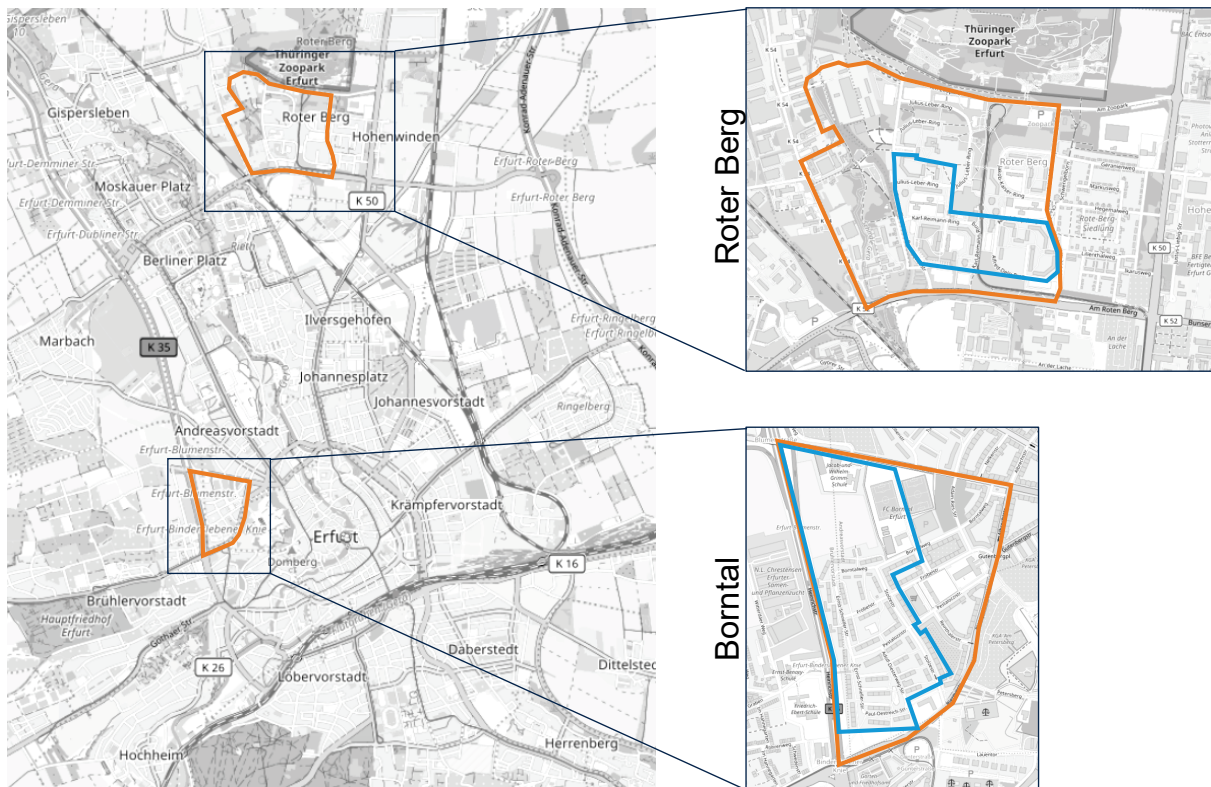


Abbildung 5-9: Lage der Stadtteile Borntal und Roter Berg (orange) sowie eingegrenzte iHAST-Quartiere (blau) (Karten genordet, © OpenStreetMap-Mitwirkende)

⁶³ Stadt Erfurt: Integriertes Stadtentwicklungskonzept ISEK Erfurt 2030 (vorläufige Fassung), S. 7

⁶⁴ <http://www.wegweiser-kommune.de/statistik/erfurt+soziale-lage+2013-2017+tabelle> (Letzter Aufruf: 27.06.2019)

In Borntal sind ca. 80 % der Gebäude an das FW-Netz, d. h. an das Primärnetz angeschlossen. Es handelt sich um ein 2-Leiter-System mit gleitender VL-Temperatur-Fahrkurve (mit den höchsten Werten im Projekt: 95 bis 130 °C). Die Anschlussleistung beträgt insgesamt etwa 4 MW, es werden ca. 5 GWh/a Wärme abgesetzt. Die HAST sind zu etwa 90 % Eigentum des EVU.

Im iHAST-Quartier (vgl. Abbildung 5-10) befinden sich 32 Gebäude mit einer Gesamt-Anschlussleistung von 3 MW. 30 der Gebäude sind Mehrfamilienhäuser, die meisten sind Eigentum der Wohnungsbaugenossenschaft Borntal eG. Außerdem befinden sich eine Schule und ein Sportlerheim im Gebiet.

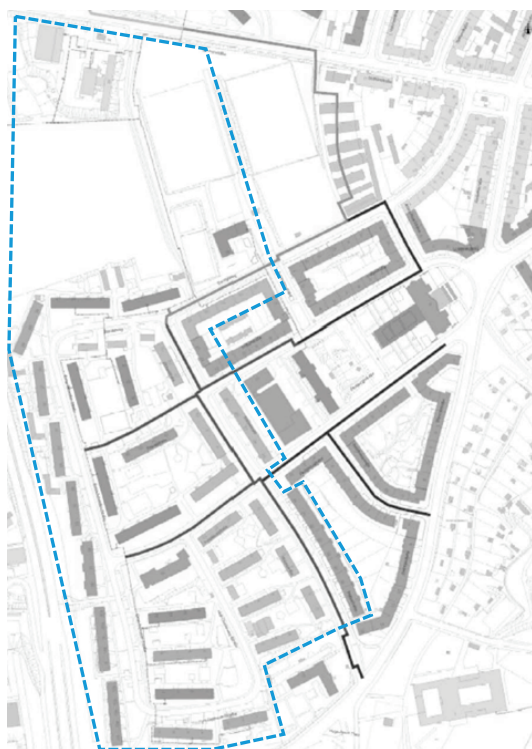


Abbildung 5-10: Netzplan des eingegrenzten iHAST-Quartiers Erfurt Borntal

Im Stadtteil Roter Berg werden etwa 90 % der Gebäude mit Fernwärme versorgt. Das Gebiet wird strahlförmig von einer zentralen Wärmeübergabestation versorgt (vgl. Abbildung 5-11). Aktuell existieren noch ein 2-/3- und 4-Leiter-System. Der Umbau des gesamten Gebiets auf 2-Leiter-System ist geplant und befindet sich in der Umsetzung. Bei 16 MW Anschlussleistung beträgt der Wärmeabsatz 20 GWh/a. Nur ca. 5 % der HAST sind Eigentum des EVU.

Im iHAST-Quartier befinden sich 40 Abnehmer mit ca. 10 MW Anschlussleistung. Von diesen Gebäuden sind 35 Mehrfamilienhäuser. Daneben gibt es ein Gewerbegebäude, eine Kindertagesstätte, zwei Schulen und eine (zu einer der Schulen gehörige) Turnhalle im

Gebiet. Eine tabellarische Übersicht aller Objekte im iHAST-Quartier ist in Anhang A.4 zu finden.



Abbildung 5-11: Netzplan des eingegrenzten iHAST-Quartiers Erfurt Roter Berg

5.4.2 Lage und Entwicklung der Untersuchungsgebiete

Das Untersuchungsgebiet Borntal befindet sich am westlichen Rand Erfurts und dennoch zentrumsnah. In der aktuellen Stadtentwicklungsplanung erfährt das benachbart gelegene Quartier „Borntalbogen“ eine städtebauliche Neuordnung. Es sollen neue Wohnungen im Umfang von ca. 170 Wohnungen entstehen. Auf Grund dieser Planungen und der Bevölkerungsentwicklungen von Erfurt gehen wir davon aus, dass das Quartier Borntal ein sicherer Wohnstandort ist und zukünftig bleiben wird.

Laut Mietspiegel der Landeshauptstadt Erfurt gültig vom 01. Juli 2018 bis zum 30. Juni 2020 beträgt 4,10 € - 8,15 € Kaltmiete pro m².⁶⁵ Resultierend aus den aufgezählten Fakten, wird davon ausgegangen, dass es sich beim Untersuchungsgebiet um einen sicheren Wohnstandort handelt.

Die im Untersuchungsgebiet vorhandenen Gebäude sind in einem optisch guten Zustand. Bezüglich der energetischen Qualität der Gebäude im Quartier sind weitere energetische

⁶⁵ Mietspiegel 2018 der Landeshauptstadt Erfurt für nicht preisgebundene Wohnungen; https://www.erfurt.de/mam/ef/service/mediathek/publikationen/2018/erfurt_mietspiegel_2018.pdf

Modernisierungen denkbar. Auf Grund des guten optischen Eindrucks und des relativ niedrigen Mietspiegels ergibt sich kein vordringlicher Modernisierungsdruck.

Die Stadtwerke Erfurt stellten die Wärmeverbräuche für die Jahre 2015 bis 2018 bereit. Zum Zeitpunkt der Ablesung wurden keine konkreten Aussagen gemacht. Für die Klimabereinigung der Verbrauchswerte wurde jeweils ein Ablesezeitraum vom 01. Januar bis zum 31. Dezember angenommen. Einige der Gebäude wurden in den Jahren 2015 und 2016 über ein Nahwärmenetz versorgt. Ab 2017 sind sie an das Fernwärmenetz angeschlossen worden. Auf die Wärmeabnahme hatte dieser Umstand keine Auswirkungen.

Eine Reihe von weiteren Gebäuden wurde erst im Betrachtungszeitraum an die Fernwärme angeschlossen. In die Bilanzierung sind nur die Jahre eingegangen, die von der Wärmeabnahme als vollständige Jahre ersichtlich waren. Eine Anrechnung von Teilen des Wärmeverbrauchs einzelner Jahre hätten die Einsparungseffekte durch Gebäudemodernisierungen verfälscht. Bei der Berechnung von Einspareffekten durch iHAST sollte dieser Umstand berücksichtigt werden. In der Abbildung 5-12 werden die betroffenen Objekte mittels * oder ** markiert.

Die Flächen der Gebäude im Quartier wurden über das Geoportal Thüringen⁶⁶ ermittelt.

Im Untersuchungsgebiet Borntal finden sich vor allem die Bauweise Q3A in unterschiedlicher Geschossanzahl und geringfügigen Änderungen der Fassadengestaltung bezüglich der Fensterform.

Für die Bilanzierung des zukünftigen Wärmebedarfs im „business as usual-Szenario“ wird davon ausgegangen, dass innerhalb der nächsten 10 Jahre ein Gebäude der WBG und ein Gebäude in privater Hand energetisch modernisiert wird. Diese Annahme gründet auf der jährlichen Modernisierungsquote von 2 % des Gebäudebestandes⁶⁷ und den stadtspezifischen Parametern.

Die blauen Umrandungen in der Abbildung 5-12 zeigen die Einsparungen an den drei beispielhaft ausgewählten Gebäuden. Alle modernisierten Bauteile der ausgewählten Gebäude werden auf das heute gültige Niveau Bestandmodernisierung laut EnEV aufgewertet.

⁶⁶ Geoportal Thüringen; <https://www.geoportal-th.de/de-de/Downloadbereiche/Download-Offene-Geodaten-Th%C3%BCrtingen/Download-ALKIS-flurweise> [letzter Zugriff 29.04.2019]

⁶⁷ <https://www.geb-info.de/Archiv/Newsletter-Archiv/article-268252-105363/zdb-fordert-klimaschutz-abschreibung-.html> Online: [letzter Zugriff: 24.06.2019]

Es gibt im Untersuchungsgebiet keine nennbaren Leerstände. Daher erwarten wir keine signifikanten Veränderungen der Bewohnerschaft und damit geändertes Nutzerverhalten bezüglich des Trinkwarmwasserbedarfs. Es liegen uns keine statistischen Daten zur demographischen Entwicklung des Quartiers oder gar des Untersuchungsgebietes vor. Vor Ort fanden wir eine altersgemischte Bewohnerschaft vor. Daher gehen wir davon aus, dass sich die Sterberate und die Geburtenrate in Bezug auf die nächsten 10 Jahre relativ die Waage halten.

Wärmebedarfe für die nächsten 10 Jahre

Der Wärmeverbrauch, klimabereinigt betrug im Durchschnitt der Jahre 2015 bis 2018 pro Jahr 4.676 MWh (vgl. Abbildung 5-12). Im Szenario „business as usual“ reduziert sich der jährliche Wärmebedarf gegenüber dem Ist-Zustand um 179 MWh auf 4.497 MWh im Jahr. Die jährliche Einsparung im Energieeffizienzscenario gegenüber dem Ist-Zustand beträgt 1.540 MWh. Der Wärmebedarf beträgt in diesem Szenario 3.136 MWh im Jahr. Die Veränderungspotenziale der einzelnen Gebäude sind in Abbildung 5-12 dargestellt.

Untersuchungsgebiet im Quartier Erfurt Borntal			Entwicklung business as usual - Szenario	Entwicklung Energieeffizienz- Szenario
lfd. Nr.		Ø Wärmeverbrauch Ist-Zustand in kWh/a	Wärmebedarf gesamt in kWh/a für die nächsten 10 Jahre	Wärmebedarf gesamt in kWh/a für die nächsten 10 Jahre
6	*	290.811	250.043	195.686
29	**	138.543	138.543	93.225
30	*	120.595	120.595	81.148
31	*	83.273	83.273	56.034
32	*	224.717	224.717	151.212
33	**	81.764	81.764	55.019
34	*	39.249	39.249	26.410
35	*	34.717	34.717	23.361
36	*	140.807	140.807	94.749
37		53.248	53.248	31.514
38		52.709	52.709	31.195
39	**	40.806	28.869	24.150
1	*	142.324	142.324	71.408
2	*	142.938	142.938	71.716
3	*	130.600	130.600	65.526
7		156.322	156.322	121.390
8		149.299	149.299	115.936
9		161.401	161.401	126.278
14		160.608	160.608	124.718
15	*	169.338	169.338	131.497
16	*	150.883	150.883	117.166
17	*	144.468	144.468	112.185
18		167.818	167.818	133.295
19		168.878	168.878	134.138
20	*	111.713	111.713	56.050
21		179.936	179.936	139.727
25	*	120.387	120.387	60.402
26	*	180.840	180.840	90.733
27	*	154.687	154.687	77.611
28		232.740	232.740	180.731
4		356.419	230.403	200.309
5		64.769	64.769	61.516
10	*	127.945	127.945	79.602
Σ Wärmeverbrauch Untersuchungsgebiet		4.676		
IST-Zustand (2015 - 2018) in MWh/a				

Potentieller Σ Wärmeverbrauch Untersuchungsgebiet Zustand in 10 Jahren business as usual in MWh/a 4.497

Potentieller Σ Wärmeverbrauch Untersuchungsgebiet Zustand in 10 Jahren EnergieeffizienzszENARIO in MWh/a 3.136

	Annahme energet. modernisierte Gebäude	
	* erstes vollständiges Bezugjahr 2016	**erstes vollständiges Bezugjahr 2017
	extern = über gesonderten Wärmeerzeuger	Einrohrs. = Einrohrsystem

Abbildung 5-12: Aufstellung Wärmeverbrauch/Wärmebedarf in den Szenarien in den nächsten 10 Jahren für iHSAT Quartier in Erfurt Borntal

Erfurt Roter Berg

Das Untersuchungsgebiet Roter Berg befindet sich am nördlichen Rand mit Nähe zum Thüringer Zoopark Erfurt. Trotz der Lage eher am Rand der Stadt ist zwischen 2017 und 2018 ein Bevölkerungswachstum von ca. 1,4 % verzeichnet worden.⁶⁸

Im ISEK Erfurt 2020 (Fortschreibung 2030 noch in Bearbeitung) besteht für das Quartier Roter Berg eine Förderkulisse als Stadtumbaugebiet. Auf Grund dieser Planungen und der Bevölkerungsentwicklungen von Erfurt gehen wir davon aus, dass das Quartier Roter Berg ein sicherer Wohnstandort ist und zukünftig bleiben wird. Laut Mietspiegel der Landeshauptstadt Erfurt gültig vom 01. Juli 2018 bis zum 30. Juni 2020 beträgt 4,10 € - 8,15 € Kaltmiete pro m².⁶⁹

Resultierend aus den aufgezählten Fakten, wird davon ausgegangen, dass es sich beim Untersuchungsgebiet um einen sicheren Wohnstandort handelt.

Die im Untersuchungsgebiet vorhandenen Gebäude sind bezüglich ihres energetischen Modernisierungsstandes von sehr unterschiedlichen Qualitäten. Einige Gebäude sind komplett energetisch ertüchtigt, manche noch in weitgehend ungedämmten Zustand. Auf Grund der niedrigen Leerstandsquoten und des relativ niedrigen Mietspiegels ergibt sich kein vordringlicher Modernisierungsdruck. Die Eigentümerschaft der Gebäude ist sehr heterogen.

Die Stadtwerke Erfurt stellten die Wärmeverbräuche für die Jahre 2015 bis 2018 bereit. Zum Zeitpunkt der Ablesung wurden keine konkreten Aussagen gemacht. Für die Klimabereinigung der Verbrauchswerte wurde ein Ablesezeitraum vom 01. Januar bis zum 31. Dezember angenommen.

Die Flächen der Gebäude im Quartier wurden über das Geoportal Thüringen⁷⁰ ermittelt.

Im Untersuchungsgebiet Roter Berg finden sich vor allem die Bauweise WBR Erfurt in unterschiedlichen Geschossanzahlen und geringfügigen Änderungen der Fassaden- ausbildung bezüglich der Fensterform.

⁶⁸ <https://www.erfurt.de/ef/de/rathaus/daten/bevoelkerung/stadtteile/109173.html> (Letzter Aufruf: 27.06.2019)

⁶⁹ Mietspiegel 2018 der Landeshauptstadt Erfurt für nicht preisgebundene Wohnungen; https://www.erfurt.de/mam/ef/service/mediathek/publikationen/2018/erfurt_mietspiegel_2018.pdf

⁷⁰ Geoportal Thüringen; <https://www.geoportal-th.de/de-de/Downloadbereiche/Download-Offene-Geodaten-Th%C3%BCrington/Download-ALKIS-flurweise> [letzter Zugriff 29.04.12019]

Für die Bilanzierung des zukünftigen Wärmebedarfs im „business as usual-Szenario“ wird davon ausgegangen, dass innerhalb der nächsten 10 Jahre drei Gebäude in unterschiedlicher Eigentümerschaft energetisch modernisiert werden. Diese Annahme gründet auf der jährlichen Modernisierungsquote von 2 % des Gebäudebestandes⁷¹ und den stadtspezifischen Parametern.

Die blauen Umrandungen in der Abbildung 5-13 zeigen die Einsparungen an den drei beispielhaft ausgewählten Gebäuden. Alle modernisierten Bauteile der ausgewählten Gebäude werden auf das heute gültige Niveau Bestandmodernisierung laut EnEV aufgewertet.

Im Untersuchungsgebiet gibt es eine Reihe von Gebäude, in denen Einrohrsysteme installiert sind. Eine Umstellung auf Zweirohrsystem würde Wärmeenergieeinsparungen ermöglichen. Einsparungseffekte dieser aufwendig herzustellenden Modernisierungen wurden in der durchgeführten Abschätzung nicht berücksichtigt. Die betroffenen Gebäude sind in der (vgl. Abbildung 5-13) mit „Einrohrs.“ gekennzeichnet.

Es gibt im Untersuchungsgebiet keine nennbaren Leerstände. Daher erwarten wir keine signifikanten Veränderungen der Bewohnerschaft und damit geänderten Nutzerverhalten bezüglich des Trinkwarmwasserbedarfs. Es liegen uns keine statistischen Daten zur demographischen Entwicklung des Quartiers oder gar des Untersuchungsgebietes vor. Vor Ort fanden wir eine altersgemischte Bewohnerschaft vor. Daher gehen wir davon aus, dass sich die Sterberate und die Geburtenrate in Bezug auf die nächsten 10 Jahre relativ die Waage halten.

Wärmebedarfe für die nächsten 10 Jahre

Der Wärmeverbrauch, klimabereinigt betrug im Durchschnitt der Jahre 2015 und 2018 pro Jahr 14.548 MWh (vgl. Abbildung 5-13). Im Szenario „business as usual“ reduziert sich der jährliche Wärmebedarf gegenüber dem Ist-Zustand um 490 MWh auf 14.058 MWh im Jahr. Die jährliche Einsparung im Energieeffizienzscenario gegenüber dem Ist-Zustand beträgt 3.426 MWh. Der Wärmebedarf beträgt in diesem Szenario 11.122 MWh im Jahr. Die Veränderungspotenziale der einzelnen Gebäude sind in Abbildung 5-13 dargestellt.

⁷¹ <https://www.geb-info.de/Archiv/Newsletter-Archiv/article-268252-105363/zdb-fordert-klimaschutz-abschreibung-.html> Online: [letzter Zugriff: 24.06.2019]

Untersuchungsgebiet im Quartier Roter Berg				Entwicklung business as usual - Szenario	Entwicklung Energieeffizienz- Szenario
lfd. Nr.	WW- Bereitung	Heizung	Ø Wärmeverbrauch Ist-Zustand in kWh/a	Wärmebedarf gesamt in kWh/a für die nächsten 10 Jahre	Wärmebedarf gesamt in kWh/a für die nächsten 10 Jahre
61			26.784	26.784	23.670
29		Einrohrs.	275.938	275.938	203.818
30		Einrohrs.	285.728	285.728	198.635
27		Einrohrs.	263.911	263.911	183.468
28		Einrohrs.	306.620	306.620	213.158
25		Einrohrs.	214.022	214.022	148.785
26		Einrohrs.	247.335	198.397	171.944
31		Einrohrs.	255.729	255.729	177.779
60		Einrohrs.	544.432	544.432	382.574
59		Einrohrs.	1.094.238	1.094.238	768.924
58		Einrohrs.	305.676	214.799	214.799
48		Einrohrs.	257.668	257.668	208.055
49		Einrohrs.	305.274	305.274	246.495
54		Einrohrs.	178.944	178.944	141.846
52		Einrohrs.	266.936	266.936	215.538
47		Einrohrs.	278.768	278.768	225.092
51		Einrohrs.	330.421	330.421	266.800
56		Einrohrs.	182.777	182.777	144.884
55		Einrohrs.	172.911	172.911	137.063
53		Einrohrs.	171.278	171.278	135.769
38			168.361	168.361	133.457
39			134.651	134.651	106.736
40			152.712	152.712	121.052
41			183.367	183.367	145.352
42			157.874	157.874	125.144
43			202.647	202.647	160.635
44			161.842	161.842	128.289
45			164.308	164.308	130.244
46			180.804	180.804	143.320
37			149.419	149.419	118.442
57			177.617	177.617	140.794
36			2.107.411	2.107.411	1.849.361
15			1.359.419	1.359.419	1.077.588
13			1.189.554	839.685	826.963
62			1.093.775	1.093.775	760.379
63			200.808	200.808	159.177
14			391.668	391.668	280.695
66			317.398	317.398	227.469
67			88.970	88.970	78.083
Σ Wärmeverbrauch Untersuchungsgebiet IST-Zustand (2015 - 2018) in MWh/a			14.548		

Potentieller Σ Wärmeverbrauch Untersuchungsgebiet Zustand 14.058

Potentieller Σ Wärmeverbrauch Untersuchungsgebiet Zustand in 10 Jahren Energieeffizienzzenario in MWh/a 11.122

	Annahme energet. modernisierte Gebäude	**erstes vollständiges Bezugjahr 2017
		* erstes vollständiges Bezugjahr 2016
extern = über gesonderten Wärmeerzeuger		Einrohrs. = Einrohrsystem

Abbildung 5-13: Aufstellung Wärmeverbrauch/Wärmebedarf in den Szenarien in den nächsten 10 Jahren für iHAST-Quartier in Erfurt Roter Berg

5.5 Leipzig

5.5.1 Übersicht Fernwärmenetz

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im zentrumsnahen Quartier Schönefeld (vgl. Abbildung 5-14). Der Stadtteil wird teilweise vom Primärnetz, teilweise vom Sekundärnetz versorgt. Das iHAST-Quartier ist vollständig an das Primärnetz angeschlossen, den Netzplan zeigt Abbildung 5-15. Es handelt sich um ein 2-Leiter-System mit gleitender VL-Temperaturfahrkurve. Die 34 Objekte haben eine Gesamt-Anschlussleistung von ca. 4 MW. Sämtliche Kunden sind Bestandskunden. Es gibt 31 Mehrfamilienhäuser, eine Kindertagesstätte, ein Büro- und ein großes Gewerbegebäude im Quartier. Lediglich 5 der 40 HAST sind Eigentum des EVU.



Abbildung 5-14: Lage des Stadtteils Leipzig Schönefeld (orange) und eingegrenztes iHAST-Quartier (blau) (Karte genordet, © OpenStreetMap-Mitwirkende)

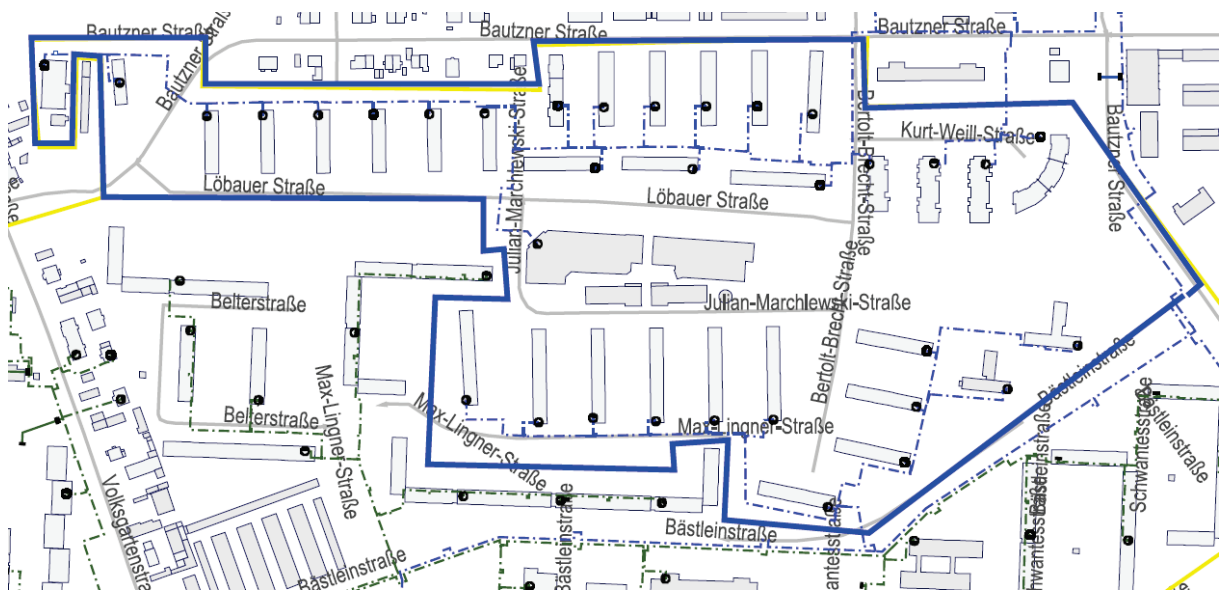


Abbildung 5-15: Netzplan des eingegrenzten iHAST-Quartiers Leipzig

5.5.2 Lage und Entwicklung des Untersuchungsgebietes Leipzig Schönefeld

Die Bevölkerungsentwicklung in Leipzig ist relativ stabil, Tendenz leicht wachsend. Zwischen 2016 und 2017 ist ein Bevölkerungswachstum von 1,9 %⁷² zu verzeichnen gewesen. In Leipzig haben mehr als 61 % der Haushalte ein niedriges, und ca. 30 % ein mittleres Einkommen zu verzeichnen.⁷³ Der Mietspiegel für Leipzig beträgt abhängig von der Art des Gebäudes zwischen 3,56 € - 4,97 € Kaltmiete pro m².⁷⁴ Resultierend aus den aufgezählten Fakten, wird davon ausgegangen, dass es sich beim Untersuchungsgebiet um einen sicheren Wohnstandort handelt.

Die im Untersuchungsgebiet vorhandenen Gebäude sind sehr heterogen bezogen auf ihren Modernisierungszustand. Bezüglich der energetischen Qualität der Gebäude im Quartier sind weitere energetische Modernisierungen anzuraten. Auf Grund des guten optischen Eindrucks und des relativ niedrigen Mietspiegels ergibt sich kein vordringlicher Modernisierungsdruck.

Die Netz Leipzig GmbH stellte die Wärmeverbräuche für die Jahre 2015 bis 2018 bereit. Zum Zeitpunkt der Ablesung wurden keine konkreten Aussagen gemacht. Für die Klimabereinigung der Verbrauchswerte wurde jeweils ein Ablesezeitraum vom 01. Januar bis zum 31. Dezember angenommen.

Im Untersuchungsgebiet finden sich 34 Gebäude vor allem in den Bauweisen Q3A, WBS 70, inkl. dazugehöriger Bildungsbauten und einige Gebäude aus den 1990er Jahren jeweils in unterschiedlichen Geschossigkeiten. Die Flächen der Gebäude im Quartier wurden über das Openstreetmap⁷⁵ ermittelt. Die Eigentümerschaft der Gebäude ist ebenso heterogen wie deren Bauweisen.

Für die Bilanzierung des zukünftigen Wärmebedarfs im „business as usual-Szenario“ wird davon ausgegangen, dass innerhalb der nächsten 10 Jahre drei Gebäude energetisch modernisiert werden. Die Wahl der zu modernisierenden Gebäude wurde auf Grund ihres

⁷² <http://www.wegweiser-kommune.de/statistik/leipzig+demographischer-wandel+2006-2017+2030+tabelle> (Letzter Zugriff: 26.06.2018)

⁷³ <http://www.wegweiser-kommune.de/statistik/leipzig+soziale-lage+2006-2017+tabelle> (Letzter Aufruf: 27.06.2019)

⁷⁴ Abschätzung auf Grundlage: Leipziger Mietspiegel (2016), https://www.leipzig.de/fileadmin/mediendatenbank/leipzig-de/Stadt/02.5_Deiz5_Jugend_Soziales_Gesundheit_Schule/50_Sozialamt/Veroeffentlichungen/Leipziger-Mietspiegel-2016.pdf

⁷⁵ openstreetmap: <https://www.openstreetmap.org/#map=17/51.35731/12.42499> (Letzter Aufruf: 08.08.2019)

derzeitigen Zustands und der Nutzung getroffen. Diese Annahme gründet auf der jährlichen Modernisierungsquote von 2 % des Gebäudebestandes⁷⁶ und den stadtspezifischen Parametern.

Die blauen Umrandungen in der Abbildung 5-16 zeigen die Einsparungen an den beispielhaft ausgewählten Gebäuden. Alle modernisierten Bauteile der ausgewählten Gebäude werden auf das heute gültige Niveau Bestandmodernisierung laut EnEV aufgewertet.

Es liegen uns zum Untersuchungsgebiet keine Angaben über Leerstände vor. Der Ausländeranteil stieg im Quartier Leipzig Schönefeld von 5,2 % 2014 zu 12,1 % im Jahr 2018. Es liegen uns keine weiteren statistischen Daten zur demographischen Entwicklung des Quartiers oder gar des Untersuchungsgebietes vor. Daher gehen wir davon aus, dass sich die Sterberate und die Geburtenrate in Bezug auf die nächsten 10 Jahre relativ die Waage halten.

Wärmebedarfe für die nächsten 10 Jahre

Der Wärmeverbrauch, klimabereinigt betrug im Durchschnitt der Jahre 2015 und 2018 pro Jahr 7.118 MWh (vgl. Abbildung 5-16). Im Szenario „business as usual“ reduziert sich der jährliche Wärmebedarf gegenüber dem Ist-Zustand um 134 MWh auf 6.984 MWh im Jahr. Die jährliche Einsparung im Energieeffizienzscenario gegenüber dem Ist-Zustand beträgt 1.563 MWh. Der Wärmebedarf beträgt in diesem Szenario 5.555 MWh im Jahr. Die Veränderungspotenziale der einzelnen Gebäude sind in Abbildung 5-16 dargestellt. Eine Reihe von Gebäuden ist noch mit einer Einrohrheizung ausgestattet. Betroffen sind die Nummern: 34, 36, 43, 51, 52, 53 und 96. Von einigen weiteren Gebäuden liegen uns keine Aussagen zur Art der Heizung vor. Durch einen Umbau der Systeme in Zweirohrheizungen bestehen Einsparungseffekte, die jedoch in dieser Berechnung nicht bilanziert wurden.

⁷⁶ <https://www.geb-info.de/Archiv/Newsletter-Archiv/article-268252-105363/zdb-fordert-klimaschutzabschreibung-.html> Online: [letzter Zugriff: 24.06.2019]

Untersuchungsgebiet im Quartier Leipzig - Schönefeld		Entwicklung business as usual - Szenario	Entwicklung Energieeffizienz- Szenario
lfd. Nr.	Ø Wärmeverbrauch Ist-Zustand in kWh/a	Wärmebedarf gesamt in kWh/a für die nächsten 10 Jahre	Wärmebedarf gesamt in kWh/a für die nächsten 10 Jahre
97	94.369	94.369	49.251
17	140.751	140.751	78.799
22	141.422	141.422	79.175
35	221.555	221.555	128.321
1	180.375	180.375	90.500
2	178.505	178.505	89.561
3	185.519	185.519	93.080
34	331.526	331.526	280.954
36	343.880	343.880	291.423
43	330.770	330.770	280.314
53	264.200	264.200	223.898
28	182.748	182.748	175.719
32	204.616	204.616	196.746
33	203.910	203.910	196.067
37	241.505	241.505	232.216
42	175.851	175.851	169.087
18	138.397	138.397	107.027
19	205.086	205.086	153.165
20	155.649	155.649	120.369
21	185.604	185.604	138.615
48	155.027	121.370	115.251
47	135.503	135.503	114.973
51	227.760	227.760	178.515
52	242.408	242.408	189.996
49	137.782	137.782	116.906
50	145.365	145.365	123.340
27	155.030	138.403	102.904
29	71.699	71.699	65.354
41	239.436	239.436	182.027
38	215.497	215.497	163.828
39	268.667	268.667	204.250
40	269.559	269.559	204.928
46	719.021	634.811	589.467
96	29.477	29.477	29.011
Σ Wärmeverbrauch Untersuchungsgebiet IST-Zustand (2015 - 2018) in MWh/a		7.118	
Potentieller Σ Wärmeverbrauch Untersuchungsgebiet Zustand in 10 Jahren business as usual in MWh/a		6.984	
Potentieller Σ Wärmeverbrauch Untersuchungsgebiet Zustand in 10 Jahren Energieeffizienzzenario in MWh/a		5.555	

Abbildung 5-16: Aufstellung Wärmeverbrauch/Wärmebedarf in den Szenarien in den nächsten 10 Jahren für das iHAST-Quartier in Leipzig

5.6 Olbersdorf

5.6.1 Übersicht Fernwärmenetz

Das Olbersdorfer Quartier Oberdorf sowie das zugehörige iHAST-Quartier sind in Abbildung 5-17 zu sehen. Abbildung 5-18 zeigt den zugehörigen Netzplan. Es handelt sich um ein Primärnetz mit gleitender Fahrkurve zwischen 74 und 104 °C.

Im iHAST-Quartier liegen 34 Objekte mit ca. 7 MW Gesamt-Anschlussleistung, welche alle Bestandskunden sind. Davon handelt es sich in 29 Fällen um Mehrfamilienhäuser, zusätzlich gibt es drei Kindertagesstätten, eine Grundschule, ein Büro- und ein Gewerbegebäude.

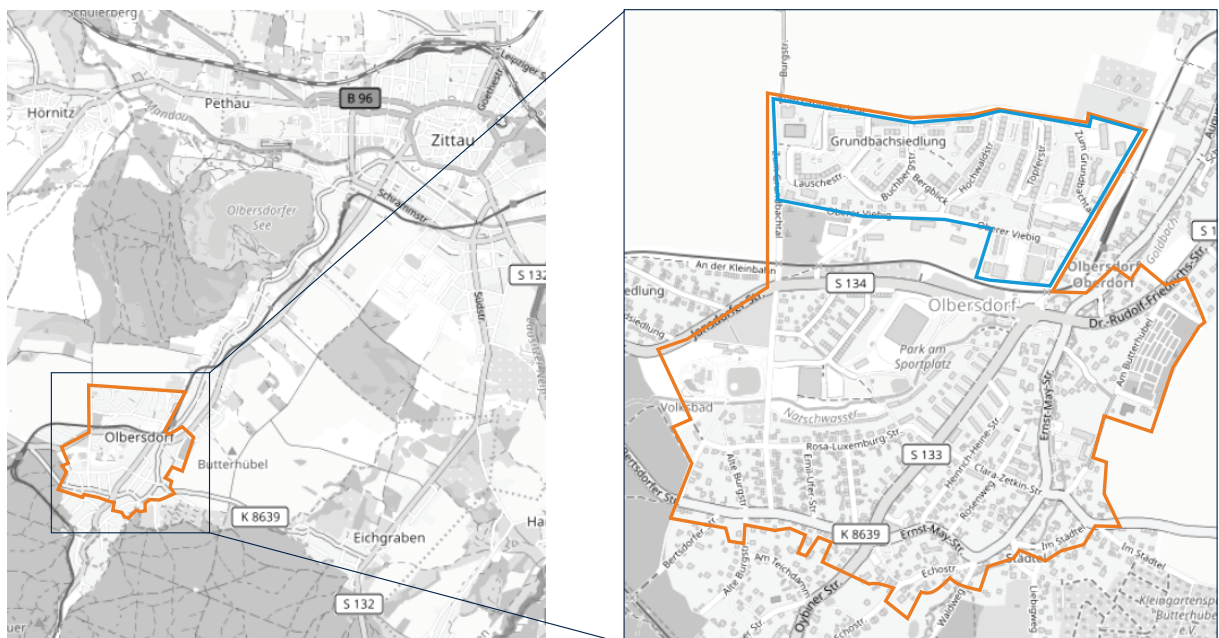


Abbildung 5-17: Lage des EFRE-Gebiets Olbersdorf Oberdorf (orange) und eingegrenztes iHAST-Quartier (blau) (Karte genordet, © OpenStreetMap-Mitwirkende)

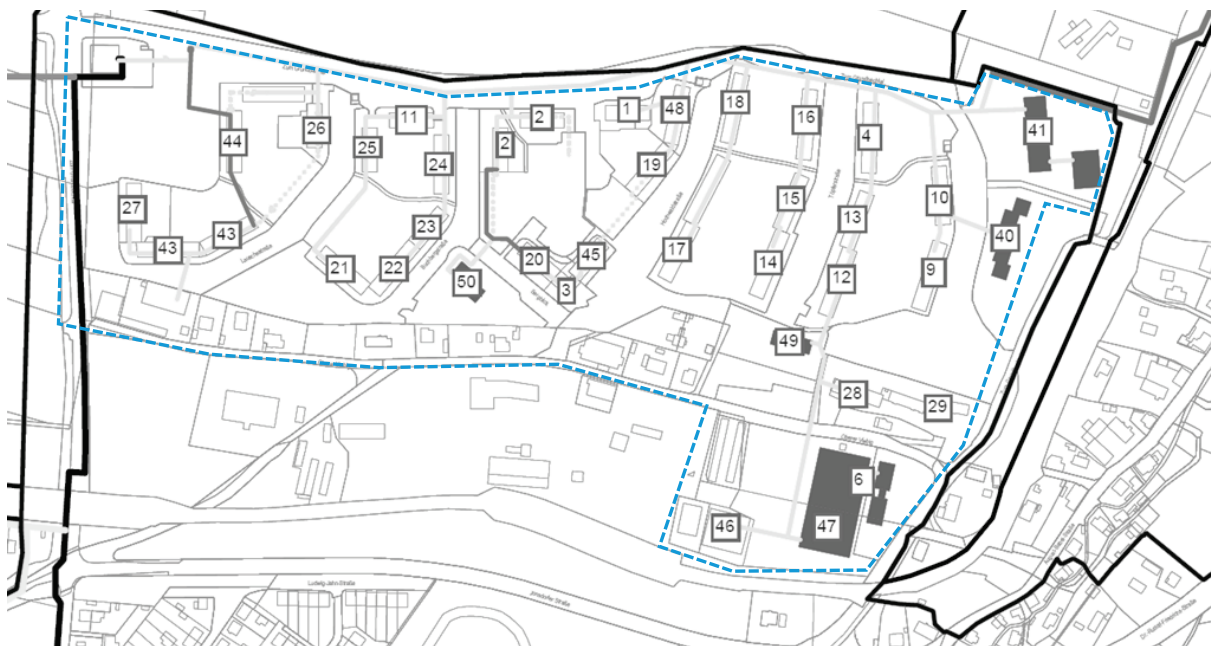


Abbildung 5-18: Netzplan des eingegrenzten iHAST-Quartiers Olbersdorf

5.6.2 Lage und Entwicklung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet Olbersdorf befindet sich zentrumsnah direkt angrenzend an den Bahnhof Olbersdorf Oberdorf. Die Bevölkerungsentwicklung ist seit Jahren stetig rückläufig. Zwischen 2015 und 2016 sank die Einwohnerzahl um 1,9 %.⁷⁷

Im Jahr 2015 hatte die Stadt Olbersdorf 5.155 Einwohner. Nur 7,9 % der Gesamtbevölkerung befindet sich im arbeitsfähigen Alter, davon ist über die Hälfte arbeitslos.⁷⁸

Im Handlungskonzept EFRE 2014 - 2020 ist das Untersuchungsgebiet als Stadtumbaugebiet deklariert. Auf Grund dieser Planungen wird davon ausgegangen, dass das Untersuchungsgebiet in Olbersdorf ein relativ sicherer Wohnstandort ist und zukünftig bleiben wird.

Olbersdorf hat keinen Mietspiegel. Annahmen zum Mietniveau wurden daher aus der Verwaltungsvorschrift des Landkreises Görlitz zu den Kosten der Unterkunft und Heizung

⁷⁷ Quelle:

<https://www.statistik.sachsen.de/Gemeindetabelle/jsp/GMDAGS.jsp?Jahr=2017&Ags=14626400>
(Letzter Zugriff: 26.06.2019)

⁷⁸ Datengrundlage: Sozialstrukturatlas Landkreis Görlitz 2017, S. 36,

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUK EwiGp4yRwYnjAhUMEpokHR9kADgQFjAAegQIBhAC&url=https%3A%2F%2Fmedia.lk-goerlitz.active-city.net%2Fdownloads%2Fgesundheit%2FSozialstrukturatlas_2017_LK_GR.pdf&usg=AOvVaw0Srjlet0LiL_I2opDC9LI8

abgeleitet. Aus diesem Dokument gehen ca. 4,00 € - 6,00 € Kaltmiete pro m² je nach Haushaltsgröße hervor. Die ca. 6,00 € stehen hierbei für einen Einpersonenhaushalt.⁷⁹

Die im Untersuchungsgebiet vorhandenen Gebäude sind in einem optisch annehmbaren Zustand. Bezüglich der energetischen Qualität der Gebäude im Quartier sind weitere energetische Modernisierungen denkbar. Auf Grund des relativ niedrigen Mietspiegels und der rückläufigen Bevölkerungsentwicklung ergibt sich kein vordringlicher Modernisierungsdruck. Die Wohngebäude gehören zumeist der Wärmeversorgungsgesellschaft, davon ca. ein Drittel der WG Zittau und einer Firma namens Projekt B.

Die Flächen der Gebäude im Quartier wurden über das Geoportal Sachsen⁸⁰ ermittelt.

Im Untersuchungsgebiet Olbersdorf findet sich vor allem die Bauweise WBS 70 als 4- und 6-Geschosse inkl. dazugehöriger Bildungsbauten (Kindertagesstätte und Schule). Ergänzt wird das Bauegefüge durch Bauten mit gewerblicher und Verwaltungsnutzung der Neunziger Jahre.

Die Wohnungsversorgungsgesellschaft Olbersdorf mbH stellte die Wärmeverbräuche für die Jahre 2015 bis 2018 bereit. Zum Zeitpunkt der Ablesung wurden keine konkreten Aussagen gemacht. Für die Klimabereinigung der Verbrauchswerte wurde jeweils ein Ablesezeitraum vom 01. Januar bis zum 31. Dezember angenommen.

Die Abschätzungen zur Veränderung basieren auf den Wärmeverbräuchen von 2015 bis 2018. Im Jahr 2018 und 2019 wurden eine Reihe von Gebäuden energetisch modernisiert. Die Veränderungen des Wärmeverbrauchs können sich noch nicht in den Verbrauchszahlen ablesen lassen. Das Veränderungspotenzial dieser Gebäude wird abgeschätzt und die Gebäude in der Ergebnistabelle über grüne Umrandungen sichtbar gemacht.

Es gibt drei Gebäude, bei denen im Jahr 2018 zwei Geschosse zurückgebaut wurden. Für diese Gebäude wurden nur die Wärmeverbräuche des Jahres 2018 herangezogen.

⁷⁹ Quelle: Verwaltungsvorschrift des Landkreises Görlitz zu den Kosten der Unterkunft und Heizung (2017), https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiap-6A3onjAhVGzaQKHdPgDqIQFjAAegQIAhAC&url=https%3A%2F%2Fharald-thome.de%2Ffa%2Ffredakteur%2FKdU_Ordner%2FKdU_Goerlitz_LK_-_01.02.2017.pdf&usg=AOvVaw1OQhm8R117jipf4jwqRk0z

⁸⁰ Geoportal Sachsen, <https://geoportal.sachsen.de/cps/karte.html?showmap=true> [letzter Zugriff 29.07.2019]

Für die Bilanzierung des Wärmebedarfs im „business as usual-Szenario“ wird davon ausgegangen, dass innerhalb der nächsten 10 Jahre ein Wohngebäude energetisch modernisiert wird. Diese Annahme gründet auf den stadtspezifischen Parametern.

Die blauen Umrandungen in der Abbildung 5-19 zeigen die Einsparungen an den beispielhaft ausgewählten Gebäuden. Entsprechend dem vorgefundenen Gebäudezustand wird für die Abschätzung des Energieeinsparpotenzials eine sinnvolle energetische Modernisierung angenommen. Unter sinnvoll verstehen wir, dass bereits vorhandene energetisch aufgewertete Bauteile, so sie ihre technische Lebensdauer noch nicht erreicht haben und keine bautechnischen Mängel aufweisen, am Gebäude belassen werden. Alle anderen Bauteile werden auf das heute gültige Niveau Bestandmodernisierung laut EnEV aufgewertet.

Den übergebenen Unterlagen für das Untersuchungsgebiet Olbersdorf konnten keine Angaben zur Art der Heizungsinstallation als Einrohr- oder Zweirohrsystem entnommen werden. Vor der Auslegung einer gezielten Digitalisierungsstrategie ist abzuklären, ob noch Einrohrsysteme vorhanden sind.

Es liegen uns keine Angaben zu Leerständen im Untersuchungsgebiet vor. In der Stadt Olbersdorf ist die Bevölkerungsanzahl bereits über Jahre rückläufig. Zudem leben relativ viele nicht mehr erwerbstätige Menschen dort. Es ist daher davon auszugehen, dass die Einwohnerdichte im Untersuchungsgebiet langfristig abnehmen wird und damit der Warmwasserbedarf langfristig sinken wird. Eine genaue Dimensionierung der Verringerung kann auf Grund der vorliegenden Daten nicht vorgenommen werden.

Wärmebedarfe für die nächsten 10 Jahre

Der Wärmeverbrauch, klimabereinigt betrug im Durchschnitt der Jahre 2015 und 2018 pro Jahr 7.756 MWh. Im Szenario „business as usual“ reduziert sich der jährliche Wärmebedarf gegenüber dem Ist-Zustand um 74 MWh auf 7.682 MWh im Jahr (vgl. Abbildung 5-19). Die jährliche Einsparung im Energieeffizienzscenario gegenüber dem Ist-Zustand beträgt 997 MWh. Der Wärmebedarf beträgt in diesem Szenario 6.760 MWh im Jahr. Die Veränderungspotenziale der einzelnen Gebäude sind in Abbildung 5-19 dargestellt.

Untersuchungsgebiet in Olbersdorf Oberdorf				Entwicklung business as usual - Szenario	Entwicklung Energieeffizienz-Szenario
lfd. Nr.	WW-Bereitung	Heizung	Ø Wärmeverbrauch Ist-Zustand in kWh/a	Wärmebedarf gesamt in kWh/a für die nächsten 10 Jahre	Wärmebedarf gesamt in kWh/a für die nächsten 10 Jahre
12			269.164	269.164	229.581
13			173.698	173.698	148.154
23			147.382	147.382	125.708
1			214.698	214.698	187.217
2			440.480	440.480	384.098
45			205.814	205.814	179.469
3			126.960	126.960	110.709
4			303.368	303.368	264.537
48			271.156	242.955	236.448
9			306.126	306.126	266.941
10			205.603	205.603	191.545
14			268.254	268.254	233.918
15			180.138	180.138	157.081
18			297.873	297.873	277.506
19			213.684	213.684	186.332
21			248.085	248.085	216.330
22			225.645	225.645	196.762
24			203.925	203.925	177.823
27			233.091	233.091	203.255
11			133.690	133.690	116.577
20			168.108	168.108	146.590
26			174.163	174.163	151.871
16			262.672	262.672	229.050
17			268.721	268.721	234.325
17a			252.016	252.016	234.784
43			501.702	470.828	420.658
44			249.596	234.237	209.277
40			227.315	227.315	227.315
41			261.325	261.325	226.864
49			78.244	78.244	54.222
50			80.094	80.094	54.430
28			158.550	158.550	139.159
29			88.612	88.612	77.775
46			15.332	15.332	13.706
6			151.864	151.864	125.065
47			149.314	149.314	124.677
Σ Wärmeverbrauch Untersuchungsgebiet IST-Zustand (2015 - 2018) in MWh/a			7.756		

Potentieller Σ Wärmeverbrauch Untersuchungsgebiet Zustand **7.682**

Potentieller Σ Wärmeverbrauch Untersuchungsgebiet Zustand in 10 Jahren **Energieeffizienzscenario** in MWh/a **6.760**



-  Annahme energet. modernisierte Gebäude
-  Gebäude wurden bereits nach 2018 energetisch ertüchtigt, Einsparungen im Verbrauch noch nicht ablesbar

Abbildung 5-19: Aufstellung Wärmeverbrauch/Wärmebedarf in den Szenarien in den nächsten 10 Jahren für das iHAST in Olbersdorf

6 Erfassung des Digitalisierungsgrades

6.1 Zielstellung und Herangehensweise

Ein wesentliches Ziel des Projekts besteht in einem Überblick über den aktuellen Digitalisierungsstand existierender Hausanschlussstationen. Da die Feststellung des tatsächlichen Digitalisierungsgrades nur durch Vor-Ort-Begehungen möglich ist, war im Projekt die Untersuchung auf drei bis vier Objekte pro iHAST-Quartier beschränkt. Die ausgewählten Objekte werden im nachfolgenden Abschnitt 6.2 vorgestellt.

Folgende Hauptkriterien spielen bei der Auswahl eine Rolle:

- Die Gebäude sollen hinsichtlich ihrer Kubatur bzw. Bauart, der Nutzungsart (Mehrfamilienhaus, Einfamilienhaus, Schule, Hotel, Verwaltungsgebäude, ...) sowie des Fernwärmeanschlusses (direkt/indirekt, mit und ohne Trinkwassererwärmung bzw. Kälteversorgung) repräsentativ für einen Großteil des Gebäudebestands im Quartier sein.
- Sie sind ggf. auch quartiersübergreifend relevant (z. B. Mehrfamilienhäuser bestimmter Baujahre, Schulen oder Kindergärten).
- Es sollen bei Verschneidung der ausgewählten Objekte aus allen Quartieren alle relevanten Nutzungsarten abgebildet sein, um so iHAST-Rolloutstrategien ableiten und bewerten zu können.

Für diesen Auswahlprozess haben die EVU für jeden einzelnen Hausanschluss im Quartier folgende Informationen zur Verfügung gestellt:

- Anschlussart (Bestandskunde, Neuanschluss eines Bestandgebäudes, Neuanschluss)
- Gebäudeart (Einfamilienhaus (EFH), Mehrfamilienhaus (MFH), Bürogebäude, MFH+Gewerbe, MFH+Büro, Hotel, Schule, Kita, Krankenhaus, Industrie, Gewerbe, Sonstiges)
- Anschlussleistung in kW
- Jahreswärmemengen von mindestens einem der Jahre 2015 bis 2018 bzw. ein Prognosewert für Neukunden

und soweit recherchierbar auch Baujahr, Heizungsart und energetischer Modernisierungsgrad der insgesamt 222 Gebäude.

Für die von den jeweiligen EVU und dem Projektkonsortium aus diesem Gesamtportfolio ausgewählten Objekte sind einerseits relevante technische Daten der HAST möglichst umfassend zu charakterisieren (Leistungen, Temperaturen, Art Raumheizung und

Trinkwassererwärmung, Heizkurven etc.), andererseits aber der Schwerpunkt auf den Status der Digitalisierung zu legen. Damit sind Informationen über die verbauten Regler und Wärmemengenzähler und ggfs. die Möglichkeiten der Datenübertragung besonders relevant.

Für die detaillierte Datenaufnahme wurde eine Erfassungsmatrix (Steckbrief) entworfen (siehe Abschnitt 6.3), deren objektkonkrete Untersetzung mit Daten im Rahmen von gemeinsamen Objektbegehungen mit den EVU- und Objektverantwortlichen erfolgte. Zur Entwicklung einer „Rollout“-Strategie spielt außerdem die Schnittstelle Netzbetreiber/Gebäudeeigentümer eine wichtige Rolle – d. h. die Frage, bis zu welcher Stelle die Anlage Eigentum des Netzbetreibers ist. Diese Information liegt für sämtliche Objekte in den eingegrenzten Quartieren vor.

6.2 Ausgewählte Objekte

6.2.1 Übersicht

Insgesamt wurden die Daten von 20 Objekten mit einer Gesamt-Anschlussleistung von etwa 3.300 kW über detaillierte Steckbriefe charakterisiert. Die Zusammenstellung in Abbildung 6-1 veranschaulicht die Bandbreite der Anschlussleistungen, die (bis auf das große Gewerbe) in einem Bereich von 40 bis 280 kW liegen und relativ gleichmäßig verteilt sind. Tabelle 3.1 gibt einen quartiersweise strukturierten Überblick zu den ausgewählten Objekten, welche in den nachfolgenden Abschnitten hinsichtlich des Auswahlprozesses und des Digitalisierungsgrades vorgestellt werden.

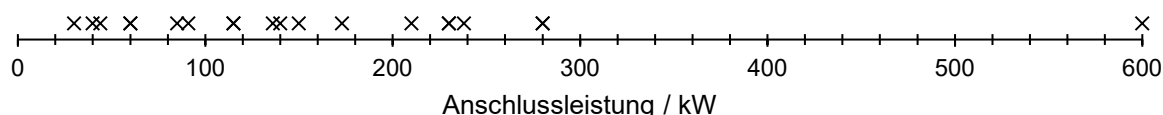


Abbildung 6-1: Verteilung der Anschlussleistungen der ausgewählten Objekte

Tabelle 6-1: Überblick ausgewählter iHAST-Objekte (Codierung, Gebäudetyp, Anschlussleistung und Quartier)

Code	Gebäudetyp	Anschlussleistung [kW]	Quartier
BL1	MFH	40	Bad Lobenstein
BL2	MFH	60	Bad Lobenstein
BL3	MFH	280	Bad Lobenstein
CH1	Schule	210	Chemnitz
CH2	MFH+Gewerbe	44	Chemnitz
CH3	Hotel	91	Chemnitz
CH4	Büro	60	Chemnitz
EB1	Schule	230	Erfurt Borntal
EB2	MFH	115	Erfurt Borntal
EB3	MFH	115	Erfurt Borntal
ER1	Schule	280	Erfurt Roter Berg
ER2	Kita	140	Erfurt Roter Berg
ER3	MFH	238	Erfurt Roter Berg
ER4	MFH	150	Erfurt Roter Berg
LE1	MFH	85	Leipzig
LE2	MFH	30	Leipzig
LE3	Gewerbe	600	Leipzig
OL1	MFH	230	Olbersdorf
OL2	MFH	173	Olbersdorf
OL3	Gewerbe	136	Olbersdorf

Es dominieren MFH als Gebäudetyp, da alle Quartiere durch Wohngebäude mit einigen Schulen, Kindergärten und Gewerbeeinheiten geprägt sind. Meist handelt es sich um reine Mehrfamilienhäuser zu Wohnzwecken. Lediglich in Chemnitz sind im Erdgeschoss eines Objekts auch zwei Gewerbeeinheiten zu finden, welche aktuell jedoch (noch) leer stehen. In Leipzig war ein großer Gewerbekomplex Teil der detaillierten Untersuchungen, mit 600 kW Anschlussleistung handelt es sich hierbei um den mit Abstand größten Abnehmer. Die Gewerbeeinheit in Olbersdorf ist deutlich kleiner und schließt außerdem die Versorgung eines Büros (Gemeindeamt) mit ein. Im einzigen betrachteten Bürogebäude (Chemnitz) ist

im Erdgeschoss eine Werkstatt (Metallverarbeitung) vorhanden. Außerdem konnte in Chemnitz ein Hotel in die Untersuchungen aufgenommen werden.

In sämtlichen gewählten Liegenschaften wird die Fernwärme ausschließlich für Raumheizung und ggfs. Trinkwassererwärmung (TWE) genutzt. Thermisch betriebene Kälteanlagen (bspw. Absorptionskälteanlagen) sind nicht vorhanden.

6.2.2 iHAST-Objekte in Bad Lobenstein

Das in Bad Lobenstein eingegrenzte Quartier besteht ausschließlich aus Mehrfamilienhäusern. Für die detaillierte Betrachtung wurden drei MFH ausgewählt, die repräsentative Anschlussleistungen und gleichzeitig eine möglichst hohe Anzahl an Vollbenutzungsstunden aufweisen.

6.2.3 iHAST-Objekte in Chemnitz

In Chemnitz wurden vier Objekte für die detaillierte Betrachtung gewählt. Die Schule (CH1) wurde vom Netzbetreiber vorgeschlagen. Das MFH+Gewerbe (CH2) ist ein für das Quartier repräsentatives Gebäude, außerdem ist es im Projekt das einzige gewählte MFH, welches im Erdgeschoss auch Gewerbeeinheiten enthält (wenn auch aktuell leerstehend, jedoch perspektivisch für ein tatsächliches Rollout sehr interessant). Außerdem wurden ein Hotel (CH3) und ein Büro (CH4) gewählt, da dieser Gebäudetyp im Projekt in keinem anderen Quartier für genauere Untersuchungen verfügbar war. Bei der Bewertung des Bürogebäudes ist der Einfluss der im Erdgeschoss ansässigen Werkstatt für Metallverarbeitung zu beachten.

6.2.4 iHAST-Objekte in Erfurt

In Borntal und Roter Berg wurden jeweils zwei MFH und eine Schule gewählt, in Roter Berg zusätzlich eine Kita.

6.2.5 iHAST-Objekte in Leipzig

In Leipzig gestaltete sich die Auswahl der Objekte schwieriger als in den anderen Quartieren, da die meisten HAST hier nicht dem Netzbetreiber, sondern dem Gebäudeeigentümer gehören. Für die Begehungen waren Netzbetreiber und iHAST-Team deshalb besonders auf die Kooperationsbereitschaft der Kunden angewiesen. So war die Begehung der einzigen Kita im Quartier nicht möglich. Es wurden zwei MFH gewählt, die den überwiegenden Teil der Bebauung im Quartier ausmachen. Außerdem war ein großer Gewerbekomplex mit 600 kW Anschlussleistung Teil der Untersuchungen.

6.2.6 iHAST-Objekte in Olbersdorf

Bei den iHAST-Liegenschaften in Olbersdorf handelt es sich um zwei MFH sowie ein Gewerbegebäude. Letzteres umfasst die Versorgung eines Gemeindeamts, einer Zahnarztpraxis, einer Bank und eines Schreibwarengeschäfts.

6.3 Objektsteckbriefe inkl. Erfassungsmatrix Digitalisierungsgrad

Die Erfassungsmatrix bzw. der sogenannte Steckbrief wurde in MS Office Excel entworfen und ausgewertet. In Anhang B.1 findet sich eine leere Version des vollständigen Steckbriefs. Um einen Überblick zu gewinnen, sollen hier exemplarisch einige der aufgenommenen Daten aufgelistet werden:

- Gebäudedaten: Typ, Baujahr, Sanierungsgrad, Geschosszahl, ...
- Übergabestation: Anschlussleistung, Baujahr HAST, Volumenstrom- und Rücklauf Temperaturbegrenzung, ...
- Raumheizung: Temperaturen, Anschlussart an Fernwärme, Verteilung im Haus, ...
- Trinkwassererwärmung: Temperaturen, Anschlussart an Fernwärme, Art der Trinkwassererwärmung, ggfs. Speichervolumen, Zirkulation, Legionellenschaltung, ...
- Wärmemengenzähler: Typ, Baujahr, Fernauslesung möglich, ...
- Regler: Typ, Baujahr, Fernauslesung und -schreibzugriff möglich, ...

Die letzten beiden Anstriche dienen der Erfassung des Digitalisierungsgrades und sind in Abbildung 6-2 (WMZ-FW) und Abbildung 6-3 (Regler) ausschnittsweise dargestellt und mit Beispiel-Daten gefüllt.

WMZ 1 - Fernwärmeseite	WMZ123456	Zählernummer			
<i>Eingebaut am</i>	12.10.2015	<i>dd.mm.jj</i>			
<i>Einsatzgebiet</i>	3	<i>Auf Kundenseite ist angeschlossen (Mehrfachnennung möglich) 1 - Raumheizung; 2- TWE; 3 - Raumheizung + TWE; 4 - Klimatisierung (z. B. Beheizung AKM, Zentralgerät Lüftung)</i>			
<i>Zählerfabrikat</i>	Landis&Gyr				
<i>Zählertyp</i>	ULTRAHEAT T550				
<i>Fernauslesung vorhanden</i>	ja	<i>ja/nein</i>			
<i>Art der Fernauslesung</i>	M-Bus	<i>(M-Bus, TCP-IP,..)</i>			

Abbildung 6-2: Ausschnitt Steckbrief mit Beispiel-Daten für den Wärmemengenzähler Fernwärme

Regler 1 - HAST	<i>Einsatzgebiet</i>	3 - Raumheizung + TWE	<i>Auf Kundenseite ist angeschlossen (Mehrfachnennung mögl.): 1 - Raumheizung; 2- TWE; 3 - Raumheizung + TWE; 4 - Klimatisierung (z. B. Beheizung AKM, Zentralgerät</i>			
	<i>Baujahr</i>	2002				
	<i>Fabrikat</i>	Samson				
	<i>Typ</i>	TROVIS 5573				
	<i>Fernauslesung vorhanden</i>	Nein	<i>ja/nein</i>			
	<i>Art der Fernauslesung</i>		<i>(M-Bus, TCP-IP,..)</i>			
	<i>Fernzugriff vorhanden</i>	Nein	<i>ja/nein</i>			
	<i>Art des Fernzugriffs</i>		<i>(M-Bus, TCP-IP,..)</i>			

Abbildung 6-3: Ausschnitt Steckbrief mit Beispiel-Daten für den Regler 1

6.4 Aktuelle und Zielstufen der Digitalisierung

Die Liegenschaften werden in Abhängigkeit der bei der Begehung vorgefundenen Ausstattung den in Abschnitt 2 definierten Digitalisierungsstufen zugeordnet. Aktuell erreichen die meisten Liegenschaften lediglich die Digitalisierungsstufe 0 (siehe Tabelle 6-2), während als Ziele von den EVU stets Stufen zwischen 4 und 6 angegeben wurden.

Es ist allerdings zu beachten, dass die Angabe der aktuellen und Zielstufe noch keine Aussage darüber zulässt, welche bzw. wie viele Maßnahmen zum Erreichen der Zielstufe noch notwendig sind. So kann mit der Verschaltung eines einzigen Geräts bspw. ein „Sprung“ von Stufe 0 zu Stufe 4 erfolgen. Die Stufen werden folglich auch nicht unbedingt nacheinander erreicht. Deshalb erfolgt eine weitaus detailliertere Aufschlüsselung der Ergebnisse im nachfolgenden Abschnitt 6.5.

Tabelle 6-2: Übersicht der aktuellen und Zielstufen der Digitalisierung in den untersuchten Liegenschaften

Code	Gebäudetyp	Aktuelle Stufe	Zielstufe
BL1	MFH	0	4
BL2	MFH	0	4
BL3	MFH	0	4
CH1	Schule	0	6
CH2	MFH+Gew.	0	6
CH3	Hotel	0	6
CH4	Büro	0	6
EB1	Schule	0	4 (6)
EB2	MFH	4	4 (6)
EB3	MFH	4	4 (6)
ER1	Schule	0	4 (6)
ER2	Kita	0	4 (6)
ER3	MFH	0	4 (6)
ER4	MFH	0	4 (6)
LE1	MFH	0	4
LE2	MFH	0	4
LE3	Gewerbe	0	4
OL1	MFH	4*	6
OL2	MFH	4*	5
OL3	Gewerbe	0	5

6.5 Detaillierte Ergebnisse Digitalisierungsgrad

6.5.1 Übersicht

Eine detaillierte Beschreibung des Digitalisierungsstands erfolgt in den folgenden Abschnitten quartiersweise. Tabelle 6-3 gibt einen Gesamtüberblick über den aktuellen Stand bezüglich Digitalisierungsstufe 1 – d. h. es wird der FW-seitige WMZ inkl. dessen Datenübertragung betrachtet. In Tabelle 6-4 ist ein entsprechender Stand für die Stufe 4* zu sehen – hier geht es zusätzlich um den Lese- und Schreibzugriff auf den Regler (ohne

Betrachtung des WMZ-TWE). Ab hier soll aus Gründen der Vereinfachung immer nur von *dem* Regler gesprochen werden, da in den untersuchten Liegenschaften i. d. R. auch nur *ein* Regler installiert war. Ausnahmen bestanden nur, wenn die Anzahl der vorhandenen Heizkreise größer war als die am Regler maximal anschließbare. In diesen Fällen waren stets zwei Regler desselben Typs installiert, für welche also dieselben Randbedingungen der Digitalisierung (und auch dieselben Eigentumsverhältnisse) gelten.

Die Spaltenüberschriften sind wie folgt zu verstehen (siehe auch Abbildung 6-4):

- **A) WMZ bzw. Regler geeignet:** Das Gerät verfügt über benötigte Schnittstellen für die Datenübertragung.
- **B) Verschaltung vor Ort:** WMZ bzw. Regler sind mit der für die Datenübertragung notwendigen Hardware (Gateway etc.) verschaltet
- **C) Gateway etc. vorhanden:** Für die Datenübertragung benötigte Hardware (Gateway, ggfs. Modem, ggfs. Antenne etc.) ist vorhanden.
- **D) Datenübertragung Gebäude – Leitwarte:** Die Datenübertragung zwischen Gebäude und Datenbank des EVU ist möglich bzw. läuft bereits.
- **E) Software Leitwarte + Datennutzung:** In der Leitwarte können die Daten durch geeignete Software verarbeitet werden.

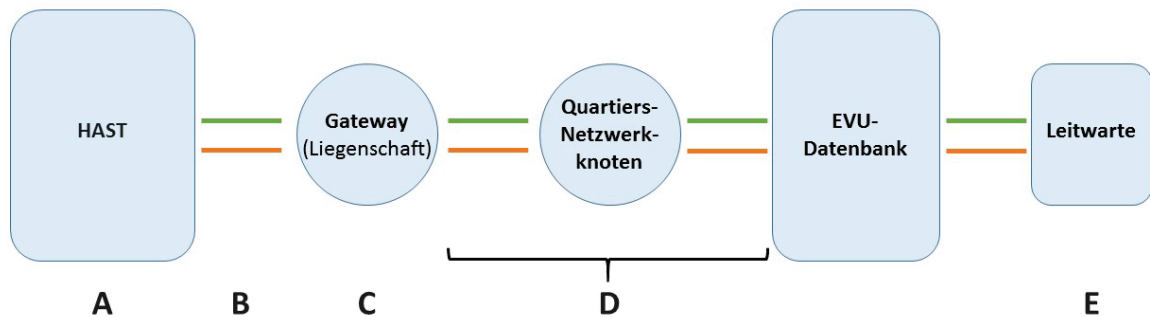


Abbildung 6-4: Digitalisierungsgrad einer Liegenschaft

Tabelle 6-3: Übersicht Ist-Stand Juni 2019 (nur Bad Lobenstein: Mai 2019): Digitalisierungsgrad Stufe 1 – Fernauslesung der fernwärmeseitigen WMZ

Code	Gebäude- typ	A	B	C	D	E
BL1	MFH	ja	geplant	ja	geplant	geplant
BL2	MFH	ja	geplant	ja	geplant	geplant
BL3	MFH	ja	geplant	ja	geplant	geplant
CH1	Schule	ja	ja	ja	ja	geplant
CH2	MFH+Gew.	ja	ja	ja	ja	geplant
CH3	Hotel	ja	ja	ja	ja	geplant
CH4	Büro	ja	ja	ja	ja	geplant
EB1	Schule	ja	möglich	möglich	Restriktionen	möglich
EB2	MFH	ja	ja	ja	ja	möglich
EB3	MFH	ja	ja	ja	ja	möglich
ER1	Schule	ja	möglich	möglich	Restriktionen	möglich
ER2	Kita	ja	möglich	möglich	Restriktionen	möglich
ER3	MFH	ja	möglich	möglich	Restriktionen	möglich
ER4	MFH	ja	möglich	möglich	Restriktionen	möglich
LE1	MFH	ja	geplant	geplant	geplant	geplant
LE2	MFH	ja	geplant	geplant	geplant	geplant
LE3	Gewerbe	ja	geplant	geplant	geplant	geplant
OL1	MFH	ja	ja	ja	ja	ja
OL2	MFH	ja	ja	ja	ja	ja
OL3	Gewerbe	Nein, bei Zähler- tausch möglich	möglich	möglich	möglich	möglich

Die Bewertung wurde anhand folgender Kriterien durchgeführt:

- **Ja:** Es sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich.
- **Geplant:** Netzbetreiber wird notwendige Maßnahmen zeitnah umsetzen bzw. arbeitet bereits daran.
- **Möglich:** Maßnahme ist mit geringem Aufwand umsetzbar (durch Zählertausch, Verkabelung vor Ort, Installation Zusatzmodule etc.), Umsetzung ist aber vom Netzbetreiber noch nicht konkret und zeitnah vorgesehen.
- **Nein:** Gerät erfüllt die Anforderungen nicht.
- **Restriktionen:** Maßnahme ist sehr aufwendig oder Umsetzbarkeit unsicher (Verlegung Datenkabel von HAST zu Leitwarte, Kooperation/Zustimmung Kunde notwendig etc.).

Wenn alle Felder einer Zeile grün markiert sind, ist die Digitalisierung bereits abgeschlossen. Nur wenn in einer Zeile *keine* roten Felder vorhanden sind, ist eine Digitalisierung im Sinne des iHAST-Gedankens ohne größere Hürden möglich. Sind z. B. WMZ und Gateway vorhanden und vor Ort verschaltet, es fehlt jedoch die Möglichkeit der Datenübertragung, so stellt dies eine Limitierung dar.

Tabelle 6-4: Übersicht Ist-Stand Juni 2019 (nur Bad Lobenstein: Mai 2019): Digitalisierungsgrad Stufe 4* – Fernauslesung und -schreibzugriff Regler (Regler in allen Liegenschaften sowohl für Fernwärme- als auch Hausseite)

Code	Gebäude- typ	A	B	C	D	E
BL1	MFH	ja	geplant	ja	geplant	geplant
BL2	MFH	ja	geplant	ja	geplant	geplant
BL3	MFH	ja	geplant	ja	geplant	geplant
CH1	Schule	ja	ja	ja	ja	geplant
CH2	MFH+Gew.	ja	ja	ja	ja	geplant
CH3	Hotel	Nein	möglich	möglich	möglich	möglich
CH4	Büro	ja	ja	ja	ja	geplant
EB1	Schule	Nein	möglich	möglich	Restriktionen	möglich
EB2	MFH	ja	ja	ja	ja	möglich
EB3	MFH	ja	ja	ja	ja	möglich
ER1	Schule	Nein	möglich	möglich	Restriktionen	möglich
ER2	Kita	Nein (nachrüstbar)	möglich	möglich	Restriktionen	möglich
ER3	MFH	ja	möglich	möglich	Restriktionen	möglich
ER4	MFH	ja	möglich	möglich	Restriktionen	möglich
LE1	MFH	ja	ja	ja	ja	ja
LE2	MFH	Nein (nachrüstbar)	möglich	möglich	möglich	möglich
LE3	Gewerbe	Nein	möglich	möglich	möglich	möglich
OL1	MFH	ja	ja	ja	ja	ja
OL2	MFH	ja	ja	ja	ja	ja
OL3	Gewerbe	ja	möglich	möglich	möglich	möglich

6.5.2 Bad Lobenstein

Die ausgefüllten Steckbriefe der in Bad Lobenstein detailliert untersuchten Liegenschaften befinden sich in Anhang C.1, C.2 und C.3. In Bad Lobenstein verfügen sowohl die Regler als auch die WMZ der begangenen Liegenschaften über eine notwendige Schnittstelle für die Digitalisierung. Die Gateways sind bereits in der Nähe der Hausanschlussstationen installiert. Die zentrale EVU-Datenbank war zum Zeitpunkt der Ortsbegehungen geplant,

aber noch nicht vollumfänglich umgesetzt. Aus der Sicht des Netzbetreibers wurden keine Restriktionen genannt, so dass die geplanten Maßnahmen zur Digitalisierung im nächsten Schritt umgesetzt werden müssen. Die Hausanschlussstationen der begangenen Liegenschaften sind Eigentum des Netzbetreibers.

6.5.3 Chemnitz

In Chemnitz-Brühl sind alle vier Objekte bereits mit fernauslesbaren Wärmemengenzählern versehen. Die Geräte sind M-Bus-fähig, die Datenübertragung zum Netzbetreiber wird über BACNet IP laufen. Allerdings fehlt aktuell noch die Software in der Leitwarte, sodass die Daten noch nicht genutzt werden können. Eine Implementierung ist jedoch zeitnah geplant.

Für die Regler in Schule (CH1), MFH+Gewerbe (CH2) und Büro (CH4) gilt ähnliches: Die Geräte sind für Fernauslesung und -schreibzugriff geeignet (M-Bus) und die Datenübertragung zum Netzbetreiber eingerichtet, nur die Software in der Leitwarte fehlt. Lediglich im Hotel (CH3) ist ein sehr alter Regler verbaut, welcher für Fernauslesung und -schreibzugriff nicht geeignet ist. Hier würde eine Digitalisierung voraussichtlich erst mit Sanierung bzw. Austausch der Hausanschlussstation erfolgen.

In allen vier Fällen ist die Hausanschlussstation inkl. Regler Eigentum des Netzbetreibers. Dies gilt auch für die anderen Gebäude im Quartier – bis auf zwei Mehrfamilienhäuser: Dort gehört zwar die HAST selbst dem Netzbetreiber, die Regler jedoch den Kunden.

6.5.4 Erfurt

Borntal

In Erfurt Borntal wurden zwei MFH und eine Schule untersucht. Die Digitalisierung der Fernwärmeversorgung ist in diesem Quartier weit fortgeschritten bzw. fast abgeschlossen.

Die beiden MFH (EB2 und EB3) sind Genossenschaftseigentum – so wie die meisten Gebäude im eingegrenzten iHAST-Quartier. Alle Genossenschaftsgebäude sind bereits voll digitalisiert: Es sind jeweils alle drei WMZ (Fernwärmeseite, Heizung, TWE) sowie der Regler fernauslesbar, für den Regler ist auch der Schreibzugriff möglich (jeweils M-Bus). Für die Abrechnung werden ohnehin WMZ auf der Hausseite (getrennt für Raumheizung und TWE) genutzt, da der Kunde die Wärmeverluste der Station nicht zahlen möchte.

Lediglich in der Schule (EB1) wird noch manuell abgelesen. Zwar ist der fernwärmeseitige Wärmemengenzähler für die Fernauslesung geeignet, aber es gibt aktuell keine Möglichkeit der Datenübertragung aus dem Gebäude zur Leitwarte des Netzbetreibers. Bei den Reglern hingegen handelt es sich um relativ alte Modelle, die Fernauslesung und -schreibzugriff nicht ermöglichen. Die HAST inkl. Regler ist Eigentum des Kunden, sodass Kooperationsbereitschaft des Kunden Voraussetzung für die Digitalisierung wäre.

Neben der Schule gibt es im Quartier nur ein weiteres Objekt (ein Vereinsheim), dessen HAST Kundeneigentum ist.

Roter Berg

Die Steckbriefe des Quartiers Roter Berg finden sich in den Anhängen C.11, C.12, C.13 und C.14. In diesem Quartier sind sämtliche HAST inkl. Regler Kundeneigentum. Es wird bisher keine Fernauslesung (und auch kein Schreibzugriff) genutzt. Grund hierfür ist in erster Linie, dass keine Datenübertragungsmöglichkeit von den jeweiligen Gebäuden zur Leitwarte des Netzbetreibers besteht.

In allen vier untersuchten Liegenschaften sind M-Bus-fähige WMZ verbaut, wobei die Daten aus genanntem Grund nicht genutzt werden können. Für die Regler in den beiden MFH (ER3 und ER4) gilt entsprechend ähnliches. Beim Regler in der Kita (ER2) wären durch Zusatzmodule Fernauslesung und Fernzugriff möglich, aber die Daten nicht zur Leitwarte übertragbar. Die Regler in der Schule (ER1) hingegen sind relativ alt und damit für eine Digitalisierung nicht geeignet.

6.5.5 Leipzig

In Leipzig Schönefeld ergab sich bei den drei untersuchten Liegenschaften ein sehr differenziertes Bild hinsichtlich des Digitalisierungsstands. Die Anhänge C.15, C.16 und C.17 enthalten die entsprechenden ausgefüllten Steckbriefe.

Der Netzbetreiber beschäftigt sich aktuell mit der Fernauslesung der WMZ. Es steht bereits fest, dass dies über eine Funkverbindung geschehen soll, sodass bereits zu großen Teilen funktaugliche WMZ verbaut sind bzw. dies beim Zählertausch realisiert wird. Momentan wird getestet, wie die Daten am besten vom Gebäude zur Leitwarte übertragen werden können. Weder die Nutzung von Antennen noch „Drive by“ (das „Heranfahren“ an den WMZ bis auf einen bestimmten Abstand) waren bisher vollkommen zufriedenstellend.

Im MFH LE1 ist bereits ein funktauglicher WMZ verbaut. Außerdem ist eine automatische Nachspeisung⁸¹ inkl. Zähler vorhanden, perspektivisch soll die Nachspeisedauerüberschreitung ebenfalls fernauslesbar werden. Der Regler unterstützt Fernauslesung und -schreibzugriff, die Datenübertragung erfolgt hier jedoch nicht über Funk, sondern über das Kabel des Kabelnetzbetreibers. (Die Funk-Übertragung wurde hier ebenfalls getestet, lieferte jedoch kein zufriedenstellendes Ergebnis.) Das Gebäude ist Genossenschaftseigentum. Die

⁸¹ Nachspeisung aus dem FW-Netz in die Hausanlage

Genossenschaft ist dem Netzbetreiber gegenüber sehr kooperativ und unterstützt das Vorhaben. Es existieren im Quartier zwei weitere Gebäude (in direkter Nachbarschaft), die derselben Genossenschaft gehören und quasi identisch zum untersuchten Gebäude sind (auch hinsichtlich des Digitalisierungsstands). In allen drei Fällen ist die HAST inkl. Regler Eigentum des Netzbetreibers.

Im MFH LE2 ist der WMZ bereits funktauglich und der Regler nachrüstbar. HAST inkl. Regler sind hier ebenfalls Eigentum des Netzbetreibers. Mit gerade einmal 30 kW Anschlussleistung (Neubau ohne TWE) handelt es sich um das Gebäude mit der geringsten Anschlussleistung aller detailliert betrachteten iHAST-Liegenschaften sowie aller Gebäude im Quartier.

Das Gewerbegebäude (LE3) ist mit 600 kW Anschlussleistung die „größte“ iHAST-Liegenschaft. Der WMZ ist ebenfalls funktauglich. Der Regler hingegen ist sehr alt und ermöglicht damit weder Fernauslesung noch Fernschreibzugriff. Da die HAST inkl. Regler Eigentum des Kunden ist, ist der Netzbetreiber hier auf die Kooperationsbereitschaft des Kunden angewiesen.

Von den 34 Objekten im Quartier ist in lediglich fünf Fällen die HAST inkl. Regler Eigentum des Netzbetreibers. Bei Neuanschlüssen ist immer noch in ca. 30 % der Fälle der Kunde Eigentümer.

6.5.6 Olbersdorf

Wie die meisten Gebäude im Quartier sind beide untersuchten MFH (OL1 und OL2) bereits digitalisiert. Die WMZ und Regler sind jeweils M-Bus-fähig. Die Fernauslesung wird vom Netzbetreiber genutzt, der Fernzugriff jedoch nicht, da der Betreiber es bevorzugt, vor Ort alle nötigen Einstellungen vorzunehmen. Die Steckbriefe der MFH sind in Anhang C.18 und C.19 einzusehen.

Der WMZ in der Gewerbeeinheit (OL3, vgl. Anhang C.20) hat keine M-Bus-Schnittstelle, weshalb die Fernauslesung noch nicht möglich ist. Der Regler ist geeignet, wird aber nicht für Fernauslesung oder -schreibzugriff genutzt. Ziel des Netzbetreibers ist die Fernauslesung sämtlicher WMZ im Quartier.

7 Systemische Effekte der Digitalisierten

Hausstationen

7.1 Allgemeines

7.1.1 Betrachtete Effekte

Die digitalisierte Hausstation verfügt im Vergleich zu den heute eingesetzten Stationen über eine umfangreichere und digitalisierte Ausstattung zur Sensorik und Aktorik einschließlich der für den Fernzugriff und den Datenaustausch notwendigen Informations- und Kommunikationstechnik. Ausbaustufen der Digitalisierung sind in Kapitel 3 beschrieben.

Die verbesserte Ausstattung eröffnet zeitlich aufgelöste Einsichten in die Betriebsweise der Hausstationen einschließlich der Hausanlagen und ermöglicht in der Folge eine Anpassung der Fahrweise vom Wärmenetz einschließlich der Wärmeerzeuger bis hin zu einer Gesamtoptimierung des Wärmeversorgungssystems. Erwartbare und im Rahmen des Projektes betrachtete systemische Effekte sind:

1. Optimierung der Netz-Vorlauftemperatur (Absenkung und/oder temporäre Erhöhung)
2. Reduzierung der Netz-Rücklauftemperatur
3. Einsatzoptimierung Wärmeerzeuger (zentral/dezentral) auf Grundlage eines fortlaufend verbesserten Wissens über die gebäudeseitigen Lasten und Temperaturanforderungen sowie des gebäudeseitigen Lastmanagements (inkl. dezentraler Speicher, Beeinflussung Höchstlast, Lastverteilung zwischen Gebäuden usw.)

Darüber hinaus sind Effekte in folgenden Bereichen möglich:

4. Abrechnung
5. Zielnetzplanung
6. Motivation Endkunden
7. Fehlererkennung
8. Einbindung dezentraler Einspeiser
9. Auslegung von Erzeugern, Anlagen und Speichern

7.1.2 Ableitung von Einsparpotenzialen aus den Steckbriefen: Methodik

Um den Nutzen von iHAST besser zu erfassen, scheint es sinnvoll, zunächst die auch *ohne* iHAST zu ermittelnden bzw. zu erreichenden Einsparpotenziale zu betrachten. Dazu erfolgt in diesem Kapitel eine Ableitung verschiedener Kennzahlen aus den Steckbriefdaten, die *Hinweise* auf mögliche Einsparpotenziale liefern. Sie sind – gegliedert nach jeweiliger

Wirkung – jeweils unter „Ableitung von Einsparpotenzialen aus den Steckbriefdaten“ zu finden. Dort befinden sich auch detaillierte Erläuterungen zu den Kennzahlen und getroffenen Randbedingungen. Eine Übersicht ist in Anhang D zu finden.

Die Kenngrößen sind dabei lediglich als Anhaltspunkte zu verstehen. Erst der Einsatz von iHAST bzw. die daraus gewonnenen Daten ermöglichen die tatsächliche Identifikation und Ausschöpfung von Einsparpotenzialen.

7.2 VL-Temperatur-Optimierung

7.2.1 Bedarfsgeführte Vorlauftemperatur

Die Vorlauftemperatur-Fahrkurve des Fernwärmenetzes ist idealerweise so gewählt, dass alle Wärmeanforderungen an den Abnahmestellen erfüllt werden und keine hydraulischen Engpässe auftreten. Da die Fahrkurve i. d. R. witterungsgeführt erfolgt, kann es temporär zu einem Wärmeüberangebot im Wärmenetz kommen, nämlich genau dann, wenn die Witterung eine höhere Last vermuten lässt, als tatsächlich erforderlich (z. B. infolge von örtlichen Speichereffekten oder Nutzungsänderungen). Eine überhöhte Vorlauftemperatur führt dazu, dass der Massestromdurchsatz in der Hausstation gedrosselt wird. Extreme Teillastbereiche und schlechte Regelung der Wärmeübergabe könnten die Folge sein.

Wären die abnehmerseitigen Temperaturanforderungen und Wärmebedarfe bekannt, könnte die Vorlauftemperatur im Netz darauf angepasst werden, statt allein einer witterungsabhängigen Fahrweise zu folgen. Dies wäre durch die Digitalisierungsstufe 1 erreichbar, wobei Abnehmer mit großer Leistung bzw. großem Wärmebedarf bevorzugt umzurüsten wären.

7.2.2 Optimierung Wärmeverluste/Pumpstromaufwand

Tendenziell gelten in FW-Netzen folgende Zusammenhänge:

Wird die VL-Temperatur (ab Erzeuger) gesenkt, sinkt die mittlere Übertemperatur am Wärmeübergabepunkt und damit auch die übertragbare Wärmeleistung. Dem wirkt die Regelung durch den Anstieg des Masse-/Volumenstroms und damit steigenden RL-Temperaturen entgegen. Mit der verringerten Temperaturspreizung an den Abnehmern und dem erhöhten Volumenstrom steigt der Pumpstromaufwand für den Betrieb der Netzpumpen.

In welchem Maße die RL-Temperatur mit sinkender VL-Temperatur ansteigt, ist stark von den Randbedingungen abhängig und schwer abzuschätzen. Erfahrungswerte zeigen jedoch, dass bei üblicherweise gefahrenen Temperaturbereichen der RL-Temperaturanstieg meist geringer ausfällt als die VL-Temperaturabsenkung. Dies bedeutet: Wird die VL-Temperatur

verringert, so sinken in der Regel die Wärmeverluste des Netzes, da die Mitteltemperatur sinkt.

Bei einer VL-Temperaturabsenkung stehen sich also der steigende Pumpstromaufwand und die sinkenden Wärmeverluste des Netzes sowie mögliche Effizienzgewinne der Wärmeerzeugung (z. B. Wärmepumpen, Solarthermie, KWK) gegenüber. Die VL-Temperatur kann folglich nach möglichst geringen Kosten, Primärenergiebedarfen oder anderen Kenngrößen optimiert werden.

Bereits ohne iHAST ist eine solche Optimierung mit Hilfe von Abschätzungen möglich: Der Pumpstromaufwand wird entweder bereits zeitlich aufgelöst und aktuell gemessen bzw. es liegen die Wertepaare Volumenstrom und Druckdifferenz vor, sodass mit Hilfe der Pumpenkennlinien Rückschlüsse möglich sind. Die Wärmeverluste des Netzes sind zumindest als Jahres-Gesamtwert bekannt. Mit Hilfe von Regressionen können die zeitlich aufgelösten, aktuellen Werte der Netzverluste abgeschätzt werden.

Eine Digitalisierung des Netzes durch iHAST könnte die Optimierung jedoch deutlich verbessern. Durch zeitlich aufgelöste und aktuelle Werte der Abnehmerleistungen wird die Ermittlung der tatsächlichen Wärmeverluste ebenfalls zeitlich aufgelöst möglich. Dabei ist zu beachten, dass die tatsächlichen Wärmeverluste erst mit leichtem zeitlichem Versatz bekannt werden. In Kombination mit kurzfristigen Prognosen für Abnehmerleistungen und Wärmeverluste (welche nach einem gewissen Zeitraum der Datensammlung möglich werden) sollten die Wärmeverlust-Werte jedoch sehr präzise zu bestimmen sein.

Für die Optimierung ist es zielführend, besonders die Abnehmer mit großer Leistung bzw. großem Wärmebedarf (zuerst) zu digitalisieren. Notwendig ist die Stufe 1. Ggfs. kann durch Stufe 2 die Qualität der Wärmebedarfs- und damit Wärmeverlustprognose verbessert werden.

7.2.3 Einhaltung Mindest-VL-Temperatur im Sommerlastfall

Besonders in kleinen bzw. hydraulisch wenig belasteten Netzen wird im Sommer die VL-Temperatur schon heute maßgeblich durch die hygienisch motivierten Anforderungen im Trinkwarmwasser (Legionellenvermeidung) bestimmt. Dazu muss die TWW-Temperatur laut Trinkwasserverordnung mindestens 60 °C betragen. (Im iHAST-Projekt war diese Temperatur tatsächlich in *allen* detailliert untersuchten Objekten als TWW-Solltemperatur eingestellt, mit vereinzelt Ausnahmen während der Speicherbeladung.) Mit Berücksichtigung einer Grädigkeit der Wärmeübertrager sowie eines Temperaturabfalls über der Leitungslänge muss die Mindest-VL-Temperatur ab Erzeuger folglich deutlich über 60 °C liegen.

Wie hoch genau die VL-Temperatur ab Erzeuger sein muss, ist heute für die EVU in der Regel nicht bekannt bzw. mit Abschätzungen verbunden. Hinzu kommt, dass aus Sicherheitsgründen die VL-Temperatur meist noch um einige K höher gewählt wird, als *vermutlich* notwendig.

Durch iHAST ist es möglich, die tatsächlichen VL-Temperaturen an den Abnehmern zeitlich aufgelöst und aktuell zu messen. Dabei kann einerseits lediglich die FW-seitige VL-Temperatur gemessen werden (Stufe 1) und so garantiert werden, dass die Einhaltung der in den TAB festgelegten FW-seitigen Mindest-VL-Temperatur gewährleistet wird. Andererseits wäre denkbar, durch die Digitalisierungsstufe 2 auch die tatsächliche TWW-Temperatur zu messen und so längerfristig zu prüfen, ob die in den TAB festgelegte FW-seitige Mindest-VL-Temperatur überhaupt notwendig ist oder sogar abgesenkt werden kann.

In beiden Fällen wären die vom zentralen Erzeuger weit entfernten Abnehmer (zuerst) zu iHAST umzurüsten. Stellt sich durch die Messungen heraus, dass in einzelnen Strängen besonders starke Temperaturabfälle zu verzeichnen sind, so sind hier ggfs. weitere Objekte zu digitalisieren. Sind dem EVU bestimmte Abnehmer bereits als „problematisch“ bekannt, so sollten diese selbstverständlich ebenfalls bevorzugt digitalisiert werden.

7.2.4 Ableitung von Einsparpotenzialen aus den Steckbriefdaten: Potenzial VL-Temperaturabsenkung aufgrund der Überdimensionierung der HAST

Für eine mögliche lokale VL-Temperaturabsenkung im Winter ist die Überdimensionierung der HAST relevant. Eine HAST wird als überdimensioniert definiert, wenn ihre Auslegungsleistung die im Vertrag festgeschriebene maximale Leistung *überschreitet*. Ist dies der Fall, so ist im Umkehrschluss eine Absenkung der VL-Temperatur möglich, ohne die Vertragsleistung zu *unterschreiten*.

Um den Sachverhalt zu quantifizieren wird der Überdimensionierungsfaktor $f_{\ddot{U}}$ der HAST wie folgt definiert:

$$f_{\ddot{U}} = \frac{\dot{Q}_{\text{Anschl,Vertrag}}}{\dot{Q}_{\text{Ausl,HAST}}} \quad 7.1$$

Werte < 1 stellen also (theoretisch) eine *Unterdimensionierung* dar, Werte > 1 eine *Überdimensionierung*. Da kleinere Abweichungen als Folge standardisierter Bauteile der HAST und geringfügigen Anpassungen der Vertragsleistung üblich sind, soll gelten:

- Bei Werten $< 0,9$ liegt eine *Unterdimensionierung* vor.
- Bei Werte $> 1,1$ liegt eine *Überdimensionierung* vor.

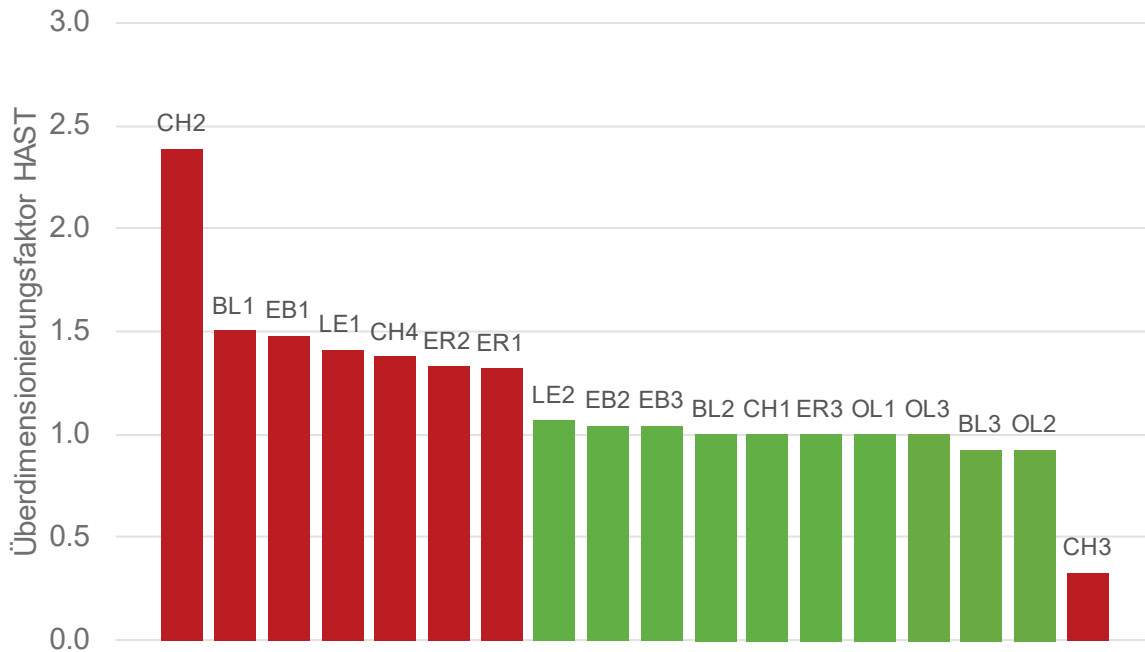


Abbildung 7-1: Überdimensionierungsfaktoren der untersuchten Liegenschaften

In Abbildung 7-1 sind die Überdimensionierungsfaktoren der untersuchten Liegenschaften graphisch dargestellt. Werte zwischen 0,9 und 1,1 sind grün eingefärbt, die restlichen rot. In zwei Fällen (ER4 und LE3) ist $f_{\ddot{u}}$ unbekannt, weshalb eine Darstellung entfällt.

An dieser Stelle sollen die Werte $> 1,1$ und $< 0,9$ zunächst auf ihre Plausibilität geprüft bzw. mögliche Ursachen für die starke Über- oder Unterdimensionierung gesucht werden.

CH2 (MFH)

In diesem Objekt ergab sich mit $f_{\ddot{u}} = \frac{105 \text{ kW}}{44 \text{ kW}} = 2,39$ der höchste Überdimensionierungsfaktor. Grund hierfür ist das Durchflusssystem zur TWE, welches eine sehr hohe Leistung (hier 105 kW) benötigt. Die Raumheizung hingegen ist für 44 kW ausgelegt. Die FW-seitige Temperaturspreizung beträgt im Auslegungsfall für „nur Raumheizung“ 30 K (80 °C/50 °C), im Auslegungsfall „nur TWE“ jedoch 50 K (70 °C/20 °C). So sind die sich jeweils ergebenden Volumenströme noch so ähnlich (1,3 m³/h zu 1,8 m³/h), dass ein Durchflusssystem ausreichend⁸² ist.

⁸² Der EVU entscheidet bei der Auslegung i. d. R. selbst, ob Durchfluss- oder Speicherladesystem installiert werden. Maßgebend dafür ist laut Aussage des EVU, ob der Volumenstrom im Auslegungsfall TWE nicht zu stark vom Volumenstrom im Auslegungsfall Raumheizung abweicht.

BL1 (MFH)

Im Objekt BL1 beträgt $f_{\dot{U}} = \frac{60 \text{ kW}}{40 \text{ kW}} = 1,50$. Das Baujahr der HAST ist unbekannt, allerdings kann der Zustand der HAST als „sanierungsbedürftig“ beschrieben werden, was auf ein relativ hohes Alter der HAST schließen lässt. Am Gebäude wurden die Fenster saniert, das Jahr ist jedoch unbekannt. Vermutlich wurde die HAST bereits bei der Installation überdimensioniert und durch die Sanierung der Fenster der Wärmebedarf zusätzlich etwas abgesenkt. Die Vertragsleistung könnte anschließend nach unten korrigiert worden sein, ohne die HAST auszutauschen.

EB1 (Schule)

In der Schule in Borntal liegt der Faktor bei $f_{\dot{U}} = \frac{340 \text{ kW}}{230 \text{ kW}} = 1,48$. An dieser Stelle sei zunächst auf die ungewöhnliche Auslegung verwiesen: Die Raumheizung des Gebäudes ist auf insgesamt 300 kW ausgelegt, die TWE auf 40 kW. Die HAST hat laut Typenschild eine Gesamt-Auslegungsleistung von 340 kW. Üblicherweise wird eine HAST jedoch nicht für die Summe aus Raumheizung und TWE ausgelegt, sondern für den größeren der beiden Werte (meist Raumheizung). In diesem Fall wäre eine HAST mit 300 kW ausreichend gewesen, was den Überdimensionierungsfaktor zumindest auf 1,30 reduziert hätte. Die übrige Abweichung könnte z. B. durch Sanierungsmaßnahmen zustande kommen: So wurden in der Schule Fenster, Dach und Giebelwände saniert. Das Jahr der Sanierung ist unbekannt, da die HAST jedoch bereits 13 Jahre alt ist, ist es nicht unwahrscheinlich, dass die Maßnahmen erst später stattfanden.

LE1 (MFH)

Das Mehrfamilienhaus LE1 hat mit einem Faktor von $f_{\dot{U}} = \frac{120 \text{ kW}}{85 \text{ kW}} = 1,41$ ebenso eine überdimensionierte Hausanschlussstation. Die Auslegung der HAST mit 120 kW bei der Auslegungsleistung für die Raumheizung von 120 kW ist plausibel. Auch hatte die Sanierung der Fenster, Außendämmung, der obersten Geschosdecke und der Trinkwassererwärmung im Jahre 1992 kein Einfluss für die Auslegung der HAST. Selbige wurde erst im Jahr 2012 erneuert. Ein offensichtlicher Grund für die Überdimensionierung ist in dieser Liegenschaft nicht zu erkennen.

CH4 (Büro)

Hier ergibt sich ein Überdimensionierungsfaktor von $f_{\dot{U}} = \frac{110 \text{ kW}}{80 \text{ kW}} = 1,38$. Die HAST ist relativ neu (Baujahr 2016), sodass die Überdimensionierung wohl nicht historisch gewachsen ist. Es gibt keine TWE, die vier Heizkreise benötigen im Auslegungsfall insgesamt 110 kW. Es könnte EVU-intern mit Gleichzeitigkeiten gerechnet worden sein, sodass sich eine

Anschlussleistung von 80 kW als ausreichend ergab, aus Sicherheitsgründen könnte die HAST aber trotzdem für 110 kW (also einen Gleichzeitigkeitsfaktor von 1) ausgelegt worden sein.

ER2 (Kita)

Im Objekt ER2 beträgt $f_{\ddot{U}} = \frac{186 \text{ kW}}{140 \text{ kW}} = 1,33$. Die Sanierung der Fenster, der Fassade und des Dachs (Jahr unbekannt) könnte hier zu einer Reduzierung der Vertragsleistung geführt haben, während die HAST (Baujahr 2005) nicht ausgetauscht wurde.

ER1 (Schule)

Hier liegt der Überdimensionierungsfaktor bei $f_{\ddot{U}} = \frac{370 \text{ kW}}{280 \text{ kW}} = 1,32$. Ähnlich wie im Objekt EB1 scheint auch hier die HAST ungewöhnlich groß dimensioniert zu sein – und zwar für die Summe aus Raumheizung und TWE, nicht etwa den größeren der beiden Werte (Raumheizung mit 335 kW). Bei Auslegung auf 335 kW läge der Faktor nur noch bei 1,20. Außerdem wurden – wie in der Kita ER2 – Fenster, Fassade und Dach saniert. Das Jahr ist unbekannt, die Sanierung nach dem Bau der HAST (2007) scheint jedoch realistisch.

CH3 (Hotel)

Mit $f_{\ddot{U}} = \frac{30 \text{ kW}}{91 \text{ kW}} = 0,33$ ist die HAST hier stark unterdimensioniert. Es handelt sich hier wohl um einen Sonderfall: Die Anlage (inkl. TWE des Gebäudes) wirkte sanierungsbedürftig, die HAST ist bereits 20 Jahre alt. Die Auslegungsleistung der Raumheizung und TWE sind unbekannt. Fenster, Dach und Heizungsanlage wurden in den 1990er Jahren modernisiert, seitdem fand keine weitere Sanierung statt. Denkbar wäre, dass die Vertragsleistung an die Vollbelegung des Hotels angepasst wurde, dies jedoch i. d. R. nicht (bzw. nicht bei Auslegungs-Außentemperatur) eintritt und so die deutliche Unterdimensionierung nicht zu einer Unterversorgung führt.

Fazit

Auf Grundlage der Steckbriefdaten ist zu vermuten: In 7 der 18 Liegenschaften mit bekanntem $f_{\ddot{U}}$ wäre eine lokale VL-Temperaturabsenkung im Winter allein aufgrund der Überdimensionierung der HAST möglich, ohne eine Unterversorgung zu riskieren.

7.2.5 Ableitung von Einsparpotenzialen aus den Steckbriefdaten: VL-Temperaturabsenkung im Sommerlastfall

Es wird angenommen, dass im Falle maximaler Sommerlast ausschließlich Wärme für die TWE benötigt wird (nicht für die Raumheizung) und die Last der Auslegungsleistung $\dot{Q}_{\text{TWE,Ausl}}$ entspricht. In diesem Fall soll der maximale Volumenstrom \dot{V}_{max} auf der FW-Seite

(Volumenstrombegrenzung oder Volumenstrom im thermischen Auslegungsfall) nicht überschritten bzw. gerade erreicht werden:

$$\dot{Q}_{\text{TWE,Ausl}} = \rho \cdot c_p \cdot \dot{V}_{\text{max}} \cdot (\vartheta_{\text{VL,FW}} - \vartheta_{\text{RL,FW}}) \quad 7.2$$

Dabei ist die RL-Temperatur $\vartheta_{\text{RL,FW}}$ auf der FW-Seite abhängig von der RL-Temperatur $\vartheta_{\text{RL,TWE}}$ der Hausseite. Es wird eine Differenz der beiden RL-Temperaturen von 5 K angenommen. So ergibt sich als minimale VL-Temperatur auf der FW-Seite:

$$\vartheta_{\text{VL,FW}} = (\vartheta_{\text{RL,TWE}} + 5 \text{ K}) + \frac{\dot{Q}_{\text{TWE,Ausl}}}{\rho \cdot c_p \cdot \dot{V}_{\text{max}}} \quad 7.3$$

Dabei entspricht $\vartheta_{\text{RL,TWE}}$ der Temperatur, die „unten“ im TWW-Speicher vorherrscht (bzw. ohne Speicher der Frischwassertemperatur) und ist somit vom Beladezustand abhängig.

Folgende Annahmen werden getroffen:

- Speicher entladen: $\vartheta_{\text{RL,TWE}} = 15 \text{ °C}$
- Speicher teilweise beladen: $\vartheta_{\text{RL,TWE}} = 30 \text{ °C}$
- Kein TWW-Speicher vorhanden: $\vartheta_{\text{RL,TWE}} = 15 \text{ °C}$

So ergeben sich für die Liegenschaften mit TWE mögliche VL-Temperaturabsenkungen gemäß Abbildung 7-2. Dabei bedeuten positive Werte eine mögliche Absenkung unter den oben genannten Voraussetzungen. Negative Werte bedeuten, dass bereits jetzt der fernwärmeseitige Volumenstrom bei Sommerlast größer ist als im thermischen Auslegungsfall oder die fernwärmeseitige VL-Temperatur höher ist als die minimale VL-Temperatur der Fahrkurve laut TAB.

Es zeigt sich: Besonders in den beiden Erfurter Quartieren scheint Potenzial zur globalen VL-Temperaturabsenkung im Sommer vorhanden zu sein. In Bad Lobenstein und Olbersdorf ist dies hingegen eher nicht der Fall. In Chemnitz und Leipzig kann mit jeweils einer Anlage mit TWE und bekannten Daten keine Aussage getroffen werden.



Abbildung 7-2: Mögliche VL-Temperaturabsenkung im Sommerlastfall

7.2.6 Ableitung von Einsparpotenzialen aus den Steckbriefdaten: Differenz FW- und hausseitiger VL-Temperaturen

Einen Hinweis auf das Potenzial zur VL-Temperaturabsenkung auf der FW-Seite kann die Differenz zwischen FW-seitiger VL-Temperatur (Index FW) laut TAB und VL-Temperatur der Raumheizung (Index RH) geben (sowohl im Auslegungs- als auch im Sommerfall):

$$\Delta\vartheta_{VL,Ausl} = \vartheta_{VL,Ausl,FW} - \vartheta_{VL,RH,Ausl} \tag{7.4}$$

$$\Delta\vartheta_{VL,Sommer} = \vartheta_{VL,Sommer,FW} - \vartheta_{VL,RH,Heizgrenz} \tag{7.5}$$

Diese Differenz ist nur als Anhaltspunkt zu interpretieren, da viele andere Faktoren für die Wahl der VL-Temperatur eine Rolle spielen (v. a. die hydraulische Belastung des Netzes sowie im Sommer die Einhaltung einer Mindesttemperatur zur Gewährleistung der TWW-Hygiene). Es gilt jedoch andersherum: Ist die Differenz der VL-Temperaturen gering, so wird eine Absenkung ggfs. ausschließlich durch die eingestellte hausseitige Heizkurve verhindert. Dies kann besonders bei kleinen, hydraulisch wenig beanspruchten Netzen der Fall sein.

Abbildung 7-3 zeigt die Differenzen der FW- und hausseitigen VL-Temperaturen in ausgewählten Liegenschaften. Der Übersichtlichkeit halber sind nur diejenigen Liegenschaften dargestellt, für die die Differenz jeweils im Auslegungs- und Sommerfall bekannt ist. Eine Übersicht aller Werte findet sich in Anhang D.

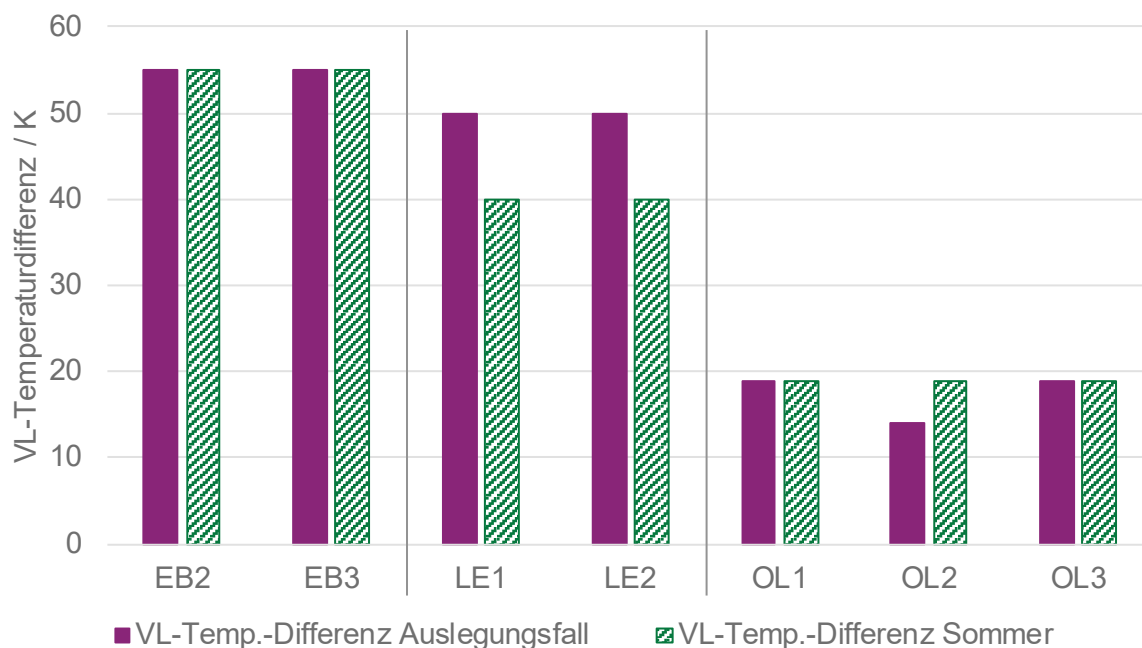


Abbildung 7-3: Differenzen der FW- und hausseitigen VL-Temperatur ausgewählter Liegenschaften

Das höchste Potenzial lässt sich in Erfurt Borntal und Leipzig Schönefeld vermuten. Wie bereits in Abbildung 5-2 zu Beginn des Berichts gezeigt, haben die beiden iHAST-Quartiere die höchsten VL-Temperaturen aller betrachteten Quartiere. Hier ist allerdings zu beachten, dass es sich in beiden Fällen um Primärnetzstrukturen sowie Netze mit großer Gesamtanschlussleistung handelt. Es ist daher möglich, dass die Netze hydraulisch stark belastet sind und eine VL-Temperaturabsenkung eine deutliche Erhöhung des Pumpstromaufwands nach sich ziehen würde. Ob dies der Fall ist und ob eine VL-Temperaturabsenkung sinnvoll ist, ließe sich durch die durch iHAST vorhandenen Daten (deutlich genauer) abschätzen (siehe dazu Abschnitt 7.1).

Das Netz in Olbersdorf ist deutlich kleiner, die FW-seitige VL-Temperatur laut TAB liegt hier bei 104 °C/74 °C. Zu den drei bekannten Heizkurven bestehen somit Differenzen von 14 bis 19 K. Hier könnte eine VL-Temperaturabsenkung um einige K möglich sein. Zu beachten ist dabei unbedingt die Einhaltung von Mindesttemperaturen aus Gründen der TW-Hygiene. Dies könnte durch den Einsatz von iHAST mit wenig Aufwand und erhöhter Sicherheit gewährleistet werden, wenn die tatsächlichen Temperaturen an den Abnehmern zeitlich aufgelöst und laufend aktuell bekannt sind.

Bei den Begehungen im Rahmen des Projekts zeigte sich: Die in den HAST eingestellten Heizkurven sind den EVU meist bereits bekannt. Teilweise sind die Daten aber nicht aktuell. So kann es bspw. vorkommen, dass ein Verantwortlicher vor Ort (z. B. Hausmeister etc.) die

Heizkurve ohne Wissen des EVU umstellt. In solchen Fällen würde die Digitalisierung bis zur Stufe 3 dem EVU ermöglichen, die tatsächlich eingestellten Werte fernauszulesen.

7.3 RL-Temperatur-Absenkung

7.3.1 Absenkungspotenzial

Die Absenkung der fernwärmeseitigen RL-Temperaturen wird durch die abnehmerseitige Rücklauftemperatur vorgegeben. Die messtechnische Erfassung und Auswertung der Rücklauftemperaturen auf beiden Seiten der Übergabestation gibt Hinweise auf unnötig große Grädigkeiten, die z. B. aus einer fehlerhaften Auslegung oder Betriebsweise der Wärmeübergabe resultieren. Hohe Rücklauftemperaturen auf der Abnehmerseite sind z. B. Folge von unzureichendem hydraulischen Abgleich, Überströmeinrichtungen (hydraulische Weiche, Überströmventile) oder unvorteilhaften Wärmeübergabeeinrichtungen (z. B. TWW-Speicher). Die digitalisierte Hausstation sollte zumindest in der Lage sein, Absenkungspotenziale sowie mögliche Ursachen für deren Beschränkung zu erkennen. Wärmenetzbetreiber und Gebäudeverantwortlicher können dann nach geeigneten wirksamen Möglichkeiten der Rücklauftemperaturbegrenzung oder -absenkung suchen.

7.3.2 Abgleich Heizkurve/VL-Temperatur-Fahrkurve

Besonders in Netzen mit niedrigen VL-Temperaturen kann es passieren, dass die FW-seitige VL-Temperatur an den Abnehmern die Soll-VL-Temperatur der Raumheizung unterschreitet. In einem solchen Fall könnten der Volumenstrom und damit verbunden die FW-seitige RL-Temperatur stark ansteigen, da die Regelung erfolglos „versucht“, die hausseitige Soll-VL-Temperatur zu erreichen. Dies ist besonders dann möglich, wenn keine Volumenstrom- oder Rücklauftemperaturbegrenzung eingestellt sind. Durch iHAST der Digitalisierungsstufe 3* könnten solche HAST erstmals flächendeckend identifiziert werden. Stufe 4* ermöglicht darüber hinaus eine Anpassung der Sollwerte mit geringem Personal- und Zeitaufwand. Da Heizkurven mit hohen VL-Temperaturen besonders in unsanierten Gebäuden zu finden sind, wären diese bevorzugt zu digitalisieren.

7.3.3 Speicher gezielt langsamer beladen

Durch das langsamere Beladen der TWW-Speicher könnte v. a. im Sommer die RL-Temperatur abgesenkt werden. Voraussetzung hierfür wäre selbstverständlich eine regelbare Speicherladepumpe. Außerdem muss die TWW-Versorgung stets gewährleistet sein – d. h. bei Unterschreiten eines bestimmten Speicherladezustands (Unterschreiten Soll-Temperatur am Einschaltfühler) muss weiterhin mit voller Leistung beladen werden. Aus diesem Grund sollte die Umsetzung in Kombination mit Lastmanagement-Maßnahmen erfolgen: Das langsame Beladen müsste erfolgen, *bevor* der Speicher vollständig entladen

ist. So wäre bspw. denkbar, einige TWW-Speicher im Netz bereits nachts bzw. sehr früh morgens mit verringerter Leistung zu beladen, wenn noch kein TWW benötigt wird. Gleichzeitig würden so Lastspitzen geglättet (siehe hierzu auch Abschnitt 7.4).

Das langsamere Beladen von TWW-Speicher kann auf zwei Wegen erreicht werden:

1. Anreizsysteme: Finanzielle Anreize können dazu führen, dass der Gebäudeeigentümer selbst Maßnahmen umsetzt. Die Digitalisierungsstufe 2 würde die Identifikation von Potenzialen sowie die Messung der tatsächlichen Beladeleistung ermöglichen bzw. vereinfachen.
2. Aktiver Eingriff in die hausseitige Regelung: Kann der EVU in die hausseitige Regelung eingreifen, so kann er selbst Beladeleistung und -zeitpunkt anpassen. Notwendig wäre hierfür die Stufe 4.

7.3.4 Ableitung von Einsparpotenzialen aus den Steckbriefdaten:

Legionellenschaltung

Durch eine sogenannte „vorbeugende Legionellenschaltung“ wird das Trinkwarmwasser-System in regelmäßigen Abständen mit einer erhöhten Temperatur betrieben, was zu einer geringeren Wahrscheinlichkeit positiver kultureller Legionellenbefunde führen soll. Nachweislich ist dieser Effekt jedoch nicht vorhanden, stattdessen führt eine Legionellenschaltung lediglich zu zusätzlichen Wärmeverlusten im System und zu einer Aufwärmung des kalten Trinkwassers in den Bereich des optimalen Legionellenwachstums, sodass dort positive Legionellenbefunde wahrscheinlicher werden. In Liegenschaften mit aktiver Legionellenschaltung besteht somit durch Abschaltung dieser ein Einsparpotenzial.⁸³

Im iHAST-Projekt trifft dies auf drei Objekte zu – die möglichen Einsparungen zeigt Tabelle 7-1. Dabei ist zu ergänzen, dass zumindest in Leipzig die Schaltung demnächst deaktiviert werden soll (Stand Juni 2019). Der Ermittlung der Einsparpotenziale liegen folgende Annahmen zugrunde: Es wird davon ausgegangen, dass die Temperatur des gesamten TWW-Speichers einmal von der üblichen Solltemperatur (hier 60 °C) auf eine erhöhte Temperatur (hier 68 °C bzw. 75 °C) angehoben wird und sämtliche dafür benötigte Wärme als Verlust an die Umgebung abgegeben wird. Somit entspricht das Einsparpotenzial je

⁸³ Siehe hierzu auch K. Rühling, R. Rothmann, L. Haupt, S. Hoppe, J. Löser, C. Schreiber, F. Wasser, N. Zacharias, T. Kistemann, C. Lück, T. Koshkolda, M. Petzold, G. Schaule, A. Nocker, J. Wingender, A. Kallert, D. Schmidt, R. Egelkamp, EnEff: Wärme – Verbundvorhaben Energieeffizienz und Hygiene in der Trinkwasser-Installation - Koordinierter Schlussbericht des BMWi-Verbundvorhabens FKZ 03ET1234A-D, Dresden, Bonn, Mülheim, Kassel, Dresden 2018

vermiedener Legionellenschaltung eben jener für das zusätzliche Aufheizen benötigten Wärmemenge. Daraus ergibt sich die jährliche Einsparung unter der Annahme einer wöchentlichen Durchführung.

Tabelle 7-1: Mögliche Einsparungen durch vermiedene Legionellenschaltung

	LE1	OL1	OL2
Temperatur Legionellenschaltung / Solltemperatur TWE	75 °C / 60 °C	68 °C / 60 °C	68 °C / 60 °C
Einsparung je vermiedener Legionellenschaltung <i>bei Annahme, dass Speicher um Temperatur-Differenz höher beladen wird</i>	8,7 kWh	5,5 kWh	4,6 kWh
Jährliche Einsparung durch vermiedene Legionellenschaltung <i>bei Frequenz 1 x wöchentlich</i>	450 kWh	288 kWh	240 kWh

7.4 Lastmanagement

7.4.1 Glättung von Lastspitzen

Durch die iHAST-Daten werden Ursachen für Lastspitzen erkennbar. Zwei Beispiel-Szenarien machen deutlich, wie iHAST zur Glättung von Lastspitzen beitragen kann:

An einem Strang sind mehrere gleichartige MFH angeschlossen und in all diesen Objekten tritt morgens eine Spitze im TWW-Verbrauch auf (morgendliches Duschen etc.). Da der TWW-Speicher in der Regel schlicht bei Unterschreiten der Solltemperatur am Einschalttemperaturfühler beladen wird, können sich die Lastspitzen aller MFH aufsummieren und so an das Netz weitergegeben werden. Möglich wäre aber auch eine netzdienliche Regelung: Die TWW-Speicher der MFH könnten bereits vor der auftretenden Lastspitze vollständig aufgeladen werden – unabhängig vom aktuellen Ladezustand und zeitlich zueinander versetzt.

In vielen Objekten ist eine Nachtabsenkung für die Raumheizung mit gleichem Zeitfenster aktiviert. Dies führt morgens zu einem gleichzeitigen Aufheizen vieler Gebäude und damit zu einer Lastspitze. Durch iHAST können diese Effekte erstmals flächendeckend erkannt und in Absprache mit der Kundenseite durch Änderung von Sollwerten im Regler beeinflusst werden (bspw. Verschiebung des Zeitfensters für die Nachtabsenkung in einigen Liegenschaften). Zu beachten ist, dass hierbei nicht nur eine Lastverschiebung, sondern eine Laständerung erfolgt, wenn das Zeitfenster vergrößert oder verkleinert wird.

Die Glättung von Lastspitzen kann dabei prinzipiell auf zwei Wegen erreicht werden:

1. Anreizsysteme: Hierdurch wird erreicht, dass die Gebäudeeigentümer *selbst* zur Glättung von Lastspitzen beitragen (Wärme könnte z. B. in einem bestimmten Zeitfenster günstiger sein). In diesem Fall reicht die Digitalisierungsstufe 1 aus, um Lastspitzen und deren Verursacher zu identifizieren und die Wärmeabnahme zeitlich aufgelöst zu messen.
2. Aktiver Eingriff in die hausseitige Regelung: Kann der EVU in die hausseitige Regelung eingreifen, so kann er bspw. den TWW-Speicher zu passenden Zeiten beladen.

Die hier beschriebene Funktionalität setzt die Digitalisierungsstufe 4 voraus.

Das Lastmanagementpotenzial eines Objekts hängt von Anschlussleistung/Wärmebedarf sowie der Größe des TWW-Speichers ab (insofern dieser für das Lastmanagement genutzt wird).

7.4.2 Ableitung von Kenngrößen aus den Steckbriefdaten:

Lastmanagementpotenzial TWW-Speicher

Es soll das gesamte Lastmanagementpotenzial durch TWW-Speicher für die iHAST-Quartiere abgeschätzt werden. Grundlage ist eine Hochrechnung aus den Steckbriefdaten der Begehungen.

Für die Hochrechnung auf ein Quartier ist zunächst einmal relevant, wie viele Objekte eines bestimmten Gebäudetyps mit TWW-Speichern ausgestattet sind. Für die untersuchten Liegenschaften zeigt Tabelle 7-2 eine Übersicht. Für die Hochrechnung wird angenommen, dass der Anteil der Objekte mit TWW-Speicher in einem jeden Quartier dem aus den Steckbriefen ermittelten Wert entspricht.

Tabelle 7-2: Untersuchte Objekte mit TWW-Speicher

Gebäudetyp	Untersuchte Objekte	Davon mit TWW-Speicher	Anteil Objekte mit TWW-Speicher
MFH / MFH+Gewerbe	12	10	83 %
Schule	3	2	67 %
Kita	1	1	100 %
Gewerbe	2	0	0 %
Hotel	1	1	100 %
Büro	1	0	0 %

Von den 20 näher untersuchten Objekten haben also 14 einen TWW-Speicher, deren Volumina bei den Begehungen bestimmt wurden. In Kombination mit TWW-Solltemperaturen und der Annahme, dass der entladene Speicher eine mittlere Temperatur von 15 °C hat, ergibt sich die maximale Kapazität $\dot{Q}_{Sp,TWE,max}$ eines jeden Speichers. Diese ist in Abbildung 7-4 in Abhängigkeit der vertraglichen Anschlussleistung aufgetragen, wobei für die MFH und MFH+Gewerbe bereits ein linearer Zusammenhang der beiden Größen dargestellt ist. Durch den Zusammenhang zwischen Vertragsleistung und Speichergröße wird die Hochrechnung auf die Quartiere möglich. Tabelle 7-3 zeigt die verwendeten mathematischen Zusammenhänge.

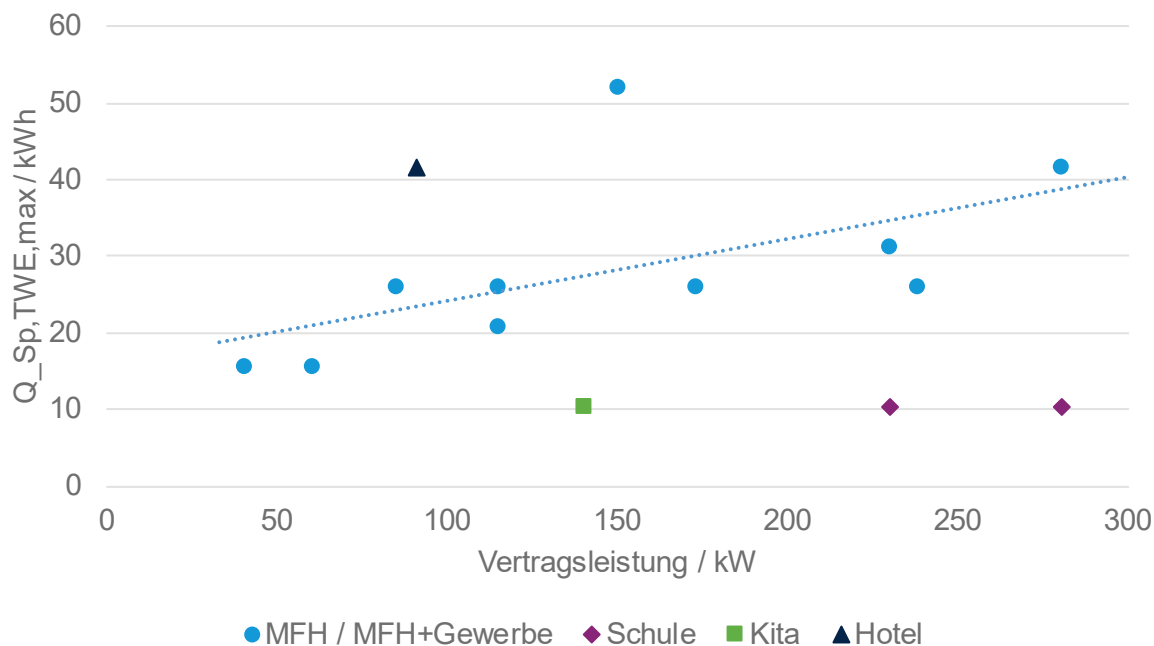


Abbildung 7-4: TWW-Speicherkapazität in Abhängigkeit der Vertragsleistung für verschiedene Gebäudetypen

Tabelle 7-3: Mathematischer Zusammenhang zwischen Speichergröße und Vertragsleistung

Gebäudetyp	Mathematischer Zusammenhang	Anmerkung
MFH / MFH+Gewerbe	$Q_{Sp,MFH} = 0,081 \text{ h} \cdot \dot{Q}_{Vertrag} + 16,024 \text{ kWh}$	Linearer Zusammenhang
Schule	$Q_{Sp,Schule} = 0,041 \text{ h} \cdot \dot{Q}_{Vertrag}$	Mittelwert der zwei bekannten Werte
Kita	$Q_{Sp,Kita} = 0,074 \text{ h} \cdot \dot{Q}_{Vertrag}$	Ein Wert bekannt
Hotel	$Q_{Sp,Hotel} = 0,46 \text{ h} \cdot \dot{Q}_{Vertrag}$	Ein Wert bekannt

Die Ergebnisse der Hochrechnung sind in Tabelle 7-4 zu sehen. Zur Orientierung ist außerdem die Summe der Anschlussleistung im IHAST-Quartier sowie die Speicherkapazität bezogen auf die Anschlussleistung gegeben.

Tabelle 7-4: Summe Speicherkapazität der einzelnen iHAST-Quartiere

	Summe Speicherkapazität kWh	Summe Anschlussleistung kW	Summe Speicherkapazität / Summe Anschlussleistung kWh/kW
Bad Lobenstein	587	2.111	0,28
Chemnitz	589	2.355	0,25
Erfurt Borntal	587	3.001	0,20
Erfurt Roter Berg	1.117	10.076	0,11
Leipzig	659	4.362	0,15
Olbersdorf	830	6.902	0,12

7.5 Erzeugereinsatzoptimierung

Grundlage für eine Erzeugereinsatzoptimierung ist die möglichst genaue Prognose des Wärmebedarfs, welche durch iHAST verbessert werden kann. Aus diesem Grund beziehen sich alle Maßnahmen auf die Lastprognose.

Datengrundlage für Lastprognosen

Eine einfache aber unpräzise Möglichkeit der Lastprognose stellt bereits ohne iHAST die Nutzung von Standardlastprofilen dar. Die Prognosequalität kann durch Verfahren, welche auf Messdaten des „eigenen“ Netzes basieren (bspw. Regressions- oder ARIMA-Modelle), deutlich verbessert werden. Die Modelle werden dabei durch Langzeitmessungen parametrisiert, was durch iHAST erstmals für große Abnehmerzahlen und zeitlich verhältnismäßig hoch aufgelöst möglich wird.

Nötig ist für die Prognose die Digitalisierungsstufe 1, wobei Abnehmer mit großer Leistung/großem Wärmebedarf zu bevorzugen sind und gleichzeitig auf eine gewisse Hochrechenbarkeit der Messungen geachtet werden sollte (z. B. durch Bevorzugung besonders häufig vertretener Gebäudetypen). Die Prognosequalität kann außerdem durch die Stufe 2 gegenüber 1 noch einmal verbessert werden.

Laufende Prognose-Anpassung

Durch iHAST sind Wärmelasten der digitalisierten Abnehmer nicht nur rückwirkend, sondern ständig aktuell bekannt. Dies bietet die Möglichkeit, die Lastprognose laufend mit den tatsächlichen Werten abzugleichen und so die aktuelle Prognoseabweichung zu ermitteln. Diese kann wiederum verwendet werden, um die Prognose der nächsten Stunden anzupassen. Nötig wäre hier dieselbe Datenbasis wie für die einfache Lastprognose – d. h. Stufe 1 oder 2.

Selbstlernende Prognosesysteme

Die ständig aktuellen Daten ermöglichen zusätzlich den Einsatz selbstlernender Prognosesysteme. Einfachste Anwendung wäre hier die laufende Neuberechnung der Modellparameter. Auch in diesem Fall ändert sich der benötigte Digitalisierungsgrad nicht, sondern lediglich die Art der Datennutzung.

7.6 Weitere Maßnahmen zur Optimierung

Tabelle 7-5 zeigt eine Übersicht über weitere Effekte, die durch iHAST zu erreichen sind. Für diese erfolgt im Projekt keine detaillierte Untersuchung bzw. Quantifizierung, sie sind jedoch in den nachfolgenden Abschnitten jeweils kurz erläutert.

Tabelle 7-5: Übersicht sonstige Effekte der iHAST

Effekt	Erläuterung	Digitalisierungsstufe	Welche Abnehmer (zuerst)?
Abrechnung	Zeit- und damit Kostenersparnis	1	Flächendeckend
Zielnetzplanung	Bspw. durch Identifikation von wenig oder stark ausgelasteten Strängen	1	Große Leistung / hoher Wärmebedarf + lageabhängig
Motivation Endkunden	Kenntnis der Daten motiviert zu Einsparmaßnahmen	2	Große Leistung / hoher Wärmebedarf
Fehlererkennung	Bspw. stark erhöhte Rücklauf-Temperaturen	3	Flächendeckend
Einbindung dezentraler Einspeiser	Bspw. Solarthermie, BHKW	5 – 6	Große Leistung / hoher Wärmebedarf + lageabhängig
Auslegung von Anlagen	Überdimensionierung von Anlagen aus Sicherheitsgründen kann längerfristig verringert werden	1 ... 6	Große Leistung / hoher Wärmebedarf + lageabhängig

Abrechnung

Ein triviales Ziel der Digitalisierung ist die vereinfachte Abrechnung. So entfällt die in der Regel einmal jährlich durchgeführte manuelle Zählerauslesung und es können Personalkosten eingespart werden.

Soll die manuelle Auslesung vollständig entfallen, so müssen sämtliche Abnehmer bis zur Stufe 1 digitalisiert werden. Andernfalls könnten die HAST abhängig von ihrer Lage innerhalb der Stadt zu iHAST umgerüstet werden, um den Zeitaufwand für die manuelle Auslesung zumindest zu verringern. In diesem Falle bietet sich die quartiersweise Umrüstung (unabhängig von der Netzstruktur!) an, wobei Objekte zu bevorzugen sind, welche vom Standort des Netzbetreibers aus schlecht erreichbar sind.

Zielnetzplanung

iHAST könnte die Identifikation von Ausbau-Potenzialen verbessern, da die Auslastung von Teilstrecken bzw. Strängen besser abgeschätzt werden kann. Hier müssten Liegenschaften abhängig von Anschlussleistung/Wärmebedarf und ihrer Lage bis zur Stufe 1 digitalisiert werden.

Motivation Endkunden

Allein die Kenntnis des zeitlich aufgelösten Wärmebedarfs könnte Endkunden zu Einsparmaßnahmen motivieren, da diese sofort sichtbar würden. Zielstufe wäre in diesem Fall die 2 und es wären Abnehmer mit großem Wärmebedarf bzw. großer Leistung zu bevorzugen, da Einsparmaßnahmen hier besonders effektiv wären.

Fehlererkennung

Durch die Übermittlung zeitlich aktueller Messwerte wird auch die Fehlererkennung mit deutlich geringerem Aufwand möglich. Ein Beispielfall dient der näheren Erläuterung:

Bei einer der Begehungen im Rahmen des iHAST-Projekts fiel auf, dass die Speicherladepumpe lief, obwohl die RL-Temperatur aus dem Speicher bereits zwischen 64 und 65 °C und die Soll-VL-Temperatur bei 65 °C lag. Ein solcher Fehler wird in der Regel nur durch Zufall – hier durch die iHAST-Begehung – erkannt. Wäre die HAST jedoch eine iHAST der Stufe 3, so wäre der Fehler aus den Messwerten in der Datenbank/Leitwarte erkennbar.

Die Vielfalt möglicher Fehler ist groß, sodass auf allgemeingültige Aussagen verzichtet werden muss.

Einbindung dezentraler Einspeiser

Ist dezentrale Einspeisung (z. B. Solarthermie oder BHKW) vorhanden, so kann eine Umrüstung zur iHAST der Stufe 5 oder 6 sinnvoll sein. Die Digitalisierung sollte dabei lage- und leistungsabhängig erfolgen – tendenziell gilt: Einspeiser, die eine geringe Leistung

haben und/oder nah am zentralen Erzeuger an einer Haupttrasse liegen, interessieren weniger. Eine große Leistung und weite Entfernung zum zentralen Erzeuger sind folglich Kriterien, die *für* eine Digitalisierung sprechen. Selbstverständlich ist die Auswahl der Objekte von der jeweiligen Netz- und Erzeugerstruktur abhängig.

Auslegung von Erzeugern, Anlagen und Speichern

Viele technische Anlagen werden auch heute noch aus Sicherheitsgründen deutlich überdimensioniert. Ursache ist häufig, dass die tatsächlichen Bedarfe unzureichend genau abgeschätzt werden können. Die durch iHAST gesammelten Daten könnten längerfristig zu präziseren Auslegungsverfahren führen.

Außerdem könnte die Standortauswahl für dezentrale Erzeuger und Speicher verbessert werden, wenn die zeitliche und örtliche Lastverteilung des Netzes (genauer) bekannt ist.

7.7 Zusammenfassung

In Tabelle 7-6 ist noch einmal eine Übersicht der quantifizierbaren Effekte – aufgeschlüsselt nach einzelnen Maßnahmen – zu sehen. Dabei ist jeweils die benötigte Digitalisierungsstufe angegeben und die Information zu finden, welche Liegenschaften (bevorzugt) zu iHAST umzurüsten wären. Dies kann die Grundlage zur Ableitung von Rolloutstrategien bilden, wie im Kapitel 8 sowohl allgemein als auch anhand von Beispielen dargestellt wird.

Tabelle 7-6: Zusammenfassung Digitalisierung - quantifizierbare Effekte

Ziel	Digitalisierungsstufe	Welche Liegenschaften?
VL-Temperatur-Optimierung		
Bedarfsgeführte VL-Temperatur	1	Große Anschlussleistung / hoher Wärmebedarf
Optimierung Wärmeverluste / Pumpstromaufwand	1 – 2	Große Anschlussleistung / hoher Wärmebedarf
Gewährleistung Mindest-VL-Temperatur im Sommer	1 – 2	Weit entfernte und/oder „kritische“ Abnehmer
RL-Temperatur-Absenkung		
Abgleich Heizkurve / VL-Temperatur-Fahrkurve	3* – 4*	Unsanierete Gebäude
Speicher gezielt langsam beladen - Anreizsysteme	2	Große Anschlussleistung / hoher Wärmebedarf
Speicher gezielt langsam beladen – Eingriff Regelung	4	Große Anschlussleistung / hoher Wärmebedarf
Lastmanagement		
Glättung von Lastspitzen – Anreizsysteme	1	Große Anschlussleistung / hoher Wärmebedarf + großer TWW-Speicher
Glättung von Lastspitzen – Eingriff Regelung	4	Große Anschlussleistung / hoher Wärmebedarf + großer TWW-Speicher
Erzeugereinsatzoptimierung		
Datengrundlage Lastprognose	1 – 2	Große Anschlussleistung / hoher Wärmebedarf
Laufende Prognose-Anpassung	1 – 2	Große Anschlussleistung / hoher Wärmebedarf
Selbstlernende Prognosesysteme	1 – 2	Große Anschlussleistung / hoher Wärmebedarf

8 Entwicklung von Rolloutstrategien und technische Umsetzung

8.1 Allgemeines Vorgehen



Abbildung 8-1: Vorgehen bei der Entwicklung und Umsetzung einer Rolloutstrategie

Abbildung 8-1 zeigt das prinzipielle Vorgehen bei der Entwicklung und Umsetzung einer Rolloutstrategie bis zum Erreichen des angestrebten Digitalisierungsgrad.

Die ersten drei Schritte wurden im Kapitel 7 bereits ausführlich mit Beispielen unterlegt: Im ersten Schritt ist zu definieren, zu welchem Zweck Messdaten bzw. Fernzugriffe benötigt werden (bspw. Lastmanagement). Anschließend erfolgt die Auswahl umzurüstender Objekte nach Kriterien wie benötigter Jahreswärmemenge, Speichergröße, Lage etc. Die Identifikation relevanter Verbraucher muss quartiersspezifisch erfolgen. Für die ausgewählten Abnehmer ist dann jeweils eine Ziel-Digitalisierungsstufe festzulegen.

Im vierten Schritt folgt die Installation der Hard- und Software sowie die Datenverarbeitung. So wird anschließend das Digitalisierungsziel erreicht.

Die folgenden Abschnitte beschreiben mögliche Rolloutstrategien für das Leipziger iHAST-Quartier (Abschnitt 8.2) inkl. deren technischer Umsetzung (Abschnitt 8.2). Die Betrachtung für die Schritte 1 bis 3 erfolgt für die drei folgenden Beispiele:

- A: Abnehmer mit großem Jahreswärmebedarf werden bevorzugt digitalisiert
- B: Abnehmer mit großem TWW-Speicher werden bevorzugt digitalisiert
- C: Abnehmer werden abhängig von ihrer Lage digitalisiert

8.2 Rolloutstrategien am Beispiel Leipzig

8.2.1 Rolloutstrategie A: Digitalisierung der Abnehmer mit großem Jahreswärmebedarf

Abnehmer mit großem Jahreswärmebedarf sind tendenziell besonders relevant hinsichtlich RL-Temperaturen, Fehlererkennung und -behebung, Lastprognosen etc. Somit besteht ein mögliches Rolloutkonzept darin, relevante Abnehmer anhand ihres Jahreswärmebedarfs Q_a zu identifizieren. Im betrachteten Beispiel werden die witterungsbereinigten Werte gemäß Abschnitt 5.5.2 (Szenario *Ist-Zustand*) verwendet. In Abbildung 8-2 sind die Verbräuche der Liegenschaften (LS) sortiert aufgetragen (blau). Überlagert werden diese mit der kumulierten Summe des Jahreswärmeverbrauchs bezogen auf den Gesamtjahreswärmeverbrauch des Quartiers $Q_a/\sum Q_a$ (orange dargestellt).

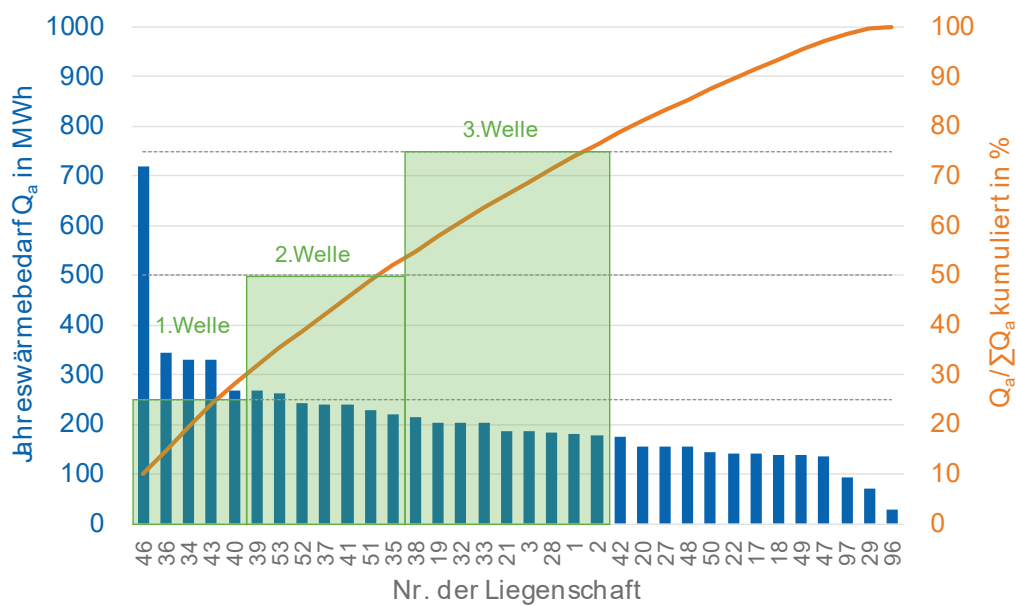


Abbildung 8-2: Rolloutstrategie A (Jahreswärmemenge) am Beispiel Leipzig, Szenario „Ist-Zustand“

In Anlehnung an das bereits gestartete Rollout für digitale Stromzähler (Smart-Meter-Rollout) werden nun exemplarisch drei Rolloutwellen festgelegt. Beginnend bei den größten Verbrauchern werden in der ersten Rolloutwelle 25 % des Quartiersjahreswärmeverbrauchs digitalisiert (15 % der LS). Nach der zweiten Rolloutwelle sind 50 % (33 % der LS) und nach der dritten Rolloutwelle 75 % des Quartiersjahreswärmeverbrauchs (62 % der LS) digitalisiert. Bis zur zweiten Rolloutwelle erhalten die LS die technische Ausstattung, die für die Digitalisierungsstufe 4 notwendig ist, da hier ein Eingriff in die hausseitige Regelung

besonders starke Auswirkungen auf Netz und Erzeugung hat. In der dritten Rolloutwelle werden die LS für die Digitalisierungsstufe 2 ausgestattet, um ein Monitoring zu ermöglichen.

Abbildung 8-3 zeigt die Rollout-Strategie für das *Business-As-Usual*-, Abbildung 8-4 das für das *Energieeffizienz*-Szenario.

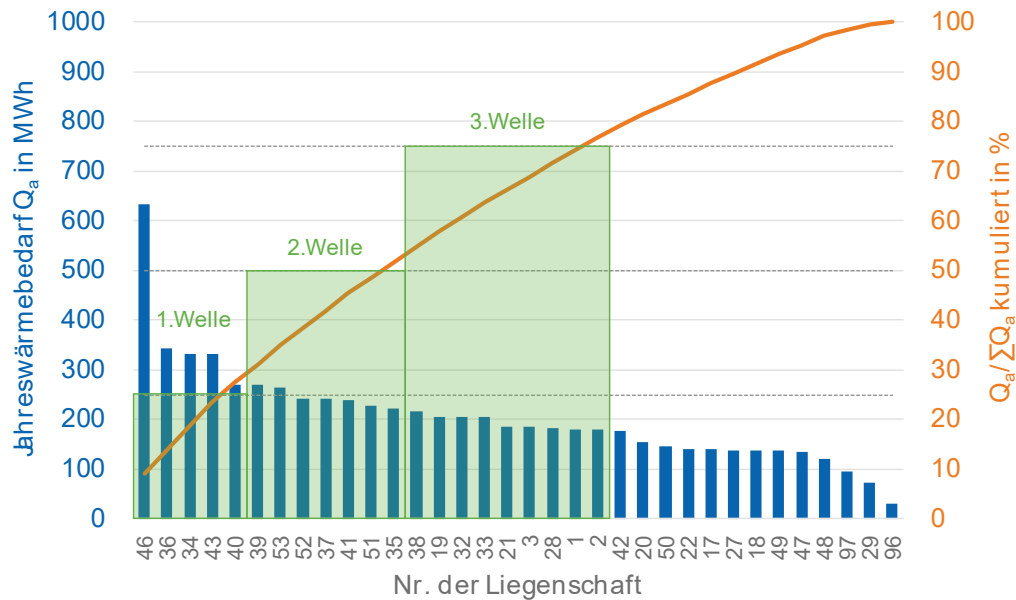


Abbildung 8-3: Rolloutstrategie A (Jahreswärmemenge) am Beispiel Leipzig, Szenario „Business As Usual“

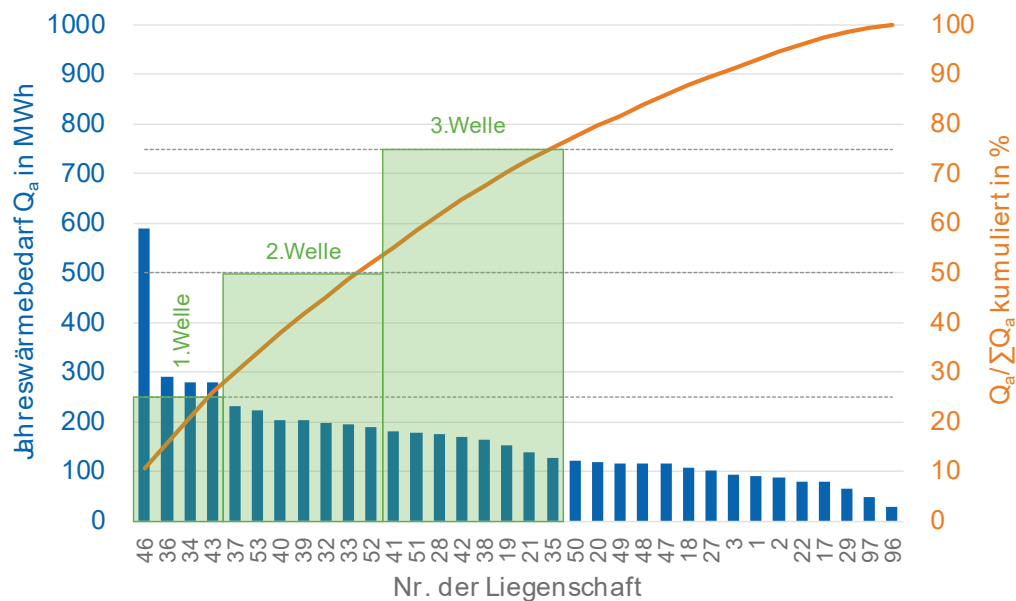


Abbildung 8-4: Rolloutstrategie A (Jahreswärmemenge) am Beispiel Leipzig, Energieeffizienz-Szenario

8.2.2 Rolloutstrategie B: Digitalisierung der Abnehmer mit großem Trinkwarmwasser-Speicher

Gehört das Lastmanagement mithilfe der TWW-Speicher zu den Zielen der Digitalisierung, so wird die Speichergröße in einem Objekt zu einem relevanten Kriterium. Deshalb ist in Abbildung 8-5 die Speicherkapazität (in kWh) anhand der blauen Balken aufgetragen – erneut geordnet, beginnend mit dem größten Speicher (Daten aus Abschätzung gemäß Abschnitt 7.4.2). Außerdem ist die kumulierte Summe bezogen auf die gesamte Speicherkapazität zu sehen (orange). Erneut werden drei Digitalisierungswellen festgelegt, mit denen 25, 50 und 75 % der gesamten Speicherkapazität abgedeckt werden können. Die ersten beiden Wellen werden bis zur Stufe 4 digitalisiert, sodass der Versorger die Speicherbeladung aktiv steuern kann. Für die dritte Welle könnte das Lastmanagement durch Anreizsysteme realisiert werden, sodass nur die Digitalisierungsstufe 2 für entsprechende Abrechnung und das Monitoring notwendig ist.

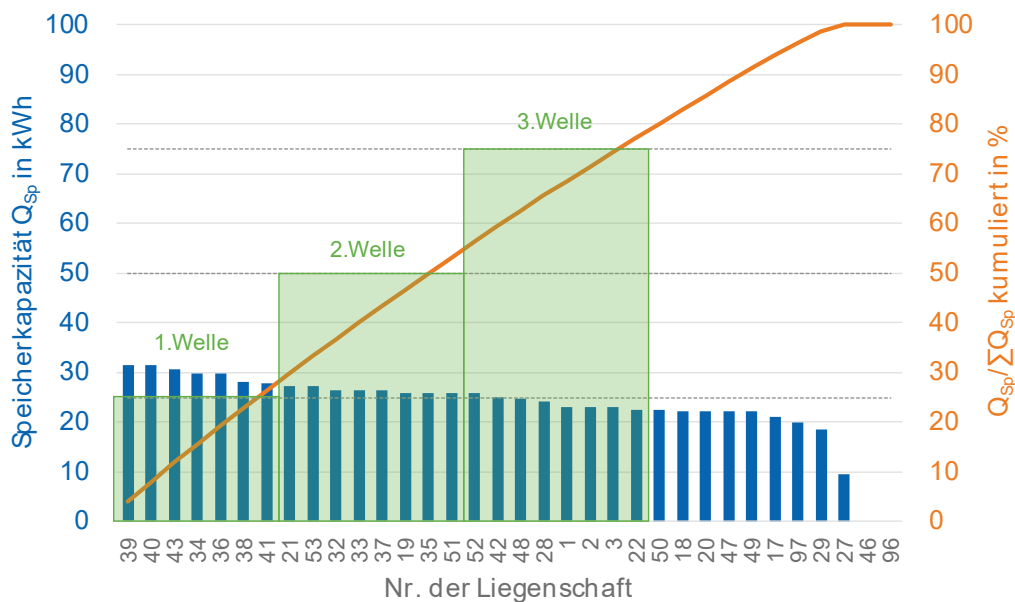


Abbildung 8-5: Rolloutstrategie B (Speichergöße) am Beispiel Leipzig

8.2.3 Rolloutstrategie C: Lageabhängige Digitalisierung

Wie in Kapitel 7 ausführlich anhand von Beispielen erläutert, kann eine Digitalisierung auch lageabhängig erfolgen:

- Für die Absenkung der Netz-Vorlauftemperaturen sind weit entfernte bzw. als problematisch bekannte Abnehmer besonders relevant („thermischer Schlechtpunkt“).

- Für die Zielnetzplanung sollten Abnehmer in Strängen mit Erweiterungspotenzial digitalisiert werden.
- Bei dezentralen Einspeisern kann die Entfernung zum zentralen Erzeuger eine wesentliche Rolle spielen.

Informationen über Zielnetzplanung sowie (geplante) dezentrale Einspeiser liegen im Projekt nicht vor. Dasselbe gilt für die Frage, welche Abnehmer den Versorgern bereits als „problematisch“ bekannt sind.

Deshalb werden aus Gründen der Vereinfachung als beispielhafte relevante Liegenschaften die an den Strangenden befindlichen Objekte im iHAST-Quartier gewählt. Das jeweils letzte Gebäude gehört dabei zur ersten Welle, das vorletzte zur zweiten und das davor befindliche zur dritten Welle. Erneut erfolgt die Digitalisierung der ersten beiden Wellen bis zur Stufe 4, um bei Bedarf in die hausseitige Regelung eingreifen und Fehler, die zu einer Unterversorgung führen, beheben zu können. Für die dritte Welle wird wiederum Stufe 2 gewählt, sodass die Versorgungssicherheit bzw. die Einhaltung der Mindest-Vorlauftemperaturen überwacht werden kann.

Im Leipziger iHAST-Quartier wurden drei Stränge identifiziert, sodass insgesamt sechs Liegenschaften bis zur Stufe 4 und drei bis zur Stufe 2 digitalisiert werden müssten.

8.3 Technische Umsetzung der Digitalisierungsstufen am Beispiel der Liegenschaften LE1 und LE2

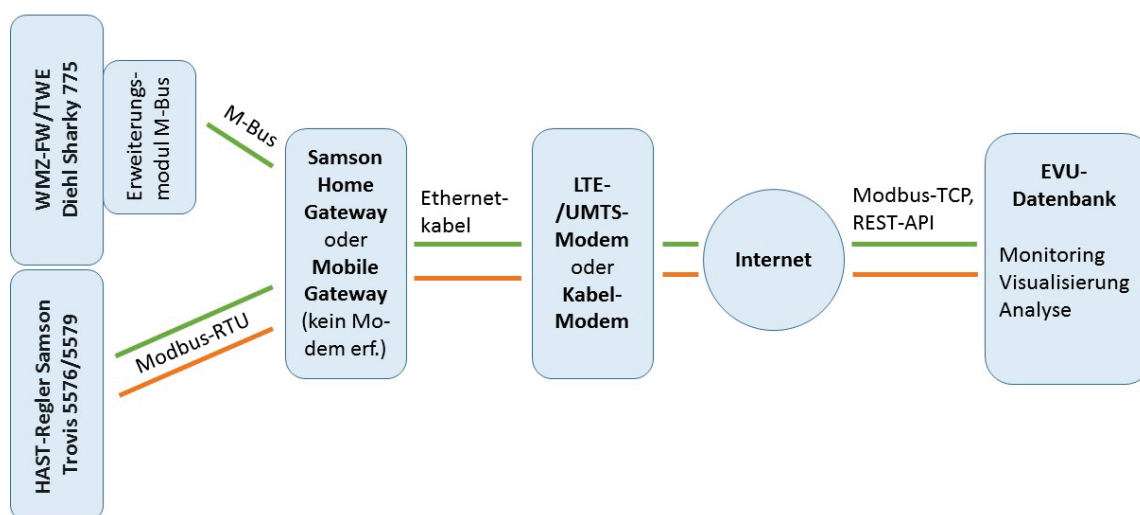


Abbildung 8-6: Rolloutstrategie am Beispiel von LE1 und LE2

Im Folgenden soll die technische Umsetzung des Rollouts vorgestellt werden. Diese Lösung stellt eine von mehreren Umsetzungsmöglichkeiten dar. Aufgrund der Vielfältigkeit der

vorgefundenen Geräte, speziell hinsichtlich der Kommunikationsschnittstellen, ist es nicht möglich, eine allgemein anwendbare Strategie zu definieren.

Aufbauend auf die bereits installierten HAST-Regler und Wärmemengenzähler (WMZ) wird eine Kommunikationslösung zwischen der Kunden-HAST und der Messdatenbank des Energieversorgers (EVU) und Netzbetreibers gesucht. Die Verwendung größtenteils etablierter Netzwerktechnik verspricht eine schnelle Umsetzbarkeit und einen kurzfristigen Erkenntnisgewinn.

Ebenfalls vorstellbar sind Konzepte, die nicht das Internet oder das Mobilfunknetz, sondern das Internet der Dinge (engl.: Internet of Things – IoT) oder beispielsweise LoRaWAN verwenden. Nach aktuellem Stand der Technik stehen hier jedoch noch keine übertragbaren Lösungen zur Verfügung. An den meisten betrachteten Standorten müsste zunächst das Kommunikationsnetz an sich aufgebaut werden. Solche Konzepte sollten weiterhin beobachtet werden, eine Umsetzung auf Quartiersebene scheint allerdings erst mittelfristig möglich zu sein.

Am Beispiel der Liegenschaft LE1 bzw. LE2 (bauartgleiche Regler und WMZ) soll nun eine Rolloutstrategie vorgestellt werden. Installiert sind der *Samson Trovis*-Regler 5576 bzw. 5579 und der WMZ *Diehl Sharky* 775. Beide Geräte besitzen Schnittstellen bzw. die Option Erweiterungsmodule mit Schnittstelle anzudocken. Die Suche nach einem passenden Gateway beginnt bei den Herstellern der beiden Geräte. Die Firma *Samson* bietet das *Home Gateway* für die kabelgebundene Einbindung und das *Mobile Gateway* für die kabellose Einbindung ins Internet an. Bei der kabellosen Variante sind Modem und SIM-Karte enthalten, so dass kein externes Modem erforderlich ist. In beiden Gateways stehen diverse gängige Schnittstellen zur Verfügung. Die Kommunikation mit dem HAST-Regler könnte mit der Modbus-RTU-Schnittstelle umgesetzt werden, die mit dem WMZ mit der M-Bus-Schnittstelle. Die Kommunikation zwischen Datenbank und Gateway erfolgt direkt über das Modbus-TCP/IP-Protokoll oder indirekt über das *Samson*-Webportal. Im zweiten Fall kann eine REST-API-Schnittstelle genutzt werden. In beiden Varianten ist die Kommunikation bidirektional möglich.

In Abbildung 8-6 ist diese Umsetzungsvariante graphisch dargestellt. Die genannten Kommunikationsgeräte sind, unabhängig davon, ob Digitalisierungsstufe 1, 2, 3 oder 4 erreicht werden soll, zu installieren. Die einzelnen Digitalisierungsstufen, die über Stufe 0 hinausgehen, unterscheiden sich lediglich in der Art ihrer Datennutzung und der Kommunikationsrichtung.

8.4 Rolloutstrategien am Beispiel Erfurt Roter Berg

Auch für das Quartier Erfurt Roter Berg erfolgte im Rahmen des Projekts die Entwicklung von Rolloutstrategien nach der in Abschnitt 8.2 für Leipzig beschriebenen Methodik. Die Ergebnisse sind wie folgt dargestellt:

- Strategie A (Jahreswärmemenge), Szenario „Ist-Zustand“: Abbildung 8-7
- Strategie A (Jahreswärmemenge), Szenario „Business As Usual“: Abbildung 8-8
- Strategie A (Jahreswärmemenge), Energieeffizienz-Szenario: Abbildung 8-9
- Strategie B (Speichergröße): Abbildung 8-10

Anhand der Netzstruktur wurden im iHAST-Gebiet fünf Stränge identifiziert. Für das lageabhängige Rollout (Strategie C) ergibt sich somit, dass fünf Liegenschaften pro Welle digitalisiert werden müssen – insgesamt also zehn bis zur Stufe 4, fünf bis zur Stufe 2.

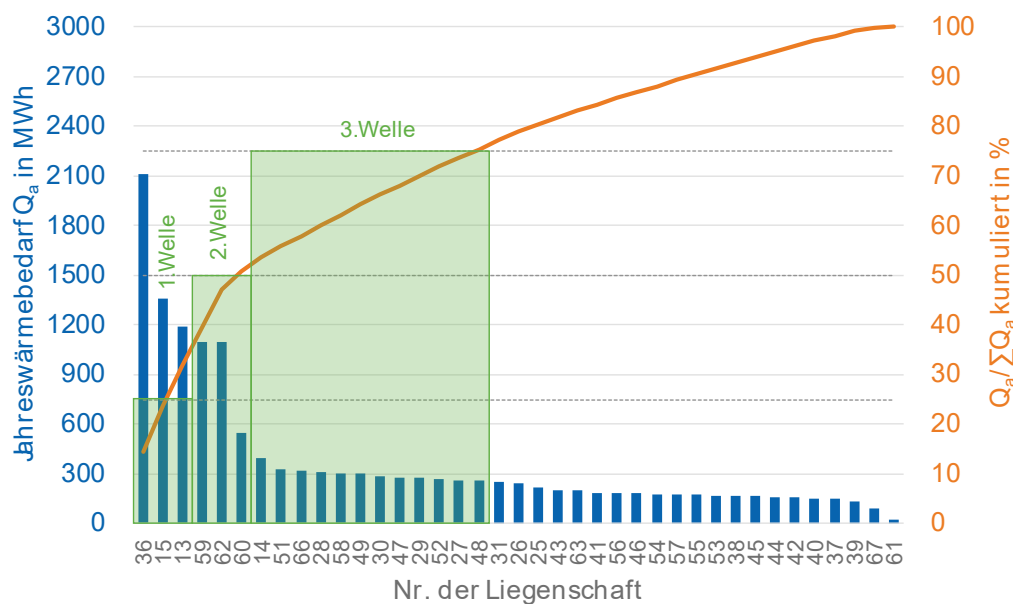


Abbildung 8-7: Rolloutstrategie A (Jahreswärmemenge) am Beispiel Erfurt Roter Berg, Szenario „Ist-Zustand“

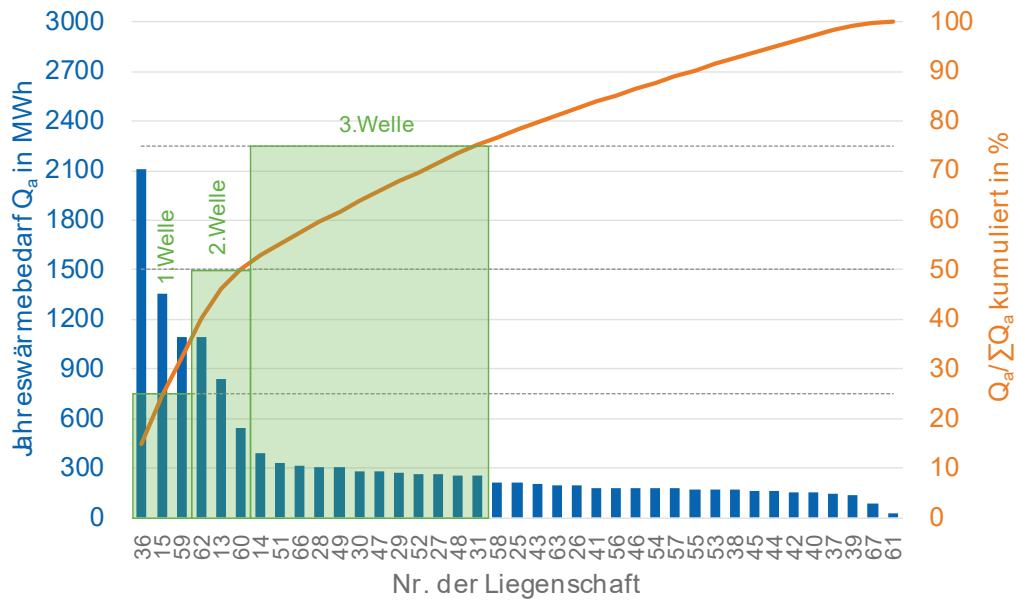


Abbildung 8-8: Rolloutstrategie A (Jahreswärmemenge) am Beispiel Erfurt Roter Berg, Szenario „Business As Usual“

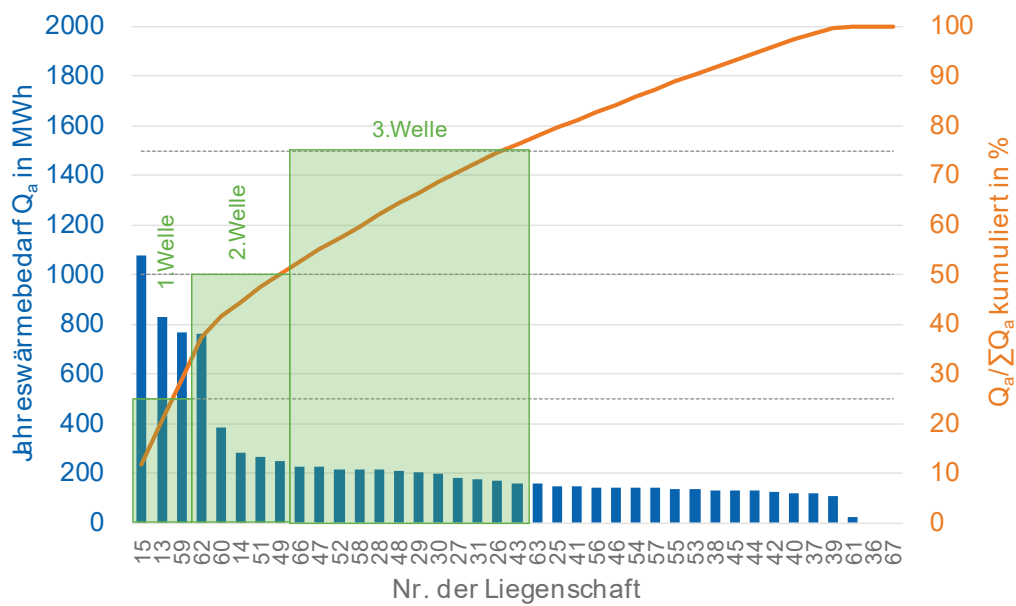


Abbildung 8-9: Rolloutstrategie A (Jahreswärmemenge) am Beispiel Erfurt Roter Berg, Energieeffizienz-Szenario

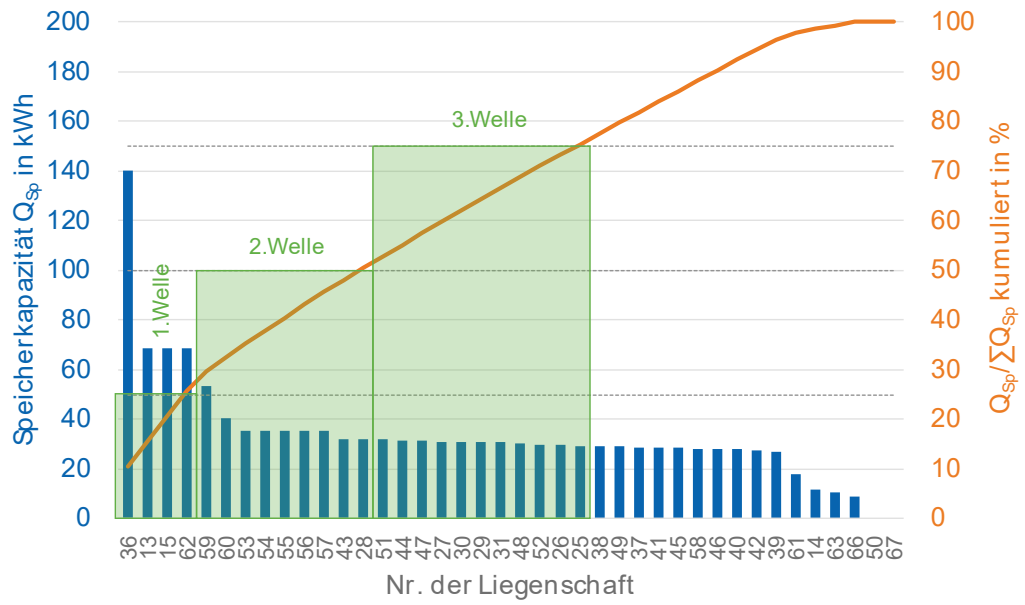


Abbildung 8-10: Rolloutstrategie B (Speichergröße) am Beispiel Erfurt Roter Berg

9 Energetische Bewertung der Rolloutstrategien

Die iHAST hat neben gebäudeinternen Effekten auch Auswirkungen auf netzseitige Parameter wie beispielsweise Vor- und Rücklauftemperaturen. Werden durch iHAST die netzseitigen Temperaturen reduziert, können gleichermaßen die transportbedingten Wärmeverluste gemindert werden. Im Gesamtsystem äußert sich dies durch Brennstoffeinsparungen. Gleichwohl können durch Lastverschiebungsmaßnahmen, die mit einem flächendeckenden Einsatz von iHAST einhergehen, die Einsatzzeiten der Erzeugeranlagen beeinflusst werden. Spitzenlastkessel können somit in ihrer Einsatzdauer reduziert und die grundlastfähigen KWK-Anlagen weiter ausgelastet werden. Als gesamtsystemischer Effekt können sich hieraus geringere CO₂-Emissionen ergeben.

Im Zuge dessen ist es das Ziel der nachfolgenden Kapitel aufzuzeigen, welche Effekte einer iHAST zuzuschreiben sind und wie diese im gesamtsystemischen Verbund zur Steigerung der Brennstoffeffizienz und zur Minderung der CO₂-Emissionen beitragen können.

9.1 Methodischer Ansatz

Da bisweilen noch keine belastbaren Erfahrungen zum Einsatz von iHAST vorliegen, ist zur Quantifizierung ihrer möglichen Effekte ein modelltechnischer Ansatz zu wählen. Hierzu werden zum einen messtechnisch erfasste Kennwerte und Zeitreihen der einzelnen iHAST-Bilanzräume seitens der Energieversorger erhoben und mittels Methoden und Annahmen zur Abschätzung möglicher Effekte verschnitten. Die hieraus entstehenden Modelle werden unter Berücksichtigung von Szenarienanalysen, welche mögliche Rolloutstrategien und Wärmebedarfsentwicklungen beinhalten, simuliert und deren Ergebnisse in einem ökonomischen sowie ökologischen Kontext bewertet. Aufbauend auf diesen Ergebnissen ist es möglich, erste Handlungsempfehlungen für den Umgang mit iHAST vorzuschlagen.

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden wesentliche Elemente der Methodik, die zum Aufbau der vorläufigen Modelle erforderlich sind, erläutert und ggf. getroffene Annahmen und Vereinfachungen dargelegt und plausibilisiert. Aufbauend auf letztere werden Alternativen aufgezeigt, die Genauigkeit sowie Belastbarkeit der vorgestellten Modelle für zukünftige Analysen auszubauen.

9.1.1 Modellseitige Vereinfachungen und mögliche Detaillierungsmaßnahmen

Wärmenetze bestehen aus vielschichtigen, miteinander gekoppelten thermo-hydraulischen Systemen, weshalb sich deren Betrieb in der Praxis teilweise als komplex gestaltet. Nicht nur der Betrieb von Wärmenetzen, auch deren modelltechnische Abbildung gestalten sich mitunter als Herausforderung. Um die Handhabbarkeit der Wärmenetzmodelle für die im

iHAST-Projekt angestrebte Vorsondierung potentieller iHAST-Effekte zu gewährleisten, fanden unterschiedliche Vereinfachungen und Rahmenannahmen bei der Modellierung Anwendung.

Punktmodell:

Die Verbrauchsdaten der iHAST-Bilanzräume liegen zeitlich aggregiert als Anschlussleistung und bezogene Jahreswärmemenge für jeden Anschlussnehmer vor. Zur Ableitung zeitlicher Lastverläufe sind neben dem Gebäudetypus (Wohn- bzw. Nichtwohngebäude) sowohl die Baualtersklasse, der energetische Standard, das individuelle Nutzungsprofil sowie die Anzahl an Wohneinheiten bzw. Personen von Bedeutung. Da die hierzu notwendigen Daten im Großteil nicht vorlagen, wurde die Aggregation aller Verbraucher innerhalb eines Quartiers zu einem Punkt als zielführende Modellvereinfachung angesehen. Im Kapitel 9.1.2 wurde die Ableitung der Lastverläufe anteilig für Wohn- und Nichtwohngebäude unter Annahme von individuellen Verhältnissen zwischen Raumwärme- und Trinkwarmwasserbezug durchgeführt. Die punktuelle Betrachtung des Bilanzraumes lässt jedoch Fragen in Bezug auf die interne Wärmenetzstruktur unbeantwortet. Dies ist für eine erste grobe Abschätzung im Projekt iHAST eine tragbare Schwäche, da lediglich die Schnittstelle zwischen Bilanzraum und Gesamtnetz im Fokus der Untersuchung stand.

Für eine fundierte Analyse der iHAST-Effekte sollten insbesondere die internen Wärmenetztrassen modelltechnisch abgebildet werden, so dass der Wärmetransport räumlich sowie zeitlich diskret sowohl hydraulisch als auch thermodynamisch abbildbar wird. Hierzu wären dann jedoch umfangreiche sowie detaillierte Informationen über die Anschlussnehmer und deren energetische Charakteristika erforderlich. Zudem wären die Quartierswärmenetze in Abschnitte zu segregieren und die jeweiligen Trassenlängen und Rohrdurchmesser zu evaluieren.

Programmiersprachen bzw. Modellierungsumgebungen, die eine räumlich und zeitlich differenzierte Abbildung von Wärmenetzen ermöglichen, sind mitunter:

- die Programmiersprache Modelica unter Anwendung von Dymola, OpenModelica oder JModelica,
- die Entwicklungsumgebung Polysun zur Modellierung von solarunterstützten Nahwärmesystemen sowie beispielhaft TRNSYS, Python, Matlab und sonstige.

Für dynamische Simulationsmodelle sind umfangreiche und zeitlich aufgelöste Eingangsdaten vom Wärmenetz und den einzelnen Verbrauchern erforderlich. Infolge der überschaubaren Datenstruktur muss jedoch auf ein statisches Modell zurückgegriffen werden, welches in Excel implementiert wurde.

Aufteilung TWW-Speicherkapazitäten:

Zusammen mit den Verbrauchsdaten wurden ebenfalls die Kapazitäten der gebäudeinternen Trinkwarmwasserspeicher aggregiert abgebildet. In den Modellen sind Restriktionen hinterlegt, die die maximal entnehmbare thermische Leistung limitieren. Hierdurch ergeben sich ggf. unerwünschte Bündelungseffekte, die die konkreten iHAST-Effekte der Gebäudeseite verzerren. Werden für zukünftige Analysen thermo-hydraulische Netzmodelle erarbeitet, können den individuellen Verbrauchern Speichermodelle zugewiesen werden. Für deren detaillierte Abbildung sind jedoch Informationen über die hydraulischen Gegebenheiten und Speicherkenngrößen (Volumen, Zapfprofile, etc.) zu sammeln, die im speziellen wahrscheinlich nur durch Vorortbegehungen zusammengetragen werden können. Da letzteres mit enormen zeitlichen Aufwendungen in Bezug steht, wird die hier gewählte Modellvereinfachung unter den gegebenen Forschungszielen als suffizient erachtet.

Rücklaufantwort der Verbraucher:

Die Methodik nach Averfalk et al.⁸⁴ zur Modellierung der gebäudeseitigen Rücklauftemperaturen ist für eine erste Abschätzung der iHAST-Effekte praktikabel, jedoch für eine detaillierte Untersuchung zu unpräzise. Hierbei werden die gebäudeseitigen Rücklauftemperaturen in Abhängigkeit der lokalen Umgebungstemperaturen modellseitig dargestellt. Die im Sommer erhöhten Umgebungstemperaturen bewirken im Modell verhältnismäßig niedrige Rücklauftemperaturen. Im realen Wärmenetzbetrieb steigen mit zunehmenden Umgebungstemperaturen jedoch die Rücklauftemperaturen ebenfalls an. In Bezug auf die modellierte Rücklaufantwort ergibt sich hier ein inverser Verlauf, dessen Abweichungen in den Schwachlastphasen des Sommers größer als in den Wintermonaten sind. Dieser Fehler sollte in zukünftigen Untersuchungen durch eine detailliertere Abbildung der Verbraucherseite revidiert werden. Möglich wäre es, die Verbraucherseite respektive deren thermo-hydraulisches Verhalten mit geeigneten Simulationsumgebungen abzubilden und anschließend mit einem nachgelagerten Wärmenetzmodell zu koppeln. Anwendung finden können hierbei die zuvor genannten Entwicklungsumgebungen.

⁸⁴ Averfalk, H.; Werner, S.; Felsmann, C.; Rühling, K.; Wiltshire, R.; Svendsen, S.; Li, H.; Faessler, J.; Mermoud, F. & Quiquerez, L.: Annex XI final report: Transformation Roadmap from High to Low Temperature District Heating Systems, *International Energy Agency, International Energy Agency, International Energy Agency*, 2017

Einfluss der Rücklauf­temperaturabsenkung auf die Erzeugerseite:

Ferner wurde bei der Modellierung der Einfluss einer reduzierten Rücklauf­temperatur auf die Erzeugerseite nicht weiter berücksichtigt. Dies war infolge des engen zeitlichen Rahmens dieser Vorstudie geschuldet. Für hierauf aufbauende Untersuchungen sollten jedoch diese Effekte explizit untersucht werden. Denn wie in Abbildung 9-1 exemplarisch für eine Entnahme-Gegendruckturbine dargestellt, sind die Prozessgrößen Stromkennzahl, der elektrische sowie der Gesamtwirkungsgrad von der Rücklauf­temperatur abhängig. Wird die Rücklauf­temperatur, die der Erzeugeranlage zuströmt, ausreichend abgesenkt, ergeben sich hieraus deutliche Effizienzvorteile.

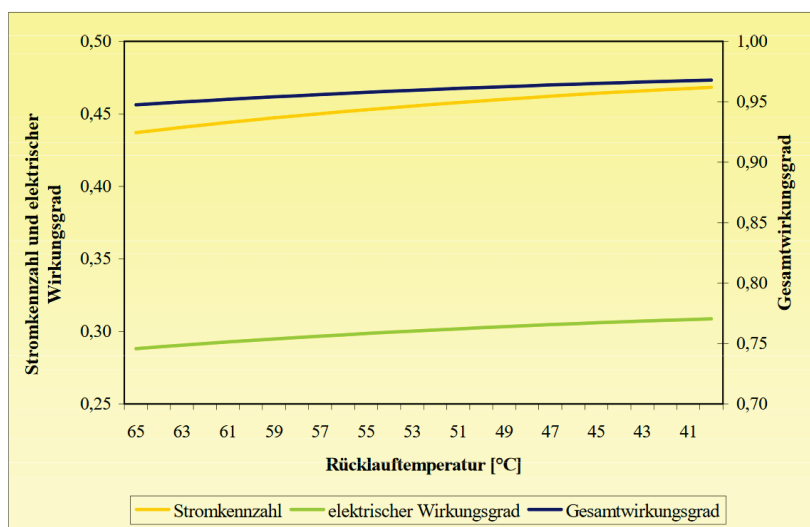


Abbildung 9-1: Auswirkungen einer Absenkung der Rücklauf­temperatur auf einen beispielhaften Entnahme-Gegendruckprozess⁸⁵

Durch die gesteigerte Stromausbeute bei gleichzeitig effizienter arbeitendem Gesamtprozess kann die Wirtschaftlichkeit der Erzeugeranlage gesteigert werden.

Bewertungstechnisch kann der Einfluss einer reduzierten Rücklauf­temperatur auf das Erzeugerportfolio anhand von dedizierten Simulationsmodellen untersucht werden. Diese müssen speziell für jede abzubildende Erzeugeranlage angefertigt werden und alle

⁸⁵ Dittmann, A. und Rhein, M.: Einfluss von Vor- und Rücklauf­temperatur auf die Wirtschaftlichkeit von Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung. Teilthema des: LowEx-Fernwärme MULTILEVEL DISTRICT HEATING. 1. Gießener Fernwärmekolloquium, 2008

wesentlichen Systemkomponenten abbilden. Je nach Anlagentyp sind hierbei Hoch-, Mittel- und Niederdruckturbinen, Generatoren, Abhitzeessel, Wärmetauscher, Rohrsegmente und Speisewasserpumpen zu berücksichtigen.

9.1.2 Generierung synthetischer Wärmebedarfslastgänge

Zur Quantifizierung der diskreten Effekte, die aus einer Anwendung von iHAST resultieren, sind mitunter zeitlich disaggregierte Verbraucherzeitreihen erforderlich. Die der Datenerhebung zugrundeliegenden Verbrauchskennwerte der einzelnen iHAST-Bilanzräume liegen jedoch als ganzjährlich aggregierte Gesamtverbräuche vor. Um diese in kontinuierliche Lastgänge zu transformieren, werden die Gesamtverbrauchskennwerte in einem ersten Schritt in sektorale Gruppen eingeteilt. Hierbei wurde zwischen Ein- und Mehrfamiliengebäuden sowie Gebäuden des Sektors GHD (Gewerbe, Handel und Dienstleistung) sowie sonstigen Gebäudestrukturen unterschieden. Für den Wohngebäudebestand wurde der Wärmebedarf ferner anhand fixer Anteile auf die Nutzungsenergien Raumwärme sowie Trinkwarmwasser aufgeteilt.

In den zugrundeliegenden Analysen wurde hierbei pauschal zwischen einem Anteil an den Gesamtwärmebedarf von ca. 80 % Raumwärme sowie etwa 20 % Trinkwarmwasser bezogen auf den gesamten jährlichen Wärmebedarf ausgegangen. Die Berechnung der Lastgänge basiert im Allgemeinen auf der VDI 4655 2008 und den darin definierten Typtagen. Um diese Typtage chronologisch auf ein Jahr anzuwenden, werden Wetterdaten über Wolkenabdeckung und Umgebungstemperaturen aus den Testreferenzjahren (TRY) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) verwendet. Eine stündliche Auflösung ergibt sich, wenn der Bedarf eines typischen Tages mit einem normierten Stundenwert multipliziert wird, der durch die VDI-Richtlinie 4655 in Abhängigkeit von Klimaregion und Gebäudetyp vorgegeben ist. Anhand dieser Informationen kann für ein Beispielgebäude bzw. Bilanzraum ein jährliches Lastprofil in stündlicher Auflösung generiert werden. Da die Nachfrage mehrerer Verbraucher nicht gleichzeitig erfolgt, können Lastprofile nicht einfach addiert werden. Individuelle Gleichzeitigkeitsfaktoren, die die Gleichzeitigkeit der Nachfrage nach Raumwärme und Trinkwarmwasser berücksichtigen, finden daher Anwendung. Dennoch ist die Anwendung trivialer Gleichzeitigkeitsfaktoren nicht zielführend, da diese auf die maximale Wärmebedarfsleistung verrechnet werden und keine zusätzlichen Informationen über die stündliche Verteilung der Nachfrage generieren. Hierzu finden spezielle gaußsche Wahrscheinlichkeitsverteilungen zur Abbildung zeitlich variabler bzw. verschobener

Wärmenachfragen Anwendung⁸⁶. Diese beziehen sowohl die Anzahl betrachteter Anschlussnehmer sowie die Nutzungsart der Gebäude (Wohn- und Nichtwohngebäude) mit in die Berechnung mit ein.

Als Resultat liegen für die betrachteten Quartiere zeitlich disaggregierte Lastzeitreihen zugrunde, die neben einer Außentemperaturabhängigkeit ferner auch von tageszeitlichen Schwankungen, von variablem Nutzerverhalten sowie unterschiedlichen Gleichzeitigkeitsfaktoren Beeinflussungen erfahren. Für das Quartier Leipzig Schönefeld sind die modellierten Lastgänge für den Trinkwarmwasser- und Raumwärmebedarf in Abbildung 9-2 exemplarisch dargestellt.

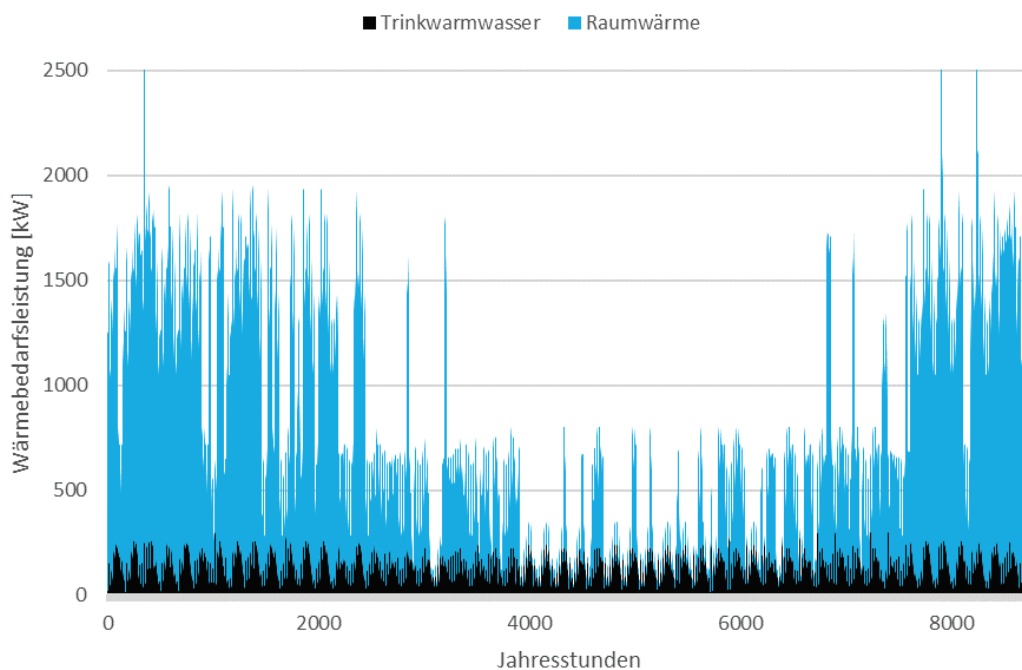


Abbildung 9-2: Synthetisch generierte Lastprofile für Trinkwarmwasser- und Raumwärmebedarf des Quartiers Leipzig Schönefeld in gestapelter Darstellung

Der Trinkwarmwasserbedarf zeigt ein ausgeprägtes Wochenprofil mit tendenziell abweichenden Zapfvolumina an den Wochenenden. Der Raumwärmebedarf stellt sich allgemein volatiler dar, mit vereinzelt, jedoch deutlich ausdifferenzierten Lastspitzen. Die

⁸⁶ Weiterführende Informationen zur Berechnungsgrundlage unter: Annex TS1: Low Temperature District Heating for Future Energy Systems – Subtask A: Methods and Planning Tools. Edited by: Markus Blesl, Markus Stehle, 2017.

Raumwärmenachfrage in den Sommermonaten ist signifikant geringer als die der Wintermonate, wobei der Übergang zwischen Sommer und Winter abrupt erfolgt.

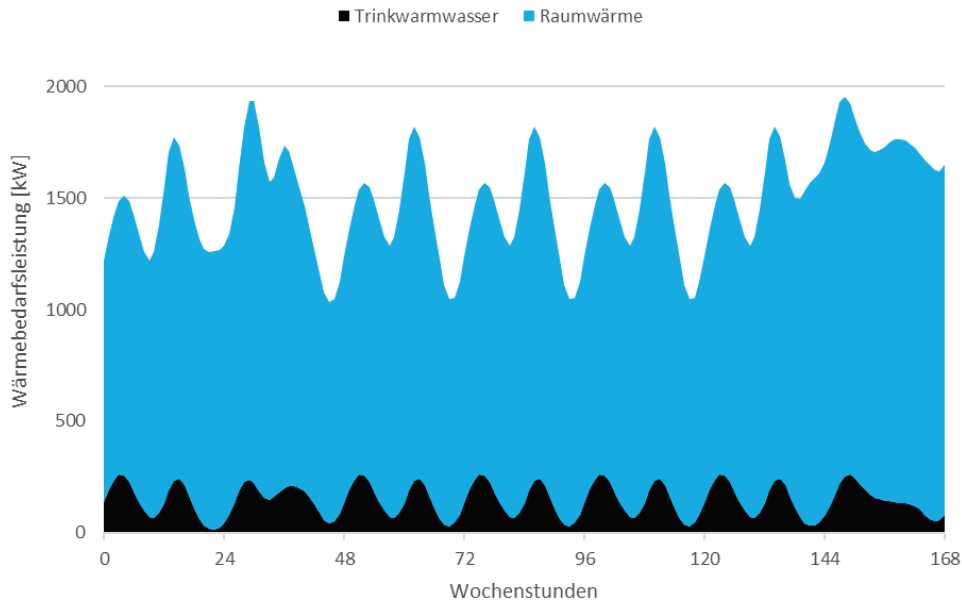


Abbildung 9-3: Synthetisch generierte Lastprofile des Quartiers Leipzig Schönefeld der 2. Kalenderwoche 2017, differenziert nach Trinkwarmwasser- und Raumwärmebedarf

Mit Blick auf Abbildung 9-3 wird die Volatilität der Raumwärme- und Trinkwarmwassernachfrage ersichtlich. Als Ausschnitt dargestellt ist die 2. Kalenderwoche des Jahres 2017. Die Tagesgänge sowohl der Raumwärme- als auch Trinkwarmwassernachfrage sind charakterisiert durch frühmorgendliche und abendliche Spitzenlasten, wobei die ausgeprägten Täler am Wochenende nahezu verschwinden. Durch die veränderten Anwesenheitsprofile der Bewohner kommt es hierdurch zu einer Lastvergleichmäßigung.

Im Vergleich hierzu steht das auf den Quartiersmaßstab heruntergebrochene Wärmelastprofil des gesamten Wärmenetzes gegenüber (siehe Abbildung 9-2). Es ist ersichtlich, dass das skalierte Bedarfsprofil in den Sommermonaten über eine ausgeprägtere Grundlast verfügt, als die synthetischen Lastverläufe. Zudem wird die Übergangsperiode zwischen Februar und Anfang April durch die Simulation überbewertet. Allerdings ist fraglich, inwieweit der skalierte Lastgang für die Quartierssimulation Anwendung finden kann, da die Gebäude- bzw. Abnehmerstruktur des Gesamtnetzes nicht ausgewiesen werden kann und davon auszugehen ist, dass sich diese erheblich von der Struktur des Quartieres unterscheidet. Daher wird für die Abschätzung der iHAST-Potenziale auf die synthetisch generierten Lastprofile zurückgegriffen, die sich an den dort vorliegenden Gebäudestrukturen orientieren.

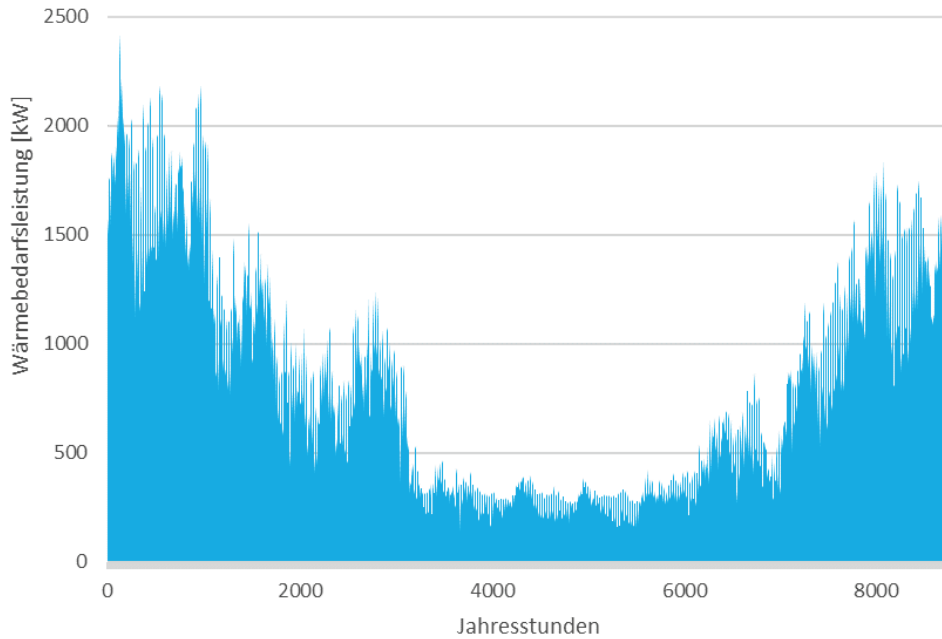


Abbildung 9-4: Auf den Quartiersmaßstab skaliertes Verlaufsprofil der Wärmenachfrage des Leipziger Fernwärmenetzes

9.1.3 Potenzialerhebung: Lastverschiebung

Der Wärmebedarf von Gebäuden setzt sich grundlegend aus den Bedarfen zur Bereitstellung von Raumwärme und Trinkwarmwasser zusammen. Für Gebäude des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistung sowie Industriebauten können zudem Prozesswärmebedarfe anfallen. Die Betrachtung des letzteren ist für die Erhebung in den vorrangig als Wohnquartiere ausgewiesenen iHAST-Bilanzräumen hinfällig, da sich die Quartiere vorrangig aus Wohngebäuden und vereinzelt Nichtwohngebäuden zusammensetzen. Der Wärmebedarf zur Bereitstellung von Raumwärme ist in guter Näherung linear abhängig von den Außentemperaturen. Der Trinkwarmwasserbedarf ist vom Nutzerverhalten abhängig und somit stark fluktuierend und nur unter hohen Unsicherheiten zu prognostizieren bzw. abzubilden. Demgemäß setzt sich der Wärmebedarf von Liegenschaften anhand zweier Lastganglinien, eine für Raumwärme sowie eine für den Trinkwarmwasserbedarf zusammen.

Der Trinkwarmwasserwärmebedarf kann in seinem Bedarfsprofil über geschicktes Befüllen Be- und Entladen der Trinkwarmwasserspeicher im geringen Umfang beeinflusst werden. Das Ziel solcher Maßnahmen ist es, auftretende Lastspitzen (Aufheizen nach Ablauf der Nachtabenkung, frühmorgendliches Duschen, etc.) zu reduzieren und somit zu einer netzweiten Glättung des Lastgangs beizutragen. Zur Quantifizierung plausibler Lastverschiebungspotenziale werden die zuvor bestimmten Wärmebedarfszeitreihen herangezogen und mit Gleichung 9.1 in Kombination mit Gleichung 9.2 entsprechend

modifiziert. Dabei ist f_{DSM} ein synthetischer Faktor, der angibt, welcher prozentuale Anteil der Differenz zwischen gleitendem 24h-Mittelwert der Trinkwarmwassernachfrage und dem innerhalb dieses Intervalls regulär anfallenden Trinkwarmwasserbedarf \dot{Q}_i des Zeitpunktes i verschoben werden kann.

$$\dot{Q}_{i,DSM} = (\bar{Q} - \dot{Q}_i) \cdot f_{DSM} + \dot{Q}_i \tag{9.1}$$

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^{i=24} \dot{Q}_i}{24} \tag{9.2}$$

In Abbildung 9-5 ist die Methodik zur Lastverschiebung qualitativ dargestellt. Hieraus wird insbesondere ersichtlich, dass das Lastverschiebungspotenzial umso größer ausfällt, je weiter die aktuelle Wärmebedarfsleistung \dot{Q}_i zum Zeitpunkt i vom 24h-Mittel $\bar{Q}_{1,24}$ entfernt liegt. Befindet sich die aktuelle Wärmebedarfsleistung oberhalb des 24h-Mittels, wird der Term aus Gleichung 9.1 negativ und somit von der aktuellen Wärmebedarfsleistung subtrahiert; es kommt zu einer „Unterdeckung“ der regulären Wärmebedarfsleistung. Werte unterhalb der Mittellinie werden addiert, was sich in einer „Überdeckung“ der Wärmebedarfsleistung äußert.

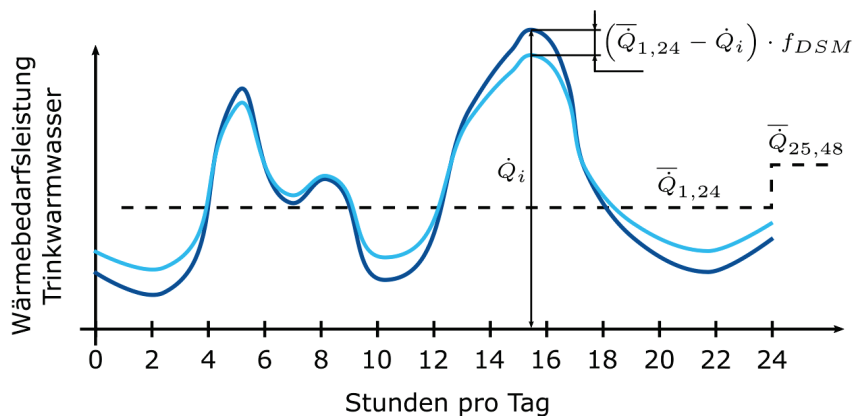


Abbildung 9-5: Qualitative Visualisierung der Methodik zur Lastverschiebung unter Berücksichtigung der Gleichungen 9.1 und 9.2

In den Auswertungen wurde der Faktor mit $f_{DSM} = 0,2$ als eher konservativ angenommen. Mit Bezug auf den Bilanzraum Leipzig Schönefeld kommt es unter Ausschöpfungen aller Lastverschiebungspotenziale im Mittel bei einer positiven Lastverschiebung insgesamt zu einer temporären Unterdeckung der regulären Last von 12,4 % und bei einer negativen Lastverschiebung zu einer Überdeckung von 24,7 %. Da die Last nur kurzfristig

unterschritten wird, ist von keiner nennenswerten Beeinträchtigung des Nutzerverhaltens auszugehen.

Als Ergebnis stellt sich neben der regulären Wärmebedarfszeitreihe ebenfalls eine geglättete Wärmenachfrage dar. In Abbildung 9-6 ist sowohl die geordnete Jahresdauerlinie der Wärmenachfrage für den Bilanzraum Leipzig im Jahr 2017 sowie dessen Differenz zu dem lastverschobenen Wärmebedarf dargestellt.

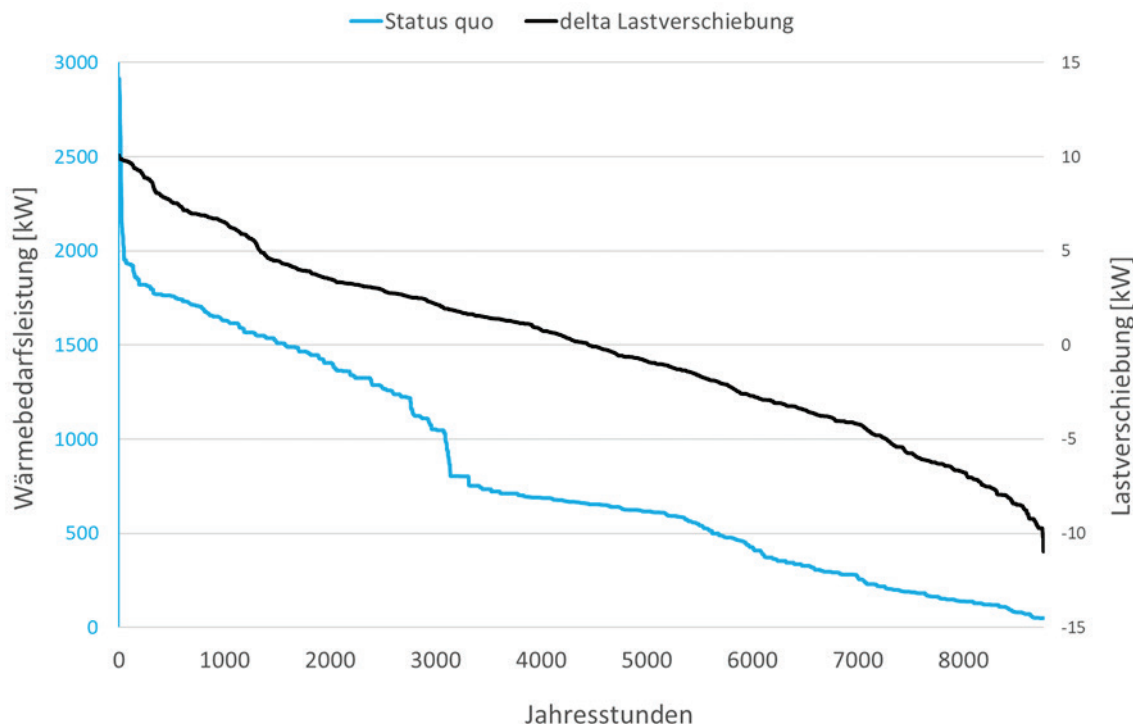


Abbildung 9-6: Geordnete Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs für Leipzig des Jahres 2017. Auf der Sekundärachse ist die Differenz zwischen regulärem Wärmeleistungsbedarf und Wärmeleistungsbedarf nach Lastverschiebung aufgetragen.

Aus der Abbildung geht hervor, dass sich das Be- und Entladeverhalten der TWW-Speicher in der geordneten Darstellung als leicht gekrümmte Gerade zeigt. Die maximale Entlade- und Beladeleistung liegt temporär bei etwa 12 kW. Für das Leipziger Quartier, mit einer mittleren errechneten Wärmebezugsleistung von 812,6 kW, wird durch Lastverschiebung maximal 1,48 % der Gesamtwärmenachfrage verschoben.

9.1.4 Berechnung netzseitiger spezifischer Wärmeverluste

Die spezifischen Wärmeverluste in kW/m können für erdverlegte, parallele Wärmeleitungen mittels der nachfolgenden mathematisch/physikalischen Formeln gemäß⁸⁷ ermittelt werden.

$$q_s = (T_s - T_{au}) \cdot 2\pi \cdot \lambda_g \cdot h_s^{-1} \quad 9.3$$

Die spezifischen Wärmeverluste q_s können als Funktion der Temperaturdifferenz zwischen dem Temperaturmittel Vorlauf-Rücklauf und der Außentemperatur über Boden T_0 sowie einem Funktionsterm h_s beschrieben werden. Letzterer stellt sich wie folgt dar:

$$h_s = \ln\left(\frac{2 \cdot H}{r_0}\right) + \beta + \ln\left(\sqrt{1 + \left(\frac{H}{D}\right)^2}\right) \quad 9.4$$

wobei:

- H = Verlegetiefe Vor- sowie Rücklauf in m
- r_0 = Außendurchmesser Vor- sowie Rücklauf in m
- β = dimensionsloser Faktor
- D = halber Abstand zwischen Vor- sowie Rücklauf in m.

Der dimensionslose Parameter β setzt sich aus dem Verhältnis zwischen der Wärmeleitfähigkeit des Bodens und die der Isolationsschicht der Wärmeleitung sowie dem logarithmischen Verhältnis von außen- zu Innendurchmesser zusammen.

$$\beta = \frac{\lambda_g}{\lambda_{iso}} \cdot \ln\left(\frac{r_{au}}{r_{in}}\right) \quad 9.5$$

Da die für die Berechnung relevante Außentemperatur sowie die hieraus teilweise resultierenden netzseitigen Vor- und Rücklauftemperaturen bereits in zeitlicher Auflösung vorliegen, können ebenfalls zeitlich variable spezifische Wärmeverluste ausgewiesen werden. Folgenden Parametern liegen Annahmen zugrunde:

- mittlere Verlegetiefe der Wärmetrassen: $H = 1,0 \text{ m}$,
- mittlere Wärmeleitfähigkeit des umschließenden Erdreiches: $\lambda_g = 4,0 \frac{W}{mK}$,

⁸⁷ Wallentén, P. Steady-state heat loss from insulated pipes. *Licentiate Thesis, Report TVBH-3017, Dept. of Building Physics, Lund Institute of Technology, Sweden, Byggnadsfysik LTH, Lunds Tekniska Högskola, Byggnadsfysik LTH, Lunds Tekniska Högskola, 1991*

- mittlere Wärmeleitfähigkeit der Trassenisolation: $\lambda_{\text{iso}} = 0,0241 \frac{W}{mK}$ sowie
- mittlerer halber Verlegeabstand der Wärmetrassen: $D = 0,25 \text{ m}$.

Als Ergebnis liegt für jeden iHAST-Bilanzraum ein Jahresverlauf der spezifischen Wärmeverlustströme in W/m vor. Anschließend werden aus dem Jahresverlauf zeitlich gemittelte Wärmeverlustströme errechnet und diese auf den berechneten Status quo normiert. Hieraus ergeben sich prozentuale Änderungsfaktoren. Diese prozentualen Änderungsfaktoren können mit den historischen jährlichen Wärmeverlusten des Wärmenetzes multipliziert werden. Der Güte der für diese Untersuchung getroffenen Annahmen zur Berechnung zeitlich aufgelöster Wärmeverlustströme kommt eine untergeordnete Rolle zu, da alle durch Temperaturreduktionen veränderten Wärmeverluste auf den Ausgangszustand normiert werden. Hierdurch ist die absolute Höhe der getroffenen Annahmen wie beispielsweise Zustand der Wärmeleitungen, Wärmeleitfähigkeiten, Verlegetiefe und -abstand für die Resultate, insofern sich diese in einem plausiblen Rahmen bewegen, nicht maßgebend. Gleichwohl ist es möglich, Gleichung 9.3 entsprechend zu kürzen, so dass für die Änderung der Wärmeverluste ausschließlich die resultierenden Temperaturverhältnisse Berücksichtigung finden. Es gilt somit für die relative Änderung der Wärmeverluste, hervorgerufen durch eine Zustandsänderung von 1 nach 2:

$$\Delta q_{s1,2} = \frac{(T_{s,1} - T_{au,1}) - (T_{s,2} - T_{au,2})}{(T_{s,1} - T_{au,1})} \quad 9.6$$

9.1.5 Berechnung netzseitiger Massenströme

Die im Wärmenetz vorliegenden Masse- respektive Volumenströme sind maßgeblich für die monetären Aufwendungen zur Druckhaltung verantwortlich. Um den Einfluss der iHAST auf den Pumpenergieaufwand bestimmen zu können, müssen zuerst überschlägig die resultierenden Massenströme im Status quo sowie anschließend in den einzelnen Szenarien berechnet werden.

Aus den beispielsweise in Gleichung 9.1 und 9.2 abgeleiteten Wärmeströmen und den jeweiligen Netztemperaturen zum Zeitpunkt i können unter Anwendung von Gleichung 9.7 die resultierenden netzseitigen Massenströme abgeleitet werden. Dabei werden die druck- und temperaturabhängigen Stoffgrößen des Wärmeträgermediums als konstant angesehen. Die sich innerhalb des Quartieres einstellenden Massenströme des Ausgangszustandes dienen als Referenz, auf die im weiteren Verlauf die Massenströme der Szenarienrechnungen normiert werden.

$$\dot{m}_i = \frac{\dot{Q}_i}{c (T_{V,i} - T_{R,i})}$$

wobei:

- \dot{m}_i = Massenstrom zum Zeitpunkt i in kg/s
- \dot{Q}_i = Wärmestrom zum Zeitpunkt i in W
- c = spezifische Wärmekapazität in J/kgK
- $T_{V,i}$ = Vorlauftemperatur zum Zeitpunkt i in °C
- $T_{R,i}$ = Rücklauftemperatur zum Zeitpunkt i in °C

9.2 Methodischer Ansatz zur Bewertung der netzseitigen Effekte der iHAST

Der iHAST können sowohl netzseitige als auch gebäudeseitige Effekte zugeschrieben werden. Teilweise liegen den einzelnen Effekten Überschneidungen zugrunde, die eine präzise Zuweisung zwischen Ursache und Wirkung erschweren. Für eine ganzheitliche Betrachtung müssen die wichtigsten Effekte, die einer iHAST zuzuschreiben sind, individuell betrachtet werden (nähere Erläuterungen hierzu finden sich im Abschnitt 7.1.1).

Hierzu werden im Folgenden die relevantesten iHAST-Effekte aufgegriffen und deren modellseitige Abbildung kurzerhand erläutert.

9.2.1 Reduktion netzseitiger Vorlauftemperaturen

Durch die Anwendung von iHAST ist es denkbar, dass die Vorlauftemperaturen gezielter an die Minimalanforderungen der Kunden angepasst werden können (näheres hierzu unter Abbildung 7.2)

In den Modellen wird eine Vorlauftemperaturreduktion um 5 K betrachtet. Diese Annahme fußt auf einer Abstimmung mit den Energieversorgungsunternehmen aus dem Projektkreis. Dabei werden die historischen bzw. synthetischen Zeitreihen der netzseitigen Vorlauftemperaturen der einzelnen Bilanzräume herangezogen und jeder Zeitwert konstant um die oben aufgeführte Temperatur vermindert. Für eine erste Abschätzung der iHAST-Effekte auf den Netzbetrieb ist es ausreichend, von einer konstanten Temperaturreduktion auszugehen. Dabei werden eventuell auftretende Unterversorgungen der Schlechtpunktkunden vernachlässigt. Für detailliertere Untersuchungen ist es erforderlich, die Vorlauftemperatur, und somit auch eine maximal erreichbare Absenkung der Vorlauftemperaturen, durch eine dynamische Regelung (bedarfsorientiert) an den jeweiligen Schlechtpunktverbraucher des Strangendes anzupassen.

9.2.2 Reduktion gebäudeseitiger Rücklauftemperaturen

Um den Einfluss von iHAST auf die netzseitigen Rücklauftemperaturen ganzheitlich abbilden zu können, sind detaillierte Gebäudemodelle mit Fokus auf thermo-hydraulische Transportprozesse aufzubauen. Für eine erste grobe Abschätzung der zu erwartenden Effekte sind diese Modelle infolge ihrer Komplexität unvorteilhaft. An dieser Stelle sind rudimentäre sowie statische Modelle ausreichend. Hierzu werden die Gebäude der betrachteten iHAST-Bilanzräume aggregiert und mittels der in Abbildung 9-7 aufgeführten Rücklauftemperaturenganglinien modelliert.

Betrachtung finden neben der Rücklaufgeraden des Ausgangszustandes ebenfalls Ganglinien, die infolge eines hydraulischen Abgleichs der hausinternen Heizungsanlage sowie durch die Verwendung von iHAST im Vergleich zum Ausgangszustand in Amplitude und Gradient abweichen. In diesem Kontext ist ein hydraulischer Abgleich eine Maßnahme, um in einem vermaschten hydraulischen System definierte Volumenströme einzustellen. Hierdurch kann mitunter gewährleistet werden, dass an allen Radiatoren der Heizungsanlage eine gleichmäßige Wärmelast anliegt. Die gleichmäßige Verteilung der Wärme reduziert somit die ungewollte Überversorgung von einzelnen Radiatoren und ermöglicht somit die Einsparung von Endenergie. Wird der hydraulische Abgleich flächendeckend durchgeführt, können somit erhebliche Energieeinsparungen im gesamten Wärmenetz erzielt werden. Ein hydraulischer Abgleich ist nicht zwangsläufig durch die Umrüstung auf iHAST gegeben. Vielmehr wird durch die hierzu notwendige Begehung der Liegenschaft die zusätzliche Option der Durchführung eines hydraulischen Abgleichs ermöglicht. Zur Minimierung der Dienstleistungskosten ist es denkbar, die Umrüstung auf iHAST und den hydraulischen Abgleich simultan durchzuführen.

Sowohl Gebäude mit Ein- als auch mit Zweirohrheizungen werden bei der Bilanzierung des hydraulischen Abgleichs berücksichtigt. Die durch hydraulische Abgleiche erzielbaren Endenergieeinsparungen können unter optimalen Bedingungen bis zu 7 % betragen⁸⁸. Im Projektkreis hingegen wurde eine konservative Annahme von im Mittel 1,5 % Endenergieeinsparung als Setzung definiert. Insbesondere deshalb, da die Durchführung hydraulischer Abgleiche in der Praxis stellenweise kompliziert ist und hierdurch nicht die vollen Potenziale gehoben werden können.

⁸⁸ Guzek, G.: Zur Energieeinsparung in Heizungsanlagen durch den hydraulischen Abgleich, Dresden: TUDpress Verlag der Wissenschaften, 2010.

Die hier dargestellten Geraden entstanden in Anlehnung an die Arbeit von ⁸⁹ und wurden entsprechend an die individuellen Ausgangszustände der iHAST-Bilanzräume angepasst⁹⁰. Da für die einzelnen Bilanzräume die Außentemperaturverläufe der Jahre 2016, 2017 und 2018 vorliegen, können mit Hilfe derer die Rücklaufantworten der Quartiere überschlägig simuliert werden. Hieraus können anschließend die Effekte sowohl eines hydraulischen Abgleichs sowie die einer iHAST ausgewiesen werden.

Dieses Vorgehen sollte nur in einer ersten groben Näherung Anwendung finden. Mit Blick auf die hieraus ableitbaren Temperaturzeitreihen ist eine Verringerung der Rücklauftemperaturen in den Sommermonaten zu verzeichnen. In realen Wärmenetzen liegen die Rücklauftemperaturen im Sommer über denen im Winter. Es stellt sich somit ein inverser Verlauf zwischen simulierten und real beobachtbaren netzseitigen Rücklauftemperaturen dar. Für die Analyse wurde einheitlich auf die messtechnisch erfassten netzseitigen Vor- und Rücklauftemperaturen zurückgegriffen.

Für die Güte der Simulation bedeutet dies, dass die zeitlichen Verläufe der iHAST-Effekte Diskrepanzen infolge der gegenläufigen netz- und gebäudeseitigen Rücklauftemperaturen aufweisen. Durch die Aggregation auf Jahresmittelwerte wird dieser unerwünschte Effekt stellenweise kompensiert, für eine detaillierte Untersuchung ist jedoch eine angepasste Methodik zur Modellierung der gebäudeseitigen Rücklauftemperaturen anzuwenden.

⁸⁹ Averbalk, H.; Werner, S.; Felsmann, C.; Rühling, K.; Wiltshire, R.; Svendsen, S.; Li, H.; Faessler, J.; Mermoud, F. & Quiquerez, L.: Annex XI final report: Transformation Roadmap from High to Low Temperature District Heating Systems, *International Energy Agency, International Energy Agency, International Energy Agency*, 2017

⁹⁰ Die Funktionsverläufe sind synthetischer Natur und spiegeln die möglichen Effekte einer iHAST gemäß den Einschätzungen der Autoren wieder. Für fundierte Analysen sind ganzjährige Messungen an mit iHAST ausgestatteten Gebäuden erforderlich.

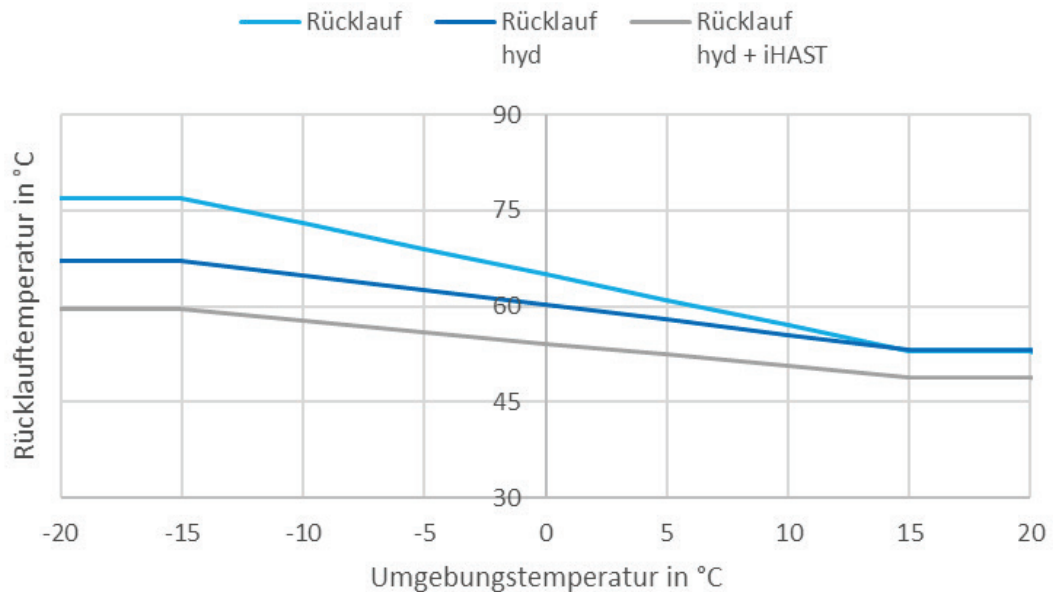


Abbildung 9-7: Gebäudeseitige Vor- und Rücklaufftemperaturen im Status quo sowie unter Berücksichtigung von Maßnahmen wie hydraulischen Heizungsabgleich (hyd) sowie iHAST. In methodischer Anlehnung an⁹¹

9.2.3 Effekte der iHAST auf die Erzeugerseite

Die Einflüsse von iHAST sind mannigfaltig und wirken sich sowohl auf die Gebäude- als auch auf die Netz- bzw. Erzeugerseite aus. Die durch iHAST erzielbaren Temperaturreduktionen des netzseitigen Vor- und Rücklaufs wirken sich neben ganzjährig geringeren Wärmeverlusten ebenfalls positiv auf die Brennstoffausnutzung der Erzeugeranlagen aus. Infolge des gezielten Lastmanagements der Verbraucherseite können Spitzenlasten reduziert und somit gleichbedeutend die Einsatzdauer von beispielsweise grundlastfähigen Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) verlängert werden (siehe Abbildung 9-8). Hierdurch ergeben sich sowohl freiwerdende Erzeugerkapazitäten sowie eine effizientere Wärmebereitstellung mittels KWK und somit geringere Erzeugerkosten sowie einen verminderten anteiligen Emissionsausstoß.

$$p_{th,i} = \frac{P_{th,Quartier}}{P_{th,Netz}} \cdot P_{th,i}$$

9.8

⁹¹ Averfalk, H.; 2017 ebda.

wobei:

- $p_{th,i}$ = anteilige thermische Erzeugerleistung der i-ten Anlage in %
- $P_{th,i}$ = thermische Erzeugerleistung der i-ten Anlage in MW
- $P_{th,Quartier}$ = maximale Anschlussleistung des iHAST-Bilanzraumes in MW
- $P_{th,Netz}$ = maximale Anschlussleistung des Gesamtnetzes in MW

Zur Evaluierung oben genannter Effekte sind zum einen geordnete Lastganglinien der einzelnen Bilanzräume sowie das anteilig auf den Wärmebedarf der Bilanzräume mittels Gleichung 9.8 heruntergebrochene Erzeugerportfolio erforderlich. Eine Hochrechnung der im Umfang relativ kleinen iHAST-Bilanzräume respektive deren Effekte auf das Gesamtnetz würden sich als nicht zielführend erweisen, da die Abnehmerstruktur der Gesamtnetze erheblich von denen der Bilanzräume abweicht.

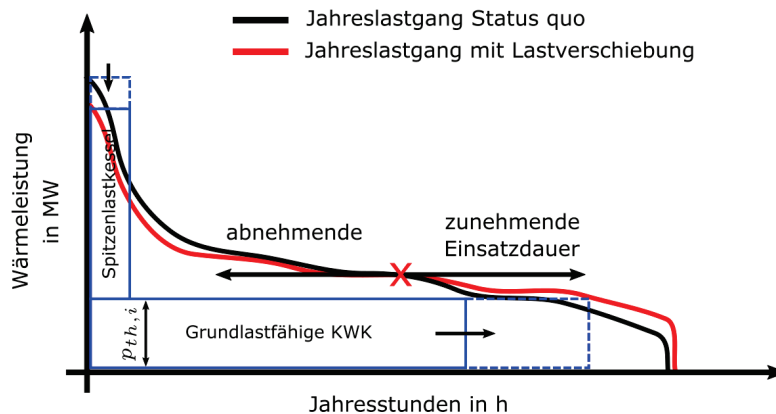


Abbildung 9-8: Generische geordnete Jahresdauerlinie der Wärmeerzeugerleistung unter Einfluss von Lastverschiebungsmaßnahmen

In der für jeden Bilanzraum erarbeiteten geordneten Jahresdauerlinie der Wärmebedarfsleistung (vgl. Abbildung 9-8) werden die anteiligen Erzeugerleistungen aufgetragen. Dabei spannen diese ein Rechteck nach rechts bis zum ersten Schnittpunkt zur geordneten Jahresdauerlinie auf, wobei dessen Flächeninhalt die mit der jeweiligen Technologie bereitgestellte jährliche Wärmemenge ausweist. Infolge der Lastverschiebung reduzieren bzw. verlängern sich die Einsatzdauern der einzelnen Erzeugertechnologien, was zu sich verkürzenden oder ausdehnenden Rechtecken führt. Wird hierdurch der Einsatz von Spitzenlastheizkesseln durch verlängerte Einsatzdauern von beispielsweise KWK-Anlagen substituiert, ergeben sich in Summe Vorteile hinsichtlich eines ökonomischeren und ökologischeren Netzbetriebs.

iHAST sind durch Kommunikationstechnologie in der Lage, Schaltsignale von der Erzeugerseite zu empfangen und zu verarbeiten. Hierdurch können beispielsweise die

Trinkwarmwasserspeicher der Gebäude intelligent angesteuert und somit gezielt bis zu einem gewissen Schwellenwert be- und entladen werden. Diese so gewonnenen Flexibilitäten können dazu beitragen, Spitzenlasten im Wärmenetz zu vermeiden bzw. abzuschwächen. Die durch die Regelung der Trinkwarmwasserspeicher reduzierte Spitzenleistung bzw. die hierdurch freiwerdenden Wärmekapazitäten können durch die KWK-Anlage substituiert werden.

Wenn die KWK in einem wärmegeführten Betrieb operiert, steigt infolge der zusätzlichen Wärmebereitstellung ebenfalls die Produktion von Strom an. Unter Anwendung der Stromgutschriftmethode ergeben sich hierdurch für die Wärmebereitstellung insbesondere Vorteile hinsichtlich reduzierter spezifischer CO₂-Emission.

Die Differenz des Brennstoffeinsatzes zur Bereitstellung einer Einheit Wärme zwischen einer gekoppelten und einer ungekoppelten Wärmebereitstellung kann entsprechend Gleichung 9.9 berechnet werden.

$$\Delta Br_{th} = Br_{KWK,th} - Br_{ref,th} \tag{9.9}$$

$$= \left(\frac{1}{\eta_{KWK,th}} - \sigma \frac{1}{\eta_{ref,el}} \right) - \frac{1}{\eta_{ref,th}}$$

Dabei ist ΔBr_{th} die Differenz des Brennstoffeinsatzes, um die der jeweilige Brennstoffbedarf in MWh reduziert oder erhöht wird, um eine zusätzliche Einheit Wärme bereitzustellen. Die für die spätere Analyse der Quartiere verwendeten spezifischen Größen wurden wie folgt angenommen:

- Gesamtwirkungsgrad KWK: $\eta_{KWK,ges} = 0,83$
- elektrischer Wirkungsgrad KWK : $\eta_{KWK,el} = 0,36$
- thermischer Wirkungsgrad KWK: $\eta_{KWK,th} = 0,47$
- Stromkennzahl: $\sigma = \frac{\eta_{KWK,el}}{\eta_{KWK,ges}} = 0,434$
- elektrischer Referenzwirkungsgrad: $\eta_{ref,el} = 0,50$
- thermischer Referenzwirkungsgrad: $\eta_{ref,th} = 0,91$
- spezifische CO₂-Emissionen je Energieträger (z. B. Erdgas): $xCO_2 = 201 \frac{kg CO_2}{MWh}$

Analog zur Brennstoffeinsparung kann die absolute Differenz der spezifischen CO₂-Emissionen in kg/MWh unter Berücksichtigung von brennstoffspezifischen Emissionswerten dargestellt werden als:

$$\Delta CO_{2,th} = CO_{2,KWK,th} - CO_{2,ref,th}$$

$$= xCO_2 \cdot \left(\frac{1}{\eta_{KWK,th}} - \sigma \frac{1}{\eta_{ref,el}} \right) - \frac{xCO_2}{\eta_{ref,th}} \tag{9.10}$$

9.2.4 Zusammenfassung der Effekte

Um die Effekte des Einsatzes von iHAST auf den Systemverbund Wärmenetz greifbar darstellen zu können, wurden die zuvor definierten einzelnen iHAST-Effekte aggregiert. Hierbei werden die gebäudeseitigen Effekte zusammen mit den netz- sowie erzeugerseitigen Effekten überlagert. Auf der Gebäudeseite stehen zum einen der hydraulische Abgleich sowie die Reduktion der Rücklauftemperaturen. Die Reduktion der Vorlauftemperaturen sind der Netzseite zuzuordnen. Neben weiteren Effekten kann Lastmanagement im Allgemeinen der Erzeugerseite zugewiesen werden. Aus der Überlagerung der einzelnen iHAST-Effekte kann ein aggregierter systemischer Effekt abgeleitet werden (exemplarisch in Abbildung 9-9 dargestellt).

Da die Erzeuger- und Verbraucherseite, verbunden über die Wärmeverteilnetze, eng miteinander gekoppelt sind, empfiehlt es sich, die gesamten Effekte der iHAST systemisch zu untersuchen. Hierzu werden in den Analysen die einzelnen iHAST-Effekte gebündelt und deren Überlagerung auf den gesamten Wärmenetzverbund systematisch untersucht.

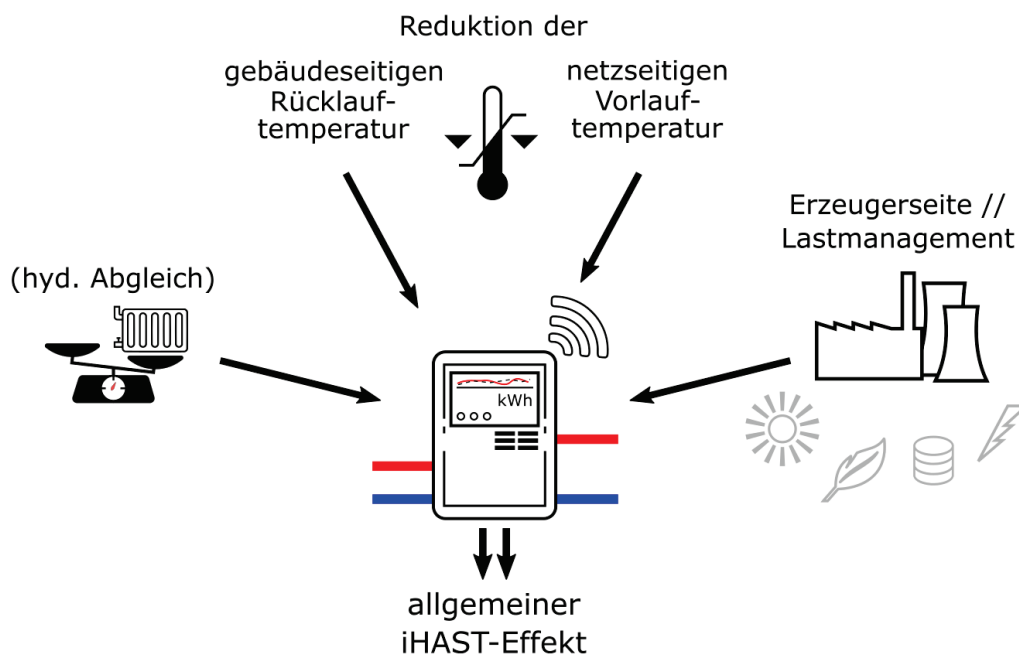


Abbildung 9-9: Zusammenspiel der einzelnen gebäude-, netz- sowie erzeugerseitigen iHAST-Effekte

9.3 Energetische und ökologische Bewertung

Um die Vergleichbarkeit der energetischen und ökologischen Bewertung der betrachteten iHAST-Bilanzräume – namentlich Leipzig Schönefeld, Erfurt Borntal sowie Erfurt Roter Berg – gewährleisten zu können, wurde ein einheitliches Erzeugerportfolio zugrunde gelegt. Dieses Referenzsystem findet bei den modellgestützten Analysen gesamtheitlich Verwendung. Innerhalb des Projektkreises wurde das Referenzsystem gemäß dem Erzeugerportfolio Erfurts definiert.

9.3.1 Referenziertes Erzeugerportfolio

Dieses besteht im Status quo aus einer KWK-Anlage sowie einem Spitzenlastkessel. Letztere Erzeugeranlage ist als Brennwertkessel konzipiert und verfügt über eine thermische Nennleistung von 120 MW. Als Energieträger kommt Erdgas zum Einsatz. Der thermische Wirkungsgrad des Brennwertkessels liegt bei 91 %. Für die Jahre 2017 bis 2018 wurden durch diesen zwischen 23,0 und 28,5 GWh/a⁹² an Wärme bereitgestellt, was in etwa einem Deckungsanteil am Gesamtwärmebedarf von ca. 3,7 % entspricht. Mit einer mittleren Vollbenutzungsdauer von jährlich etwa 208 h wird der Einsatz als reiner Spitzenlastkessel unterstrichen.

Die KWK-Anlage ist ein Gas- und Dampfkraftwerk mit insgesamt drei erdgasbetrieben Gas- und einer Dampfturbine. Diese vier Blöcke verfügen in Summe über eine elektrische Erzeugerleistung von 108 MW sowie über 135 MW thermisch. Die Stromkennzahl beläuft sich im Mittel auf 0,76 bei einem Brennstoffnutzungsgrad von 0,83. In den Jahren 2017 bis 2018 wurden witterungsbereinigt im Mittel 576,9 GWh/a Strom sowie 732,4 GWh/a Wärme bereitgestellt. Durch die wärmegeführte Fahrweise kommt die KWK-Anlage auf mehr als 5.341 Vollbenutzungsstunden pro Jahr und deckt somit mehr als 96 % der Endenergienachfrage für Wärme. Die wichtigsten Kennzahlen der energetischen Bereitstellung von Wärme sind in Tabelle 9-1 zusammengestellt.

Sowohl die KWK als auch der Brennwertkessel binden Wärme auf einem Temperaturniveau von etwa 120 °C ein. Der Jahresverlauf der erzeugerseitigen Vor- als auch Rücklauftemperaturen sind in Abbildung 9-10 dargestellt. Die Vorlauftemperatur unterliegt bedarfsabhängigen Schwankungen und wird tendenziell in den sommerlichen

⁹² die Werte wurden entsprechend für die Region Erfurt witterungsbereinigt.

Schwachlastphasen abgesenkt. Infolge der geringeren Wärmeabnahme steigen auch die Temperaturen des Netzurücklaufes merklich an.

Tabelle 9-1: Zusammengefasste Kenngrößen der Erzeugung von Wärme aus KWK-Anlagen und Heizwerken für das Erfurter Wärmenetz

Jahr	Bereitgestellte Strommenge		Bereitgestellte Wärmemenge		Vollbenutzungsstunden		Anteil an Wärmeversorgung	
	KWK	HW	KWK	HW	KWK	HW	KWK	HW
	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]	[h/a]	[h/a]	[-]	[-]
2016	566.8	0.0	705.9	23.0	5239	192	0.98	0.02
2017	588.7	0.0	744.8	23.2	5484	194	0.96	0.04
2018	575.2	0.0	746.4	28.5	5428	238	0.96	0.04

Im Jahresmittel ergeben sich somit für die netzseitige Vorlauftemperaturen Werte um 116,3 °C sowie für den Rücklauf von 65,7 °C. Die Spitzentemperaturen liegen temporär bei 126,3 bzw. 78,4 °C. An dieser Stelle ist anzumerken, dass für den Bilanzraum Leipzig Schönefeld abweichend hierzu die im dortigen Wärmenetz messtechnisch erfassten Vor- sowie Rücklauftemperaturen für die weiteren Analysen Verwendung fanden.

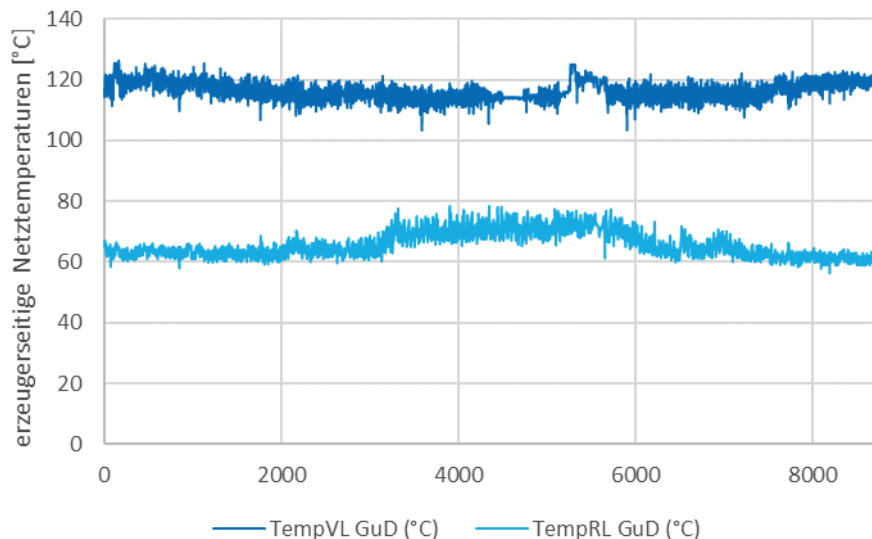


Abbildung 9-10: Zeitlicher Verlauf der erzeugerseitigen Netztemperaturen des Vor- und Rücklaufes des Referenz erzeugerstandortes in Erfurt (KWK) in stündlicher Auflösung für 2017

Das hier definierte Referenzsystem der Erzeugung wird auf die drei Untersuchungsräume angewandt. Hierzu wird die jeweilige thermische Erzeugerleistung der KWK-Anlage samt Spitzenlastkessel auf die Quartiere heruntergebrochen. Dies geschieht anteilig unter Berücksichtigung der in den Quartieren anfallenden Wärmebedarfe im Vergleich zum

Wärmebedarf der jeweiligen Gesamtnetze. Hiermit kann den Quartieren eine fiktive Erzeugereinheit zugewiesen werden.

Ebenfalls unterlagen die Wärmeverteilnetze einer gewissen Harmonisierung. Hierbei wurde angenommen, dass die spezifischen Wärmenetzverluste sowohl des Netzes von Leipzig als auch des von Erfurt im Jahresmittel identisch sind. Innerhalb des Projektkonsortiums wurde dabei von einem spezifischen Wärmeverlust von einheitlichen 14,0 % ausgegangen. Dieser Wert bezieht sich auf die Wärme frei Erzeuger.

Anhand der im Kapitel 9.2 definierten Methodik wurden für die betrachteten iHAST-Bilanzräume Leipzig Schönefeld, Erfurt Borntal sowie Erfurt Roter Berg Simulationsmodelle erstellt. Unter Berücksichtigung der Rolloutstrategien A, B und C sowie unter Variation der bilanzraumspezifischen Wärmebedarfsentwicklungen kann ein Szenarienraum aufgespannt werden, dessen Ergebnisse im nachfolgenden Kapitel aufgeführt werden.

Allgemein werden dort zwei unterschiedliche Darstellungsarten verwendet:

- zum einen wird von einem bis zur dritten Welle stattgefundenen Rollout ausgegangen und die Auswirkungen der iHAST auf das Wärmenetz mittels Variation der Rolloutstrategien A bis C nach Kapitel 8 und den Wärmebedarfsentwicklungen „Ist-Zustand“, „business as usual“ sowie „Energieeffizienz“ gemäß Kapitel 5 untersucht.
- Zum anderen wird von einer zukünftig eintretenden Wärmebedarfsentwicklung „business as usual“ ausgegangen und dort der Einfluss eines sukzessive stattfindenden Rollouts – Welle 1 bis 3 – innerhalb der drei Rolloutstrategien A bis C untersucht.

Die Simulationsergebnisse werden dediziert nur für das Quartier Leipzig Schönefeld beschrieben, wobei die Resultate für die Quartiere Erfurt Borntal sowie Erfurt Roter Berg im Anhang enthalten sind.

9.3.2 Leipzig Schönefeld

In Abbildung 9-11 sind die Ergebnisse der Netztemperaturberechnung (zeitliche Mittelwerte) für unterschiedliche Wärmebedarfsentwicklungen sowie verschiedenartige Rolloutstrategien für das Leipziger Quartier Schönefeld aufgetragen. Ferner wird davon ausgegangen, dass die einzelnen Rolloutstrategien bis zur 3. Welle erschlossen wurden. Der Wert oberhalb der einzelnen Balken weist die angenommene VL- bzw. erzielte RL-Temperaturreduktion in K gegenüber den Messwerten des Gesamtnetzes aus.

Die messtechnisch erfassten netzseitigen Temperaturen des Fernwärmenetzes Leipzigs lagen im zeitlichen Mittel für 2017 bei 116,4 °C für den Vor- sowie 58,3 °C für den Rücklauf

und bilden somit den Status quo. Für eine schnelle Vergleichbarkeit sind über den einzelnen Balken die Temperaturdifferenzen mit Bezug auf den Status quo in K aufgetragen. Mit Blick auf die Wärmebedarfsszenarien „IST-Zustand“, „business as usual“ sowie „Energieeffizienz“ fällt auf, dass die erzielbaren netzseitigen Rücklaufemperaturreduktionen innerhalb einer jeden Rollout-Strategie annähernd identisch sind. Die Entwicklung des Wärmebedarfes spielt demnach für die netzseitigen Rücklaufemperaturen keine bzw. eine marginale Rolle. Die deutlichsten Rücklaufemperaturreduktionen können durch die Umsetzung der Rolloutstrategie A mit 5,73 K, gefolgt von der Rolloutstrategie B mit 5,01 K realisiert werden. Abgeschlagen ist das Reduktionspotenzials der Rolloutstrategie C, welches mit 3,68 K etwa 35 % hinter dem der Rolloutstrategie A zurückliegt. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass Rolloutstrategie C „Lage“ diejenigen Verbraucher auf einen Betrieb mit iHAST umrüstet, die an den Strangenden der Verteilnetze liegen. Da diese Strategie durch die örtlichen Gegebenheiten restriktiver ist, als die Rolloutstrategien A und B, werden insgesamt weniger Verbraucher mit iHAST ausgerüstet. Durch den kleineren Hebel der iHAST sind die netzseitigen Effekte innerhalb der Rolloutstrategie C geringer als in den anderen beiden Strategien.

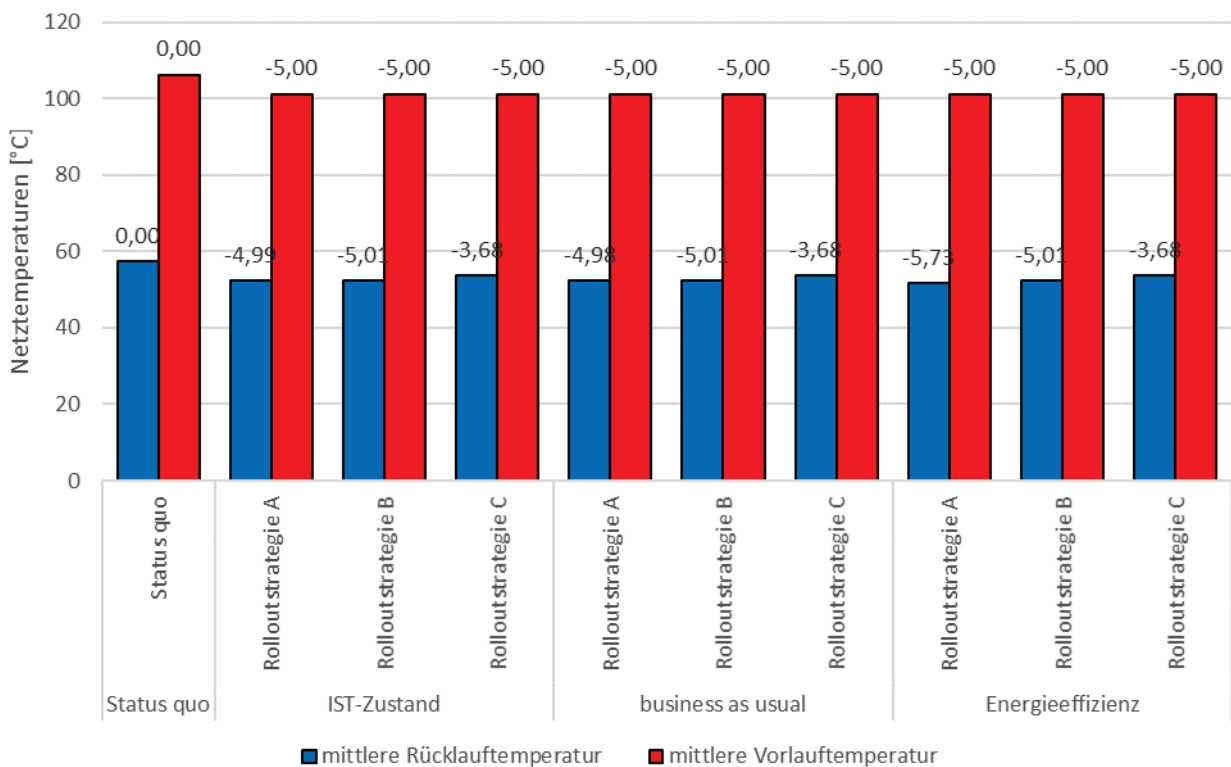


Abbildung 9-11: Simulierte netzseitige Vor- sowie Rücklaufemperaturen des Quartiers Leipzig Schönefeld unter Variation sowohl der Wärmebedarfsentwicklungs-szenarien als auch der Rolloutstrategien mit Bezug auf die Rolloutwelle 3

An dieser Stelle ist besonders darauf hinzuweisen, dass iHAST bevorzugt in Bestandsgebäude mit Einrohrheizungen installiert werden sollten. Hierdurch können dedizierte Verbrauchsinformationen über diese Gebäude bezogen und auf deren Basis Effizienzsteigerungsmaßnahmen sowohl netz- als auch gebäudeseitig durchgeführt werden. Da in den betrachteten iHAST-Bilanzräumen stellenweise erhebliche Bestände an Anschlussnehmern mit Einrohrheizung vorliegen, ist dort eine umfangreiche Umrüstung auf iHAST ggf. anzustreben.

Die Ergebnisse zu Erfurt Borntal und Erfurt Roter Berg sind in Abbildung 0-1 und Abbildung 0-3 im Anhang aufgeführt.

Für die zweite Untersuchung wurden für die Wärmebedarfsfortschreibung „business as usual“ die einzelnen Rolloutwellen detaillierter untersucht. Die Ergebnisse aus dieser Analyse sind in Abbildung 9-12 dargestellt (siehe entsprechend Abbildung 0-2 und Abbildung 0-4 für die Ergebnisse von Erfurt Borntal und Erfurt Roter Berg).

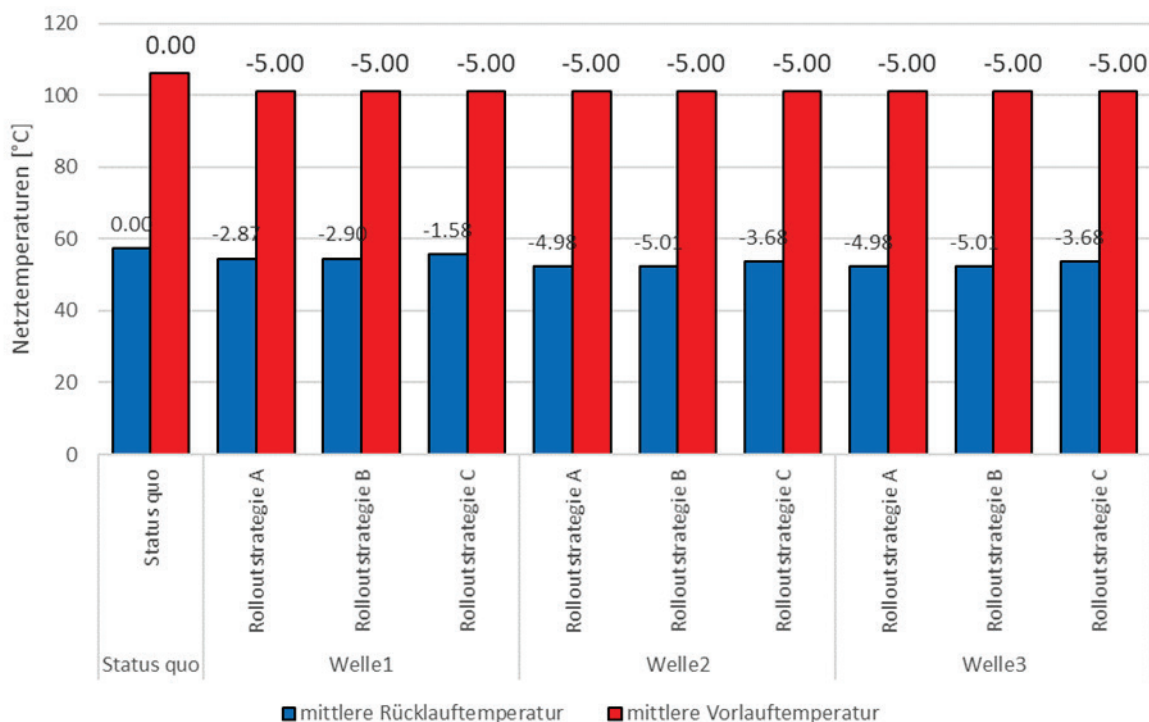


Abbildung 9-12: Simulierte netzseitige Vor- sowie Rücklauftemperaturen des Quartieres Leipzig Schönefeld unter Variation der Rolloutwellen als auch der Rolloutstrategien mit Bezug auf die Wärmebedarfentwicklung „business as usual“

Die Reduktion der netzseitigen Vorlauftemperaturen orientiert sich an den in Abbildung 9-11 zuvor gezeigten Temperaturdifferenzen. Dies liegt vor allem an den der iHAST zuordenbaren

Temperaturreduktionspotenziale infolge einer präziseren Netz- und Bedarfskenntnis. Aus der Abbildung geht deutlich hervor, dass mit jeder durchgeführten Erschließungswelle die resultierende Temperaturdifferenz des Rücklaufes mit Bezug auf die historischen Temperaturzeitreihen des Status quo zunimmt. Dies liegt daran, dass jedes mit iHAST ausgerüstete Gebäude bzw. dessen Heizungssystem eine größere Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf erzielen kann und somit die netzseitige Mischungstemperatur des Rücklaufes anteilig durch die iHAST beeinflusst wird. Es ist ersichtlich, dass bereits mit der Umrüstung von etwa 25 % des Wärmebedarfes (entspricht Welle 1 der Rolloutstrategie A) eine ansehnliche Temperaturreduktion im Netz erzielt werden kann, wobei die weitere Reduktion durch die Erschließung mit den Wellen 2 und 3 verstärkt werden kann.

9.4 iHAST und deren Einfluss auf Brennstoffeinsatz und CO₂-Emissionen

Die Ergebnisse zu den Untersuchungen des Einflusses von iHAST auf den Brennstoffeinsatz sowie den resultierenden spezifischen CO₂-Emissionen für das Quartier Leipzig-Schönefeld sind in Tabelle 9-2 sowie Tabelle 9-3 zusammengetragen. In Tabelle 9-2 wird die Variation sowohl der Wärmebedarfsentwicklungsszenarien als auch der Rolloutstrategien dargestellt. Die Pendanten zu Tabelle 9-2 sind für Erfurt Borntal in Tabelle 0-1 bzw. für Erfurt Roter Berg entsprechend in Tabelle 0-3 des Anhangs zu finden. Durch voranschreitende Wärmebedarfsreduktion infolge energetischer Sanierungsmaßnahmen reduzieren sich kontinuierlich die Vollbenutzungsstunden des Wärmesystems von anfänglich 1234 h/a auf etwa minimal 954 h/a für Rolloutstrategie A im Energieeffizienzzenario, was einer Abnahme auf etwa 77 % gleichkommt. Der Pumpenergieaufwand ist für die Rolloutstrategie C größer als im Status quo. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die netzseitige Vorlauftemperatur um 5 K gesenkt wird. Durch die geringe Umrüstungsquote der Rolloutstrategie C werden die gebäudeseitigen Rücklaufemperaturen weniger stark abgesenkt als in den beiden anderen Rolloutstrategien, was sich negativ auf die Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf auswirkt. Dementsprechend erhöht sich der erforderliche Volumenstrom, wobei sich dies in einen steigenden Elektroenergiebezug zur Aufrechterhaltung der Druckdifferenz äußert. Die absoluten sowie relativen Wärmeverluste werden durch die umfangreichen Temperaturreduktionsmaßnahmen des Vor- sowie Rücklaufes um etwa 6 bis 8 % gesenkt. Durch die hohen Umrüstungsquoten der Rolloutstrategien A und B können hier deutlich höhere Reduktionen der transportbedingten Wärmeverluste realisiert werden. Ebenfalls deutlich vorteilhaft wirken sich diese Quoten auf die maximal verschiebbare Wärmelast aus. Hierdurch kann der Einsatz des gasbetriebenen Spitzenlastkessels von ursprünglich 215 MWh_{th}/a auf 81 MWh_{th}/a für Rolloutstrategie A im Energieeffizienzzenario reduziert werden. Der um den lastverschobenen Anteil reduzierte Bereitstellungsanteil des

Heizwerkes kann durch die grundlastfähige KWK-Anlage aufgefangen werden. Trotz der sich durch den hydraulischen Abgleich reduzierenden Endenergienachfrage kann hierdurch die Stromausbeute, zumindest spezifisch gesehen, gesteigert werden. Durch die stellenweise Substitution des Heizwerkes, mit thermischen Wirkungsgraden von etwa 91 %, wird in Summe für die Wärmebereitstellung mehr Brennstoff benötigt, da die KWK-Anlage lediglich über einen thermischen Wirkungsgrad von etwa 43 % verfügt. Für das Gesamtsystem Wärmenetz bedeutet dies jedoch, dank der zusätzlichen Stromerlöse infolge der verlängerten Einsatzdauer der KWK-Anlagen, zusätzliche Effizienzgewinne. Der anteilig erhöhte Brennstoffeinsatz wird jedoch nicht sofort ersichtlich, da es durch die einzelnen Wärmebedarfsszenarien zu sukzessiven Wärmebedarfsabnahmen kommt und letzteres einen deutlich größeren Einfluss auf den Brennstoffeinsatz hat. Wird der gesamte Brennstoffeinsatz auf die Endenergienachfrage für Wärme bezogen, also spezifisch aufgetragen, wird ersichtlich, dass die Fernwärmebereitstellung trotz des anteilig schlechteren thermischen Wirkungsgrades der KWK-Anlage durch den Einsatz von iHAST effizienter wird. Von einem ursprünglichen spezifischen Brennstoffeinsatzes von 2,390 MWh/MWh_{th} im Status quo kann durch die iHAST im Szenario Rolloutstrategie A in Kombination mit der Wärmebedarfsfortschreitung „business as usual“ die Effizienz zur gekoppelten Wärmebereitstellung auf 2,374 MWh/MWh_{th} gesteigert werden. Innerhalb der Wärmebedarfsfortschreibung Energieeffizienz nimmt die zuvor erreichte Effizienzsteigerungen in der Wärmebereitstellung jedoch wieder ab und nähert sich dem Ausgangszustand des Status quo an. Dies liegt unter anderem an den allgemeinen Wärmebedarfsrückgang und den hierdurch um 23 % niedrigere Anzahl Vollbenutzungsstunden und den daraus resultierenden geringeren Einsatzzeiten der KWK-Anlage.

Die Simulationsergebnisse können innerhalb der einzelnen Szenarien zu systemischen Gruppen zusammengefasst werden. Aufgetragen über die Rolloutstrategien und Wärmebedarfsszenarien ergibt sich ein Zusammenhang, wie in Abbildung 9-13 exemplarisch für Leipzig Schönefeld dargestellt. Differenziert werden sowohl die Erzeugung (a), Verteilung (b) als auch der Verbrauch (c). Durch die Auftragung in Kategorien wird direkt ersichtlich, welche systemischen Effekte der iHAST die größten Einflüsse ausüben und somit auch die größten energiewirtschaftlichen Potenziale aufweisen. Zudem kann hieraus unmittelbar ein „Best-“ sowie „Worst-Case“ abgeleitet werden.

Für die Erzeugung ist ersichtlich, dass die einzelnen Rolloutstrategien gegenüber der Wärmebedarfsentwicklung einen geringeren Hebel auf den jährlichen Brennstoffbedarf ausüben. Doch gerade innerhalb der Rolloutstrategie C ist ersichtlich, dass durch vermehrten Einsatz von iHAST der Einsatz des Spitzenlastkessels vermindert werden kann.

Allgemein betrachtet kommt dem Spitzenlastkessel in Leipzig ein geringer Wärmebereitstellungsanteil zu. In Wärmenetzen mit höheren Spitzenlastanteilen kann im Umkehrschluss auch von einem entsprechend größeren Potenzial für Lastverschiebungsmaßnahmen ausgegangen werden. Die Brennstoffanteile der Koppelprodukte Strom und Wärme wurden anhand der mittleren elektrischen und thermischen Wirkungsgrade des KWK-Prozesses aufgeteilt.

Tabelle 9-2: Simulationsergebnisse des Einflusses von iHAST auf Brennstoffeinsatz und CO₂-Emissionen des Quartiers Leipzig Schönefeld unter Variation sowohl der Wärmebedarfsszenarien als auch der Rolloutstrategien (RS) mit Bezug auf die Rolloutwelle 3

		IST-Zustand				business as usual				Energieeffizienz			
		Status quo	RS A	RS B	RS C	Status quo	RS A	RS B	RS C	Status quo	RS A	RS B	RS C
Anzahl Vollbenutzungsstunden	[h/a]	1234	1223	1223	1231	1211	1200	1200	1208	963	954	955	961
Pumpenenergieaufwand	[MWh _{el} /a]	46.2	45.6	45.6	48.1	45.3	44.7	44.7	47.2	36.0	35.6	35.6	37.5
relative Wärmeverluste	[-]	14.0	12.9	12.9	13.1	14.0	12.9	12.9	13.1	14.0	12.9	12.9	13.1
Absolute Wärmeverluste HW	[MWh _{th} /a]	30	23	23	27	30	22	22	26	24	10	10	15
Absolute Wärmeverluste KWK	[MWh _{th} /a]	966	893	893	908	948	877	877	892	754	704	704	715
Absolute Wärmeverluste gesamt	[MWh _{th} /a]	997	915	916	935	978	898	899	918	778	714	715	730
Bereitstellungsanteil Endenergie (Wärme) HW	[MWh _{th} /a]	215	173	174	206	211	166	166	198	168	81	80	112
Bereitstellungsanteil Endenergie (Wärme) KWK	[MWh _{th} /a]	6903	6877	6880	6894	6773	6752	6755	6769	5387	5422	5425	5429
Bereitstellungsanteil von Endenergie (Wärme) gesamt	[MWh _{th} /a]	7118	7050	7054	7101	6984	6918	6921	6967	5555	5502	5505	5541
Stromerzeugung KWK	[MWh _{el} /a]	6027	5951	5954	5976	5914	5843	5846	5867	4704	4692	4695	4706
Brennstoffeinsatz KWK-Wärme	[MWh/a]	7384	7669	7673	7708	7245	7530	7534	7568	5763	6046	6050	6071
Bewerteter Brennstoffeinsatz KWK-Wärme	[MWh/a]	1552	1533	1534	1539	1523	1505	1506	1511	1212	1209	1209	1212
Brennstoffeinsatz nicht KWK-Wärme	[MWh/a]	270	215	216	257	265	206	206	247	211	100	99	139
Brennstoffeinsatz KWK-Strom	[MWh/a]	9358	8862	8866	8892	9182	8701	8705	8730	7303	6987	6991	7003
Bewerteter Brennstoffeinsatz KWK-Strom	[MWh/a]	15190	14999	15005	15061	14904	14726	14733	14787	11855	11825	11831	11861
Brennstoffeinsatz KWK gesamt	[MWh/a]	16743	16532	16539	16601	16427	16231	16239	16298	13066	13033	13041	13073
Brennstoffeinsatz gesamt	[MWh/a]	17012	16747	16754	16857	16692	16437	16445	16545	13277	13133	13140	13213
spez Brennstoffeinsatz	[MWh/MWh _{th}]	2.390	2.375	2.375	2.374	2.390	2.376	2.376	2.375	2.390	2.387	2.387	2.384
spez CO ₂ -Emissionen	[kgCO ₂ /MWh _{th}]	260.1	258.8	258.8	259.1	259.1	258.8	258.8	259.1	261.1	258.9	258.9	259.1

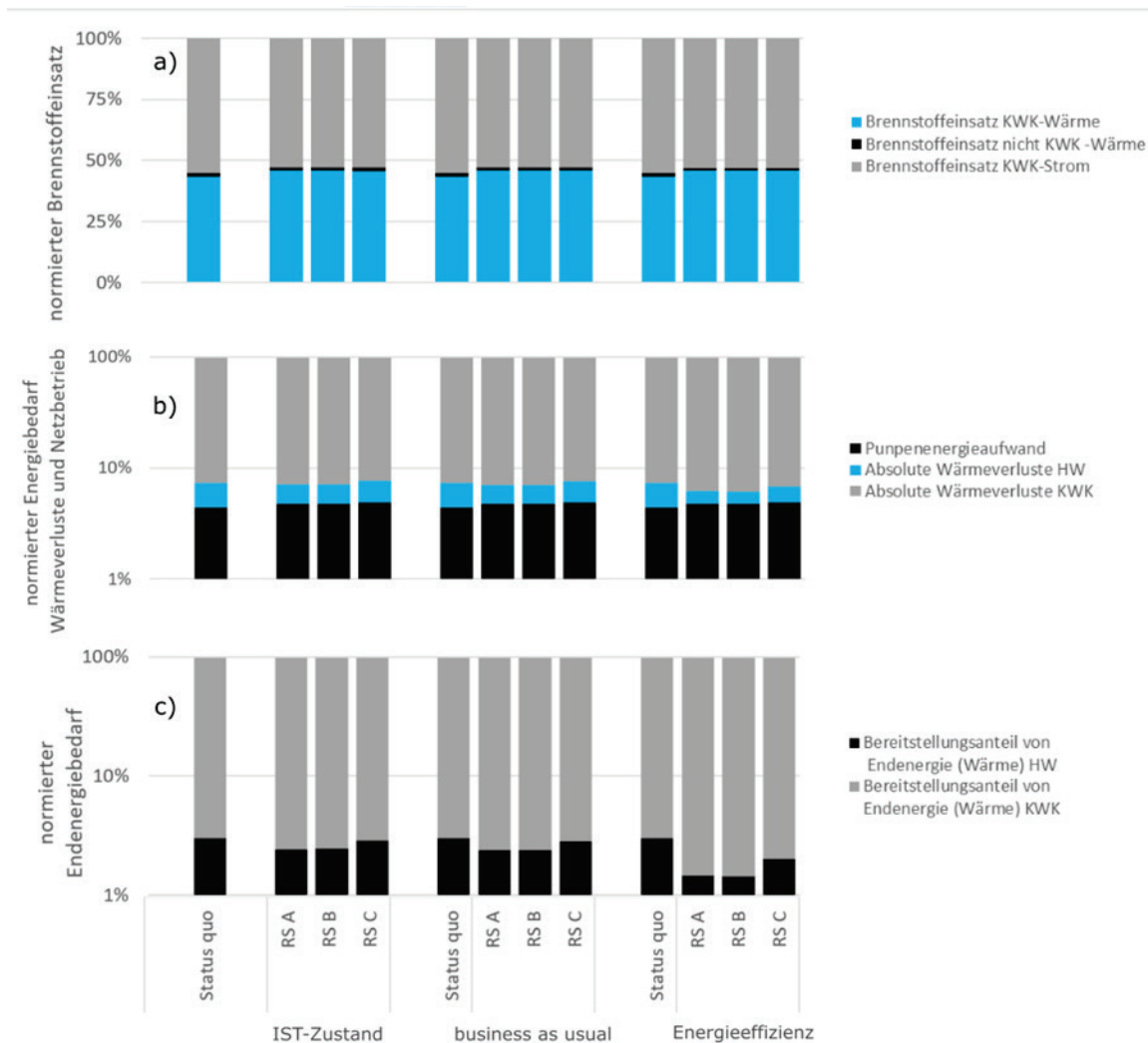


Abbildung 9-13: Visualisierung der Simulationsergebnisse für die Rolloutstrategien A, B sowie C unter Variation der Wärmebedarfsentwicklung mit Bezug auf Rolloutwelle 3 in differenzierter Darstellung für Erzeugung (a), Verteilung (b) sowie Verbrauch (c) am Beispiel des Quartiers Leipzig Schönefeld

Die Energiebedarfe zur Kompensation der netzseitigen Wärmeverluste sowie der für die Umwälzung des Wärmeträgermediums erforderliche Pumpenenergieaufwand sind deutlich von der Wahl der Rolloutstrategie abhängig. Hier zeigt sich, dass durch Rolloutstrategie A über alle Wärmebedarfsentwicklungsstufen die größten Effizienzpotenziale auf der Netzebene gehoben werden können. Rolloutstrategie C liegt hinter den Strategien A und B zurück. Dennoch kann auch mit dieser als „Worst-Case“-Szenario die Effizienz gegenüber dem Status quo gesteigert werden. Als signifikant zeigt sich die Reduktion des Pumpenenergieaufwandes, die ebenfalls im Szenario A überwiegt.

Lediglich ein simultan zur iHAST-Umrüstung stattfindender hydraulischer Abgleich führt zu einer minimalen Reduktion der kundenseitigen Wärmenachfrage, wobei diese bei einem 100 %igen Rollout maximal 1,5 % betragen würde.

Durch die graphische Darstellung ist ersichtlich, dass die iHAST unterschiedlichen Einfluss auf die Erzeugung, Verteilung und auf den Verbrauch ausübt. Mit Blick auf die Rolloutstrategien kann die Strategie A als „Best-Case“ bezeichnet werden. Die beiden weiteren Strategien bleiben mit ihren jeweiligen Effizienzpotenzialen hinter der Rolloutstrategie A zurück, wobei diese gegenüber dem Status quo ebenfalls eine energetische Verbesserung herbeiführen. Als „Worst-Case“ kann für Leipzig die Rolloutstrategie C identifiziert werden.

Für die spezifischen CO₂-Emissionen können ebenfalls temporäre Verbesserungen durch den Einsatz von iHAST erreicht werden. Bezogen auf die Endenergienachfrage für Wärme nehmen die spezifischen Emissionen von anfänglich 260,1 kgCO₂/MWh_{th} im Status quo auf etwa 258,5 kgCO₂/MWh_{th} für die Rolloutstrategie A im „business as usual“-Wärmeszenario ab, um im Wärmebedarfsszenario „Energieeffizienz“ wieder leicht auf 258,9 kgCO₂/MWh_{th} anzusteigen.

Abschließend kann festgehalten werden, dass der Einsatz von iHAST einen positiven Einfluss auf den Brennstoffeinsatz sowie auf die hierdurch resultierenden CO₂-Emissionen hat. Die verminderte Einsatzdauer der Spitzenlastkessel hat infolge der gekoppelten Produktion von Strom und Wärme in KWK-Anlagen eine Effizienzsteigerung des gesamten Wärmenetzsystems zur Folge. Durch eine drastische Abnahme der Wärmebedarfe können diese Vorteile zukünftig jedoch in ihrer Erscheinung geschmälert werden.

Mit Blick auf die Simulationsergebnisse unter Variation sowohl der Rolloutwellen als auch der Rolloutstrategien A bis C ergibt sich der in Tabelle 9-3 dargestellte Zusammenhang. Die Resultate für Erfurt Borntal und Erfurt Roter Berg können in Tabelle 0-2 respektive Tabelle 0-4 eingesehen werden.

Mit Bezug auf Tabelle 9-3 ist besonders hervorzuheben, dass es durch die kontinuierliche Umsetzung der Rolloutwellen 1 bis 3 zu fortlaufenden Effizienzsteigerungen im gesamten Wärmenetzverbund kommt. Dies wird besonders deutlich in Hinblick auf die Entwicklung der absoluten Wärmeverluste, die über für die Rolloutstrategien über die einzelnen Rolloutwellen sukzessive abnehmen. Auffallend ist zudem, dass bereits durch eine relativ geringe anteilige Umrüstung auf iHAST (Rolloutstrategie A, Welle 1) die relativen Wärmeverluste von 14,0 % im Status quo um etwa 7 % auf 13,2 % gesenkt werden können. Dies liegt hauptsächlich an der durch die iHAST ermöglichten Option zur präziseren Steuerung der benötigten Vorlauftemperaturen, die im Projektkreis per Setzung mit 5 K definiert wurde. Als Quintessenz kann festgestellt werden, dass bereits geringe Anteile von mit iHAST ausgerüsteten Gebäuden einen spürbaren Effekt auf das Wärmenetz und dessen Erzeugeranlagen haben. Durch Überlagerung einzelner iHAST können die netzseitigen

Effekte gebündelt und somit deren Gesamtwirkung auf das Wärmenetz verstärkt werden, wie beispielsweise mit Blick auf die Rolloutwelle 3 ersichtlich.

Tabelle 9-3: Simulationsergebnisse des Einflusses von iHAST auf Brennstoffeinsatz und CO₂-Emissionen des Quartiers Leipzig Schönefeld unter Variation der Rolloutwellen als auch der Rolloutstrategien mit Bezug auf die Wärmebedarfsentwicklung „business as usual“

		Status quo	Welle1			Welle2			Welle3		
			RS A	RS B	RS C	RS A	RS B	RS C	RS A	RS B	RS C
Anzahl Vollbenutzungsstunden	[h/a]	1211	1207	1207	1210	1203	1203	1209	1200	1200	1208
Punpenenergieaufwand	[MWh _{el} /a]	45.3	46.2	46.2	47.6	44.9	44.8	47.2	44.7	44.7	47.2
relative Wärmeverluste	[-]	14.0	13.1	13.1	13.2	13.0	13.0	13.2	13.0	13.0	13.2
Absolute Wärmeverluste HW	[MWh _{th} /a]	30	23	23	27	22	22	27	22	22	27
Absolute Wärmeverluste KWK	[MWh _{th} /a]	948	890	890	896	881	881	893	876	877	891
Absolute Wärmeverluste gesamt	[MWh _{th} /a]	978	913	913	922	903	903	920	898	899	918
Bereitstellungsanteil von Endenergie (Wärme) HW	[MWh _{th} /a]	211	173	172	203	172	171	203	170	170	202
Bereitstellungsanteil von Endenergie (Wärme) KWK	[MWh _{th} /a]	6773	6787	6788	6777	6768	6767	6772	6748	6751	6764
Bereitstellungsanteil von Endenergie (Wärme) gesamt	[MWh _{th} /a]	6984	6960	6960	6980	6939	6938	6974	6918	6921	6967
Stromerzeugung KWK	[MWh _{el} /a]	5914	5881	5881	5877	5858	5858	5871	5840	5842	5864
Brennstoffeinsatz KWK-Wärme	[MWh/a]	7245	7583	7583	7582	7551	7550	7573	7525	7529	7563
Bewerteter Brennstoffeinsatz KWK -Wärme	[MWh/a]	1523	1515	1515	1514	1509	1509	1512	1504	1505	1510
Brennstoffeinsatz nicht KWK -Wärme	[MWh/a]	265	215	214	253	213	212	252	211	211	252
Brennstoffeinsatz KWK-Strom	[MWh/a]	9182	8437	8437	8431	8405	8405	8423	8378	8382	8413
Bewerteter Brennstoffeinsatz KWK-Strom	[MWh/a]	14904	14821	14821	14811	14764	14764	14795	14717	14724	14778
Brennstoffeinsatz KWK gesamt	[MWh/a]	16427	16336	16336	16325	16273	16273	16307	16221	16229	16288
Brennstoffeinsatz gesamt	[MWh/a]	16692	16551	16550	16578	16487	16485	16560	16432	16440	16540
spez Brennstoffeinsatz	[MWh/MWh _{th}]	2.390	2.378	2.378	2.375	2.376	2.376	2.374	2.375	2.375	2.374
spez CO ₂ -Emissionen	[kgCO ₂ /MWh _{th}]	259.1	259.1	259.1	259.2	258.9	258.9	259.1	258.8	258.8	259.1

Spannweite der iHAST-Effekte:

Um die Reichweite bzw. Spannweite der durch iHAST erzielbaren Effekte abschätzen zu können, werden die Simulationsergebnisse der drei Untersuchungsräume Leipzig Schönefeld, Erfurt Roter Berg sowie Erfurt Borntal miteinander in Beziehung gesetzt. Hierbei werden für ausgewählte systemische Komponenten — beispielsweise Vor- und Rücklauftemperaturen, Wärmeverluste, Brennstoffeinsatz etc. — eine auf den jeweiligen Status quo normierte Spannweite der minimal und maximal zu erwartenden iHAST-Effekte ausgewiesen (siehe Abbildung 9-14). Für jede systemische Komponente ergeben sich somit drei voneinander unabhängige Spannweiten. Die jeweils erste Spannweite fasst die Auswirkungen von iHAST für alle drei Bilanzräume unter Berücksichtigung des Wärmebedarfsszenarios „Status quo“ sowie allen Rolloutstrategien A, B sowie C zusammen.

Die zwei nachfolgenden Spannweiten referenzieren jeweils die Wärmebedarfsszenarien „business as usual“ sowie „Energieeffizienz“.

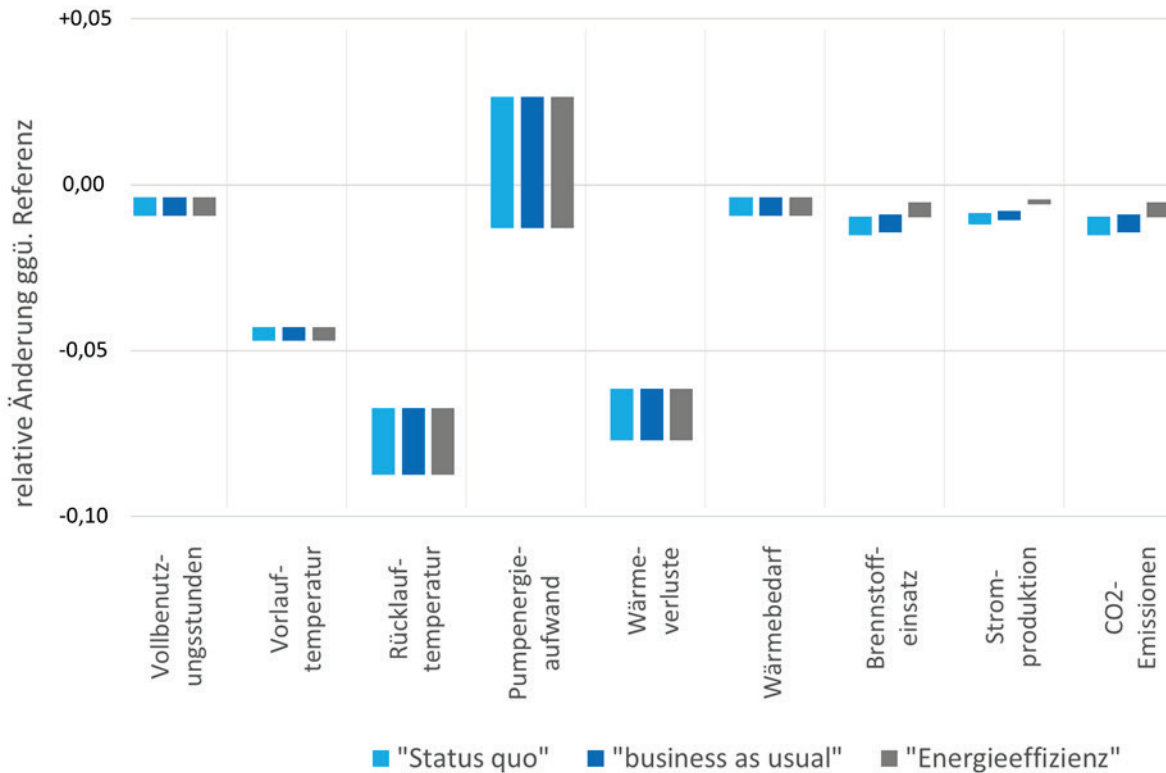


Abbildung 9-14: Spannweite der simulierten iHAST-Effekte über alle Bilanzräume und unter Variation der drei zugrundeliegenden Wärmebedarfsszenarien

Die Vollbenutzungsstunden des Wärmesystems zeigen tendenziell eher geringe Bandbreiten auf. Die Reduktionen in den einzelnen Szenarien ist auf die simultan zur Umrüstung auf iHAST durchgeführten hydraulischen Abgleiche und den hieraus resultierenden Rückgang der Endenergienachfrage zurückzuführen. Infolge einer effizienteren Energienutzung sinken die Vollbenutzungsstunden aller analysierten Wärmenetze zwischen 0,5 und 1,0 % gegenüber den jeweiligen Referenzsystemen. Die per Setzung definierte Vorlauftemperaturreduktion, respektive deren relative Änderung, ist über alle Szenarien identisch. Die Bandbreite resultiert aus den unterschiedlichen jahresgemittelten Vorlauftemperaturen der Wärmenetze Leipzigs (ca. 101,2 °C) sowie Erfurts (ca. 116,4 °C). Ebenfalls werden durch die Wärmebedarfsszenarien keine Einflüsse auf die erzielbaren netzseitigen Rücklauftemperaturen ausgeübt. In den Simulationen ergibt sich für die Rücklauftemperaturen der Bilanzräume ein theoretisches Reduktionspotenzial zwischen 6,7 und 8,7 %. Über alle Szenarien stellt sich der Pumpenergieaufwand als deutlich volatiler dar. Verantwortlich für die erhöhten Pumpenergieaufwendungen sind die geringen Umrüstungsquoten der

Rolloutstrategie C, die die Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf nachteilig reduzieren und demnach höhere Volumenströme im Wärmenetz resultieren. Je nach zugrundeliegendem Szenario können die Pumpenergieaufwendungen gegenüber den Referenzsystemen um 1,3 % sinken oder aber sogar um 3,9 % zunehmen. Die transportbedingten Wärmeverluste zeigen sich über alle Wärmebedarfsszenarien hinweg als konstant, da diese näherungsweise proportional zu der Temperaturdifferenz zwischen netzseitigem Vor- bzw. Rücklauf und dem Erdboden sind. Die jahresgemittelten Wärmeverluste können infolge von iHAST von ursprünglich 14,0 % um etwa 6,1 bis 7,7 % reduziert werden. Der Wärmebedarf unterliegt einer ähnlichen Bandbreite wie die jährliche Anzahl an Vollbenutzungsstunden. Da die positiven Effekte der Reduktion der netzseitigen Wärmeverluste der Erzeugerseite bzw. dem Brennstoffeinsatz zugeschrieben werden, wird der kundenseitige Wärmebedarf lediglich durch den hydraulischen Abgleich beeinflusst. Entgegen den über die einzelnen Wärmebedarfsszenarien hinweg konstanten iHAST-Effekten zeigt sich der Einfluss von iHAST auf den Brennstoffeinsatz inhomogen. Im Wärmebedarfsszenario „Status quo“ kann durch die iHAST ein relativ großer Hebel auf den erzeugerseitigen Brennstoffeinsatz ausgeübt werden. Dieser reduziert sich jedoch mit dem Rückgang der absoluten Wärmebedarfe in den Szenarien „business as usual“ sowie „Energieeffizienz“. Dies liegt mitunter daran, dass sich durch die den Wärmebedarfsszenarien unterstellten energetischen Sanierungsquoten die Verhältnisse zwischen Raumwärme- und Trinkwarmwasserbedarf verschieben. Hierdurch kann das Potenzial der iHAST zur Lastverschiebung nicht optimal genutzt und somit die Einsatzzeiten des Spitzenlastkessels nur geringfügig durch den Einsatz von KWK substituiert werden. Dies bedingt eine im Gegensatz zu dem Szenario „Status quo“ erhöhte Brennstoffeinsatz sowie daran gekoppelte CO₂-Emissionen. Im Allgemeinen liegt der Brennstoffeinsatz jedoch in allen drei Szenarien unter dem der einzelnen Referenzsysteme, da reduzierte netzseitige Wärmeverluste und die Durchführung von hydraulischen Abgleichen den Wärmebedarf innerhalb der Szenarien mindern.

Zusammenfassung und Zwischenfazit:

Durch die **quartiersspezifischen Effekte** der iHAST kann die Vorlauftemperatur im Netz reduziert werden, da durch deren messtechnisch erfassten gebäudeseitigen Bedarfskennwerte die Netzparameter gezielter auf den Wärmebedarf eingestellt werden können. Es ist denkbar, dass die netzseitigen Vorlauftemperaturen bereits bei der ersten Rolloutwelle effektiv um 5 K reduziert werden können. Eine effektive und weitreichende Absenkung der Rücklauftemperaturen ist jedoch an einem umfangreichen Rollout von iHAST gekoppelt. Reduktionen zwischen 3,6 bis 5,7 K sind für den Rücklauf jedoch unter

Erschließung der Rolloutwelle 3 als plausibel anzusehen. Die Absenkung der Vor- und Rücklauftemperaturen bewirkt bereits in der ersten Rolloutwelle eine Reduktion der relativen Wärmeverluste um etwa 6 %, in der Rolloutwelle 3 sogar um 8 % gegenüber dem Status quo.

Je nach gewählter Rolloutstrategie ergeben sich **rolloutspezifische Effekte**. Zwischen den Rolloutstrategien A („Wärmemenge“) und B („Speichergröße“) liegen nur geringfügige Unterschiede vor. Dies liegt mitunter in den annähernd identischen Anschlussquoten innerhalb der einzelnen Rolloutwellen begründet. Die Rolloutstrategie C („Lage“) verfügt im Vergleich zu den Rolloutstrategien A und B über geringere Effizienzpotenziale, da die Umstellung der an den Strangenden liegenden Kunden räumlich restringierender ist, als die Umrüstung anhand der Wärmemenge oder der Speichergröße. Der Pumpenergieaufwand kann infolge der stellenweise reduzierten Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf innerhalb der einzelnen Rolloutwellen temporär ansteigen, um dann jedoch wieder, je nach zugrundeliegendem Szenario um mehr als 6 % abzunehmen.

Die Rückwirkungen der **allgemeinen Effekte** der iHAST auf die Erzeugerseite ergeben sich zum einen aufgrund reduzierter Wärmeverluste (die Einsatzzeiten der Erzeugeranlagen nehmen anteilig ab) und zum anderen durch die Option zur Lastverschiebung der Trinkwarmwassernachfrage (die Summe der Einsatzzeiten bleibt konstant, wird aber anteilig von einer auf die andere Anlage verschoben). Der erweiterte Einsatz der KWK-Anlage bedingt eine effizientere Brennstoffausnutzung. Über die gesamten Szenarien hinweg kann hierdurch der spezifische Brennstoffbezug in $\text{MWh}/\text{MWh}_{\text{th}}$ um bis zu 0,6 % gegenüber dem Status quo reduziert werden. Für die spezifischen CO_2 -Emissionen in $\text{kgCO}_2/\text{MWh}_{\text{th}}$ ergeben sich hieraus Einsparungen von maximal etwa 0,5 %. Die verminderte Einsatzdauer des Spitzenlastkessels resultiert in einem marginalen Anstieg der Brennstoffbedarfe infolge geringerer thermischer Wirkungsgrade der KWK-Anlage. Dies wird jedoch durch die weitaus größere Brennstoffreduktion infolge des hydraulischen Abgleichs negiert. Allerdings wird durch die reduzierte Einsatzdauer des Spitzenlastkessels die Ausschöpfung der KWK-Anlage gefördert. Die längeren Laufzeiten bedingen hierbei eine Zunahme der Effizienz der gesamten Strom- und Wärmeproduktion von 0,4 bis 0,5 %.

Neben einem eher geringen Einfluss der iHAST auf die Wärmeerzeugung kann diese indessen große Hebel im Bereich der netzseitigen Parameter ausspielen. Die Rücklauftemperaturen können signifikant reduziert werden und somit zu geringeren Wärmeverlusten beitragen. Dennoch ist ein strategisch geplantes Rollout anzustreben, da hierdurch ggf. die Pumpenergieaufwendungen empfindlich ansteigen können. Das heißt, das Rollout von iHAST sollte in einem derartigen Umfang stattfinden, dass die Temperaturreduktion des netzseitigen Rücklaufs annähernd synchron mit der

Vorlauftemperaturreduktion verläuft und somit die Temperaturspreizung Vorlauf/Rücklauf in guter Näherung konstant verbleibt.

10 Wirtschaftliche Bewertung der Rolloutstrategien

10.1 Wirtschaftliche Bewertung

Methodik

Bei der Umrüstung zu iHAST handelt es sich um eine Investition, die auf die Effizienzsteigerung des Versorgungssystems abzielt. Den Ausgaben stehen deshalb keine zahlungswirksamen Einnahmen, sondern primär Einsparungen durch vermiedene Kosten gegenüber. Die durch die Effizienzsteigerung erreichten Brennstoffeinsparungen sowie die damit verbundenen Wirkungen auf Betriebs- und Instandhaltungsaufwendungen sind technisch zu bilanzieren und ökonomisch zu bewerten. Dies setzt voraus, dass die Einsparung technisch und ökonomisch klar abgrenzbar und uneindeutig der zu bewertenden Investition zuzuordnen ist.

Eine weitere Möglichkeit der Ermittlung von Opportunitätserlösen unterstellt, dass die durch Effizienzsteigerung freigesetzten Kapazitäten in den Erzeugungsanlagen für den Netzausbau mittelfristig eingesetzt werden, damit ein effizienter Betrieb durch eine bessere Auslastung abgesichert werden kann. In dem Fall stehen der Investition alternative Erlöse außerhalb des technischen Bilanzkreises der betrachteten Investition gegenüber.

Bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit des Einsatzes der iHAST in den Gebieten werden beide Modelle eingesetzt. Als Bilanzierungsgrenze wurde der Übergang Erzeugungsanlage zu Verteilnetz gewählt. Effizienzveränderungen werden bei diesem Vorgehen ausschließlich durch einen veränderten Wärmebezug des Verteilnetzes abgebildet. Effekte innerhalb der Erzeugungsanlage werden bei diesem Vorgehen ausgeklammert, weil bei KWK-Anlagen je nach Anlagentyp die Betriebsweise eine in Grenzen variable Steuerung des Strom-/Wärmeoutputs ermöglicht. Die Wirkungen einer Reduzierung des Wärmebedarfes auf den Brennstoffeinsatz der Erzeugungsanlage und die Allokation des Brennstoffes sind nur mit Kenntnis der genauen Anlagenparameter und Betriebsweise möglich. Diese Effekte können nur durch eine Simulation des Anlagenbetriebes unter Marktbedingungen näherungsweise abgebildet werden. Dies war nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung. Es ist nicht ausgeschlossen, dass im Bereich der Erzeugungsanlage durch den Betrieb von iHAST Wirkungen auf die Gesamtwirtschaftlichkeit eintreten. Diese sind in der Wirtschaftlichkeitsberechnung nicht abgebildet.

Der Betrieb der iHAST ermöglicht eine effizientere Betriebsweise des Verteilnetzes, in dessen Folge die Netzverluste reduziert werden können (vgl. hierzu Kapitel 9). Diese Einsparungen wurden durch verringerte Wärmebezugskosten des Verteilnetzes abgebildet.

Die Kosten und Effekte des hydraulischen Abgleichs fließen in die Wirtschaftlichkeitsberechnung ein. Hierbei wird davon ausgegangen, dass die Installation einer iHAST Anlass für eine Revision der Heizungsanlagen ist, die auf weitere Effizienzsteigerung und damit CO₂-Reduktion abzielt. Hierbei handelt es sich um eine durch die Praxispartner vorgegebene Randbedingung für den Einsatz von iHAST.

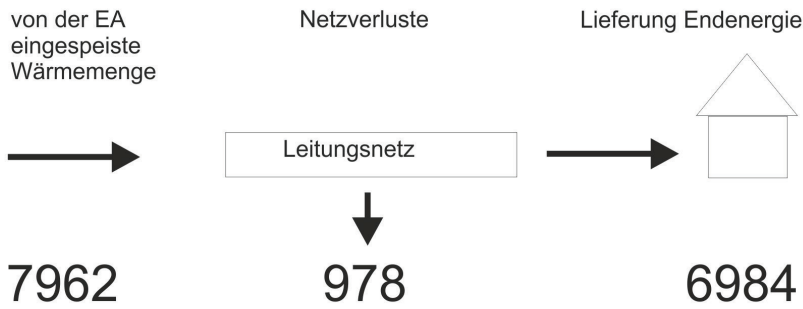
Weiterhin wird unterstellt, dass 80 % der netz- und gebäudeseitig erreichten Einsparungen für die Neukundengewinnung (primär Netznachverdichtung) eingesetzt werden. Diese vollzieht sich linear über einen Zeitraum von 20 Jahren. Infolge dieses Vorgehens entsteht in den ersten Betriebsjahren ein Erlösausfall bei den Bestandskunden, der kostenseitig bilanziert wird. Mit zunehmendem Netzausbau wird dieser Erlösrückgang durch Einnahmen aus der Neukundenbindung kompensiert.

Unabhängig von dieser Berücksichtigung von Opportunitätserlösen werden die Investitions-, Betriebs- und Instandhaltungskosten der iHAST sowie die ggf. vorgelagert notwendigen Anpassungskosten für die Steuerung berücksichtigt.

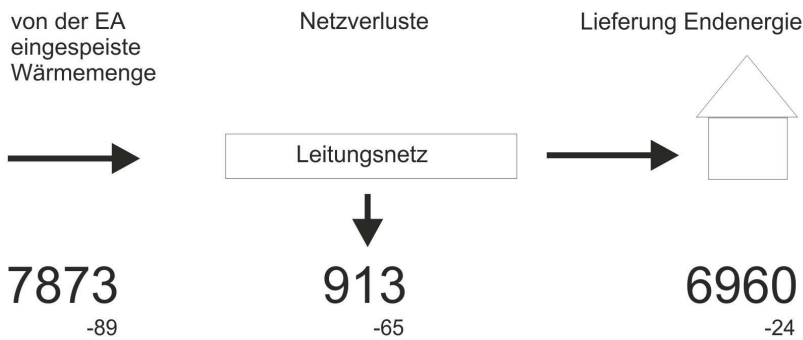
Die Bilanzierung basiert in Anlehnung an das AGFW-Arbeitsblatt FW 703 auf einer Kapitalwertberechnung. Es gelten dabei die folgenden Randbedingungen: Diskontierungszinssatz 7 %, Betrachtungszeitraum 20 Jahre, keine Restwerterfassung

Das Vorgehen zeigt exemplarisch Abbildung 10-1.

Ausgangszustand [MWh]



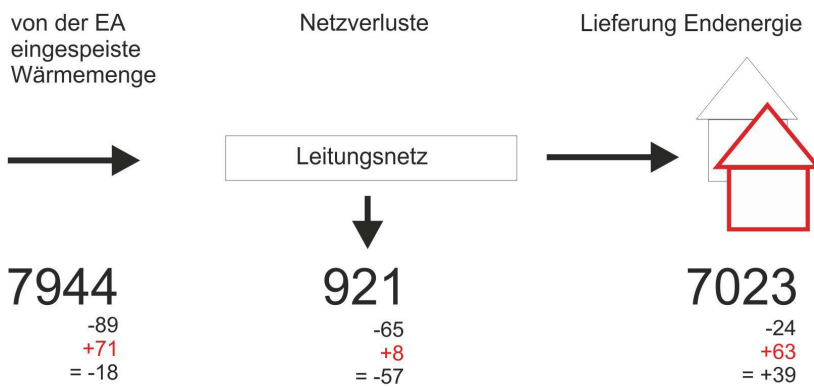
Zustand mit iHAST 1. Betriebsjahr [Mwh]



**Nachfrage-
erhöhung**

Ziel: 80%-Ausgleich des Rückganges durch Neukunden, bezogen auf den Wärmeoutput Erzeugungsanlage

Zustand mit iHAST 20. Betriebsjahr [Mwh]



Ökonomisch zu bilanzieren:



Abbildung 10-1: Annahmen zur Wirtschaftlichkeitsberechnung

Detaillierte Aufstellung der Kosten:

Die technischen Erfordernisse für den Umbau bzw. Einbau der iHAST wurden im Einzelnen auf Grundlage des Abschnitts 8.3 definiert und die zu erwartenden Kosten von den Stadtwerken Erfurt Energie GmbH und der Netz Leipzig GmbH gemeinsam mit den Autoren auf Basis bestehender Betriebserfahrungen eingeschätzt. Durch die Energieversorgungsunternehmen wurden zudem allgemein zu erwartende Kosten für:

- den Erwerb von Nutzungsrechten,
- Programmierung,
- Soft- und Hardware zu Betriebsoptimierung,
- Störungsmanagement und
- die Vermeidung von allgemeinen oder spezifischen Betriebsaufwendungen

abgebildet.

Es wird davon ausgegangen, dass in allen HASTen Wärmemengenzähler vorhanden sind, die zu einer Aufrüstung zu intelligenten Wärmemengenzählern geeignet sind. Es wird weiterhin davon ausgegangen, dass die Regler in den HASTen im Bestand teilweise mit und teilweise ohne Kommunikationsschnittstelle ausgerüstet sind. Dementsprechend wird in der Wirtschaftlichkeitsberechnung dieser unterschiedliche Anpassungsaufwand berücksichtigt.

Die Berechnungen wurden an Hand der Untersuchungsgebiete Erfurt Roter Berg, Erfurt Borntal und Leipzig Schönefeld durchgeführt.

Der bilanzierte Wärmeenergiebedarf des Szenarios: „Business as usual“ ist Grundlage der Berechnung. Aus den Rolloutstrategien wurden für die Untersuchungsgebiete Roter Berg und Leipzig Schönefeld jeweils die Strategien A, B und C mit ihrem Rollout in jeweils drei Wellen berücksichtigt. Für das Untersuchungsgebiet Erfurt Borntal lagen nur die Strategien A und B vor.

Die Umsetzung der Strategie A wurde in 3 Ausbaustufen (Wellen) mit einem zeitlichen Abstand von jeweils 2 Jahren und die Strategie B mit zeitlich verzögertem Ausbau bilanziert.

10.1.1 Ergebnisse

Für die drei Quartiere (Leipzig, Erfurt Roter Berg und Borntal) zeigt die Wirtschaftlichkeitsberechnung die in der Tabelle 10-1: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung zusammengefassten Ergebnisse.

Tabelle 10-1: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung

		Investition (Barwert)	Betriebsergebnis über 20 Jahre (diskontiert)	Gesamtergebnis	unrent. Kosten
		€	€	€	%
Leipzig	Rolloutstrategie A	-52.044	-23.070	-75.113	144%
	Rolloutstrategie B	-61.797	-29.346	-91.144	147%
	Rolloutstrategie C	-21.347	7.643	-13.705	64%
Erfurt Roter Berg	Rolloutstrategie A	-36.341	-36.072	-72.413	199%
	Rolloutstrategie B	-51.688	-19.236	-70.924	137%
	Rolloutstrategie C	-34.659	11.916	-22.743	66%
Erfurt Borntal	Rolloutstrategie A	-42.555	-28.212	-70.766	166%
	Rolloutstrategie B	-46.486	16.067	-30.419	65%
ALTERNATIV: Änderung der Ausbaustufen*					
Leipzig	Rolloutstrategie A	-35.234	9.579	-25.655	73%
	Rolloutstrategie B	-44.858	2.080	-42.778	95%
*Anmerkungen					
Welle 2 Jahr 12, Welle 3 Jahr 14					

Zur Bewertung der Rolloutstrategien

Die Investition und der Betrieb einer iHAST sind unter den in der Wirtschaftlichkeitsberechnung getroffenen Annahmen in keiner der untersuchten Varianten und Gebiete wirtschaftlich. Die durch die Investition und infolge des Betriebs entstehenden Kosten werden durch die Opportunitätserlöse aus Kosteneinsparungen und Wärmeverkauf über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren nicht kompensiert.

Bezogen auf den Betrieb über 20 Jahre erreicht die Rolloutstrategie C in den Quartieren Leipzig und Erfurt Roter Berg sowie die Strategie B in Erfurt Borntal in Summe ein positives Ergebnis, das zur Deckung der Investitionskosten herangezogen werden kann. Diese Konstellationen könnten durch eine Förderung der unrentierlichen Kosten wirtschaftlich betrieben werden.

Die Rolloutstrategien A und B sind in Leipzig und Erfurt Roter Berg unter den hier getroffenen Annahmen auch im Betrieb unwirtschaftlich. Die netzseitig generierten Einsparungen decken die durch den Betrieb der iHAST entstehenden Kosten nicht ab.

Bezgl. der Kosten werden Einsparpotenziale im Bereich der Instandhaltung der iHAST gesehen. In der Berechnung wurden hier vergleichsweise hohe Kosten angenommen, die auf dem separat bilanzierten Aufwand zur Instandhaltung der iHAST-Komponenten beruhen. Durch Zusammenführung mit der ohnehin notwendigen Instandhaltung der technischen Anlagen sind diese Kosten deutlich reduzierbar. Weiterhin kann ein höheres Ausbaziel die Opportunitätserlöse erhöhen und zu einem besseren Jahresergebnis beitragen.

Zur Bewertung der Dichte der Ausbaustufen (Wellen)

Durch eine Veränderung der Ausbaustufen können die Jahresergebnisse erheblich beeinflusst werden. Durch eine Verschiebung der Ausbaustufe 2 und 3 auf einen späteren Zeitpunkt wird auch in den bisher mit negativen Jahresergebnissen belasteten Varianten eine Wirtschaftlichkeit bezogen auf den Betrieb erreicht. Zur Deckung der Investitionen reicht dieses Ergebnis jedoch nicht aus.

Generell spricht dieser Effekt dafür, dass durch die Ausbaustufen 2 und 3 zusätzliche Verluste generiert werden, die im Fall einer Verschiebung außerhalb des Betrachtungszeitraumes entstehen und deshalb in der hier durchgeführten Berechnung nicht wirksam werden.

Sonderbetrachtung: Berechnung der Wirtschaftlichkeitslücke nach AGFW Arbeitsblatt FW 703

In den Richtlinien zur aktuellen EFRE-Förderung in Sachsen (Richtlinie des Sächsischen Staatsministeriums des Innern (SMI) zur Förderung von Maßnahmen der integrierten Stadtentwicklung - Nachhaltige Stadtentwicklung EFRE 2014 - 2020) bzw. der analogen Verfahren in der Städtebauförderung in Thüringen (ThStBauFR) wird zur Umsetzung der Vorgaben zur Vergabe der Fördermittel als „Stand der Technik“ zur Anwendung das AGFW Arbeitsblatt FW 703 „Berechnungsverfahren zum Nachweis der unrentierlichen Kosten“ herangezogen. Dieses hat sich, auch in weiteren Bundesländern bewährt.

Grundgedanke ist es in einem ganzheitlichen Verfahren, unter Beachtung der relevanten EU-Anforderungen, in einem transparenten und standardisierten Verfahren die sogenannte Wirtschaftlichkeitslücke („Financing gap“) zu berechnen. Das Ergebnis ist die Grundlage, nach der Vorgaben der AGVO (Allgemeine Gruppen Freistellungsverordnung), zur Feststellung der Förderhöhe.

Gegenstand der Überlegungen waren dabei auch die Umsetzung des bewährten Verfahrens auch bei der Digitalisierung von Hausstationen vorzubereiten, um Investitionsanreize für eine beschleunigte Digitalisierung zu schaffen. Das Grundproblem dabei war, dass eine Digitalisierung der Hausstationen per se keine Einnahmen generiert, sondern nur im Gesamtsystem Fernwärme dies erwirtschaftet. So war es zwingend, diese singulären auch monetär zu bewerteten Vorteile zu definieren und durch die Untersuchungen zu belegen. So kann für die zukünftige Anwendbarkeit folgende Eckpunkte festgehalten werden:

- Die bisherige Anwendbarkeit der Wirtschaftlichkeitslücken Verfahren nach AGFW Regelwerk FW 703 ist auch für die iHAST-Anlagen möglich.

- Die „Einnahmen“ fließen über den Fernwärmemischpreis des Antragstellers in die Kalkulation der Wirtschaftlichkeitslücke ein. Dem gegenüber stehen die Wärmeerzeugungskosten. Beide können direkt über die iHAST optimiert werden.
- Die Kosten für die neuen Hausanschlussstationen (HA-Stationen) werden anteilig berücksichtigt. Dabei ist der prozentuale Anteil förderfähig, der aufgrund des frühzeitigen Austauschs der Anlagen zu einem monetären Nachteil führt. Dies bedeutet, die (technische) Restnutzungsdauer ist festzulegen. Sie wird bei bisherigen HA-Stationen im Bestand auf 15 bis 20 Jahre definiert. Im Rahmen der Quartiersbetrachtung kann das durchschnittliche Alter der vorhandenen HA-Stationen im betreffenden Quartier angegeben werden. Der Austausch der weiteren Bestandsanlagen wird anteilig berücksichtigt.
- Die Wiederbeschaffungskosten sind ausschlaggebend (Kosten der neuen Station, nicht der Bestandsstation). So kann auf aktuelle Kostenwerte zurückgegriffen werden.
- Der (technische) iHAST-Bestandteil der Stationen fließt zu 100 % in die Berechnung ein. Er liegt aktuell bei ca. 35 – 40 % der Gesamtinvestitionskosten (erste Näherung). Diese verteilen sich dabei anteilig mit 65 % auf die Anlagen und mit 35 % auf die Regeltechnik
- Der unrentierliche Anteil ist im ersten Ansatz weiterhin von rund 60 – 70 % der Investitionshöhe bei der Rolloutstrategie C anzusetzen. Dies entspricht im Durchschnitt den bisherigen Ergebnissen aus rund 30 EFRE-Projekten in fünf Bundesländern. Bei den Rolloutstrategien A und B stellt sich keine Rentierlichkeit im Betrachtungszeitraum von 20 Jahren ein. Eine Veränderung ergibt sich durch eine Änderung der Ausbaustufen.
- In der Bewertung wird der Ansatz vertreten, dass die erreichten Einsparungen im Zuge des Netzausbaus auf der Hausseite (Stichwort hydraulischer Abgleich, Netzerweiterung, optimiertes Ladeverhalten durch einen entsprechenden Anschlusswert) vermarktet werden kann. Das heißt, die Einsparungen werden nicht in Form von Einsparungen im Bereich Primärenergieerzeugung kalkuliert.

Mit dem Verfahren ist eine klare Zuordnung der systemischen Kosten zur Berechnung einer rechtskonformen „Wirtschaftlichkeitslücke“ auch im Bereich der digitalisierten Hausstationen möglich. Weiterhin kann eine klare Abgrenzung zu den rechtlichen Vorgaben zu anderen Medien (z. B. Strom – Gateway, Metering) vorgenommen werden. Dies dient zur weiteren Transparenz und Gleichbehandlung zukünftiger Investitionsreize in diesem Segment im regulatorischen Umfeld.

11 Wertschöpfungseffekte

Eine Region oder eine Stadt profitiert von der Nutzung ihrer eigenen Ressourcen und lokal erbrachten Leistungen - dass ist der Grundgedanke der regionalen Wertschöpfung. Eine wichtige Ressource ist die Energieversorgung und -infrastruktur einer Stadt. Unter regionaler Wertschöpfung versteht man nicht nur monetäre, sondern alle zusätzlichen Werte, welche in einer Region in einem bestimmten Zeitraum entstehen und Mehrwert erwirtschaften. Die regionale Wertschöpfung, die durch ansässige Unternehmen und deren Mitarbeiter erbracht wird sowie die kommunale Wertschöpfung der Stadt in diesem Zeitraum, drückt sich vor allem über Unternehmensgewinne, das Nettoeinkommen der Mitarbeiter sowie Einnahmen der Stadt in Form von Steuereinnahmen, Abgaben und Gebühren aus (s. Abbildung 11-1). Die „Regionale Wertschöpfung“ stellt daher nicht den Vorteil des Einzelnen oder Einzelner in den Mittelpunkt, sondern betrachtet den gesamtwirtschaftlichen Nutzen für das Gemeinwesen einer Region, einer Stadt oder eines Quartiers. Zusätzlich werden durch die betrachteten Maßnahmen Arbeitsplatzsichernde und -schaffende Effekte vor Ort generiert.

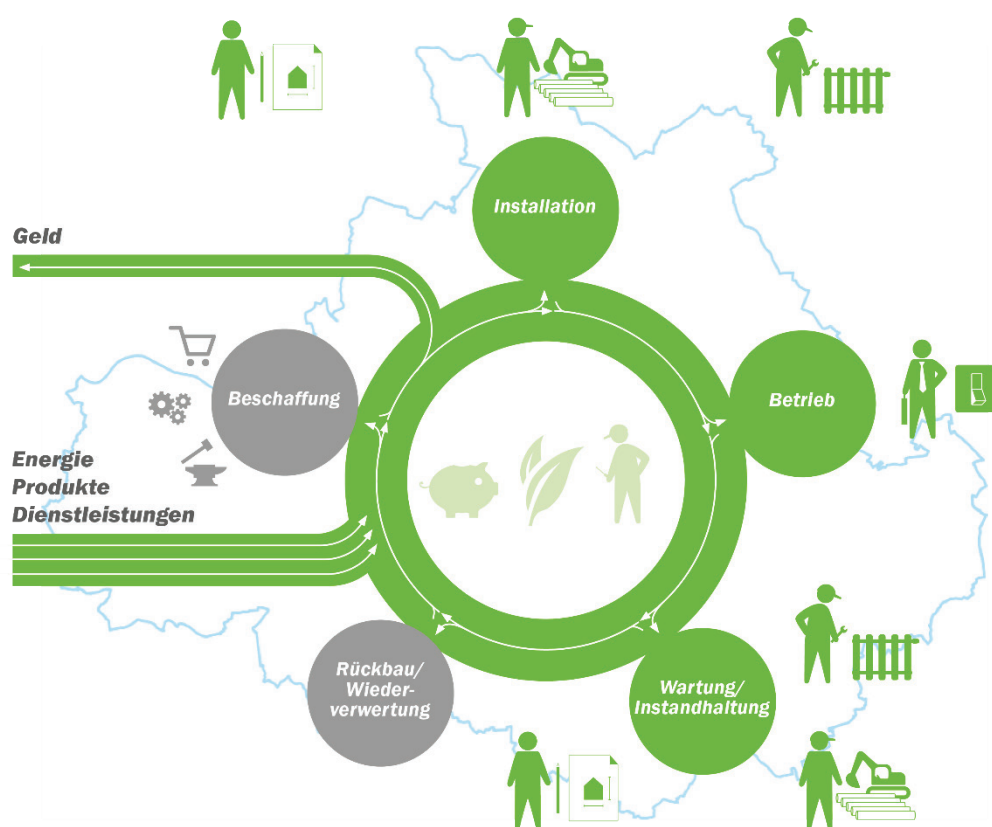


Abbildung 11-1: Kreislaufmodell der regionalen Wertschöpfung (Quelle: AGFW Projekt Wertschöpfung)

Die Wertschöpfungs- und Arbeitplatzeffekte können daher ein wesentliches kommunales Entscheidungskriterium für die Gestaltung der zukünftigen Energieversorgung im Rahmen der lokalen Energiewende einer Kommune sein. Im Jahr 2015 wurden diese Effekte im Rahmen eines ersten Modellprojektes für die Landeshauptstadt Dresden errechnet.⁹³

Wertschöpfung aus Fernwärme mit Kraft-Wärme-Kopplung

Im Rahmen der Entscheidungsfindung für die Quartiersauswahl zur Umsetzung des integrierten Energie- und Klimaschutzkonzeptes für Dresden (IEuKK) und die Beantragung von Fördermittel im Rahmen der EFRE-Förderung ISE konnten bereits 2015 durch eine Modellstudie zur Wertschöpfung aus Fernwärme mit Kraft Wärme-Kopplung erste konkrete Berechnungen in einem neuen Modell erarbeitet werden.

Im Jahr 2017 wurden diese Effekte im Rahmen einer zweiten Phase in einem bundesweiten zweiten Modellprojektes mit acht weiteren Studien verifiziert. Die durchgeführten Studien „Regionale Wertschöpfung aus Fernwärme“⁹⁴ zeigten einen je nach Stadtgröße die in nachfolgender Tabelle anzunehmende Wirkung bezogen auf den Fernwärmeabsatz.

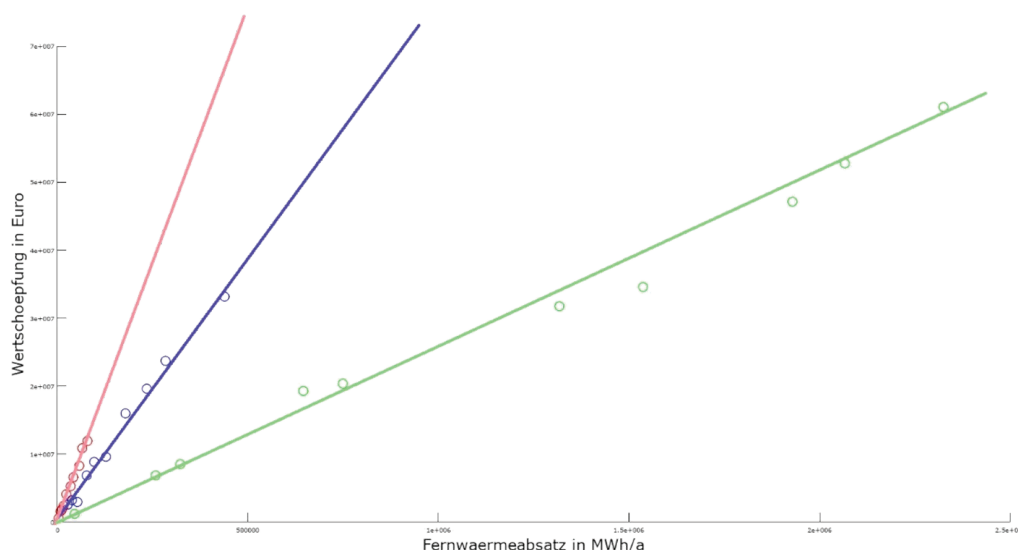


Abbildung 11-2: Wertschöpfungseffekt bezogen auf den Fernwärmeabsatz

⁹³ AGFW u. a., Wertschöpfung aus Fernwärme und KWK – Ein Modell für Dresden, März 2016, ISBN 3-899999-056-0

⁹⁴ Studie zur Entwicklung eines Quartiers: Weiterentwicklung der Fernwärmeversorgung im Gewerbe- und Industriegebiet Weimar Werk, Fachzeitschrift EuroHeat&Power, S.14 Heft 1-2 – 2019, eigene deutschlandweite Berechnungen zu der AGFW 40/40-Strategie - Unser Konzept für die Wärmewende, Juni 2018, der 70/70-Strategie, Mai 2015 sowie weitere nicht veröffentlichte Unternehmensstudien im Rahmen des AGFW-Modellprojektes in den Städten Dresden, Hamburg, Düsseldorf, Leipzig, Rosenheim, Gotha

Einflüsse der iHAST auf die regionale Wertschöpfung können demnach unter verschiedenen Gesichtspunkten bewertet werden.

Wertschöpfung durch Installation, Betrieb und Wartung: Wertschöpfung bei der Installation entsteht durch die damit verbundenen Investitionen und die damit verbundenen Umsätze beim Gerätehersteller und dem installierenden Unternehmen. Wertschöpfung im Betrieb und der Wartung entsteht durch die erzeugten Umsätze der Betreiber- und Wartungsunternehmen. Regionale Wertschöpfung kann dabei nur durch Umsätze generiert werden, die in der Region verbleiben – also von Unternehmen aus der Region erzielt werden. Es ist nicht zu erwarten, dass sich Bezugs- und Einbauprozesse bei der iHAST grundsätzlich von denen, herkömmlicher Wärmeübergabestationen unterscheiden werden. Zusätzliche Wertschöpfungseffekte würden in diesem Fall lediglich durch höhere Investitionskosten entstehen. Diese Effekte bezogen auf die regionale Wertschöpfung sind dabei als gering einzuschätzen.

Wertschöpfung durch Effizienzsteigerung

Wertschöpfung durch Effizienzsteigerung entsteht durch den verringerten Brennstoffeinkauf und den damit verbundenen Geldmittelabfluss aus der Region. Die Einspareffekte durch den Einsatz der iHAST werden in Kapitel 8 am Beispiel von ausgewählten Quartieren untersucht. Durch den Einsatz der iHAST können damit vor allem Effekte auf die regionale Wertschöpfung durch die Effizienzsteigerung und den damit verbundenen verringerten Brennstoffeinkauf erzielt werden.

Die Wertschöpfung ist aufgrund seiner regionalen Vielschichtigkeit jeweils auf die einzelnen Gebiete, Kommunen und Quartiere zu beziehen. Im Jahr 2017 wurden die Wertschöpfungseffekte für Fernwärmesysteme im Rahmen eines bundesweiten AGFW-Modellprojektes (als 2. Phase zum Modellprojekt Dresden) u. a. auch in einer iHAST-Großstadt errechnet. Die durchgeführte Studie „Regionale Wertschöpfung aus Fernwärme“ kam zum Ergebnis, dass die Gesamtwertschöpfung zwischen 25 bis 60 Mio. € je nach betrachteten Ausbau-Szenarien liegen kann. Der durchschnittliche regionale Wertschöpfungseffekt liegt dabei zwischen 1,65 und 3,53 €/€ Invest.

Spezifische Kennwerte	Standard Status Quo regressiv	Standard Status Quo	Stagnation Status Quo	Standard Wirtschaftlich	Stagnation Wirtschaftlich
Wertschöpfung kumuliert in Euro pro Wärmeverbrauch	0,018 €/kWh a	0,019 €/kWh a	0,020 €/kWh a	0,023 €/kWh a	0,025 €/kWh a
Wertschöpfung in Euro pro investiertem Euro	3,53 €/€invest	2,53 €/€invest	2,10 €/€invest	1,86 €/€invest	1,65 €/€invest

Abbildung 11-3: Regionale Wertschöpfung am Beispiel einer iHAST-Großstadt (Quelle: AGFW: Projekt Wertschöpfung, Phase 2, 2018)

Für Neu- und Ersatzinvestitionen sowie Planung-/Bau- und Betrieb im Bau- und Installationshandwerk, die den Teil der iHAST-Umstellung beinhalten, würde ein Anteil von 6 % -10 % der Nachsteuergewinne in den verschiedenen betrachteten Ausbau-Szenarien erwirtschaftet werden. Die Größenordnung liegt demnach im Bereich zwischen 0,6 - 2,5 Mio. €. Je nach betrachtetem Wertschöpfungsszenario wären dies für die Gesamtstadt unter Berücksichtigung von einem 50 % Anteil der iHAST-Komponenten im Bau- und Installationshandwerk, ein Wertschöpfungsgewinn von rd. 0,5 bis 1,5 Mio. €/a zu verzeichnen.

Mit den betrachteten Entwicklungsszenarien sind neben den Wertschöpfungseffekten zusätzlich Arbeitsplatzeffekte verbunden. Die Abbildung 4 14 zeigt die absoluten kumulierten Arbeitsplatzeffekte im Betrachtungszeitraum bis 2030 sowie die jeweiligen prozentualen Anteile der Branchen. Besonders positive Arbeitsplatzeffekte ergeben sich bei allen Fernwärmeausbauvarianten. Das Bau- und Installationshandwerk mit dem Teilbereich iHAST würde ebenfalls zwischen 14 – 21 % anteilig erheblich profitieren.

Varianten	Standard Status Quo regressiv	Standard Status Quo	Standard Wirtschaftlich	Stagnation Status Quo	Stagnation Wirtschaftlich
Gesamte kumulierte Arbeitsplatzeffekte (gerundet)	4.500 VZÄ	5.300 VZÄ	7.200 VZÄ	5.200 VZÄ	7.000 VZÄ
Energieversorgung	68%	60%	58%	54%	55%
Architektur- und Ingenieurbüros	5%	6%	8%	7%	8%
Tiefbau	12%	22%	16%	24%	17%
Bau, Installation und Handwerk	14%	12%	18%	15%	21%

Abbildung 11-4: Arbeitsplatzeffekte (in Prozent) am Beispiel einer iHAST-Großstadt

Betrachtet man die verschiedenen Ausbauszenarien im Gesamtsystem absolut so können im Betrachtungszeitraum bis 2050 zwischen 20 bis 77 äquivalente Vollzeitarbeitsplätze (VZÄ)/a zusätzlich entstehen. Für den Bereich iHAST wäre dies zwischen 4 bis 14 VZÄ/a einer iHAST-Großstadt.

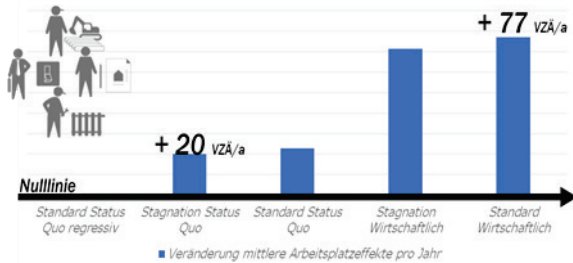


Abbildung 11-5: Arbeitsplatzeffekte (absolut) am Beispiel einer iHAST-Großstadt

Aufbauend auf der flächendeckenden iHAST-Umsetzung könnten im Rahmen einer gesamtgesellschaftlichen Digitalisierungsstrategie im Quartier ggf. weitere regionale Wertschöpfungseffekte erzielt werden.

12 Zusammenfassung und Ausblick

Anhand der Wirtschaftlichkeitsrechnung konnte gezeigt werden, dass unter den gegebenen Rahmenannahmen, d. h. ohne Berücksichtigung eventueller Betrachtungen der Vorketten der Fernwärmebereitstellung und des hydraulischen Abgleichs der Kundenanlagen, kein wirtschaftlicher Betrieb von iHAST innerhalb des Betrachtungszeitraumes von 20 Jahren gegeben ist. Die durch die Investition und dem Betrieb entstehenden Kosten können durch die Opportunitätserlöse aus reduzierten Wärmeverlusten und zusätzliche Stromgutschriften infolge von Lastverschiebungsmaßnahmen nicht kompensiert werden. Ursachen hierfür liegen zum einen an der tendenziell geringen Effizienzsteigerung durch die iHAST, den damit verbunden geringen Brennstoffeinsparungen und daher, dass es sich hierbei größtenteils um vorzeitige Investitionen zum Austausch noch funktionsfähiger Infrastruktur und nicht um kosteneffektive Ersatzinvestitionen handelt. Aus rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist der reine Austausch alter Anschlussstationen und der flächendeckende Einsatz von iHAST ob der geringen techno-ökonomischer Hebel nicht rentabel.

Doch gerade als Wegbereiter für die Digitalisierung sind iHAST eine Schlüsseltechnologie für die erfolgreiche Wärmewende und die damit einhergehende Transformation von Bestandswärmenetze in Richtung effizienterer Niedertemperaturwärmenetze.

Die durch den flächendeckenden Ausbau der iHAST ermöglichte Zählerfernauslegung hat mehrere übergeordnet Effekte, die nicht notwendiger Weise direkte ökologische und ökonomische Auswirkungen haben. So können beispielsweise durch die Fernauslesung Abnehmer identifiziert werden, deren Hausstationen ein bestimmtes Niveau bzw. einen Grenzwertebereich der gebäudeseitigen Rücklauftemperaturen überschreitet. Werden Abweichungen in Bezug auf den Grenzwertebereich registriert, können vor Ort Fehler gesucht und direkt behoben werden. Denkbar wäre an dieser Stelle die Einführung eines dynamischen Bonus-Malus-Systems. Die hierdurch erreichte „Effizienzüberwachung“ bietet die Möglichkeit, den Wärmebedarf insgesamt zu Reduzieren. In der Umsetzung der Maßnahmen zur Rücklauf Temperaturabsenkung ist es wichtig, einen Unternehmensprozess zur Erkennung der Verursacher und deren spezifischer Gründe für die hohen Rücklauftemperaturen zu entwickeln. Dafür müssen Fachkompetenzen bei den Fernwärmeversorgern als auch bei Heizungs-/Fernwärmehausstationsinstallationsfirmen aufgebaut werden. Unterstützend für diesen Prozess können Checklisten und Informationsmaterialien mit typischen Fehlern und Lösungswegen erarbeitet werden, so dass die potentiellen Ursachen von zu hohen Rücklauftemperaturen transparent werden.

Die im Zuge der Installation einer iHAST notwendigen baulichen Veränderungen an der Heizungsanlage des Gebäudes sind Anlass und Gelegenheit für weitere

Anlagenverbesserungen. Insbesondere der hydraulische Abgleich erschließt anlagentechnisch verortete Potenziale zur Energieeinsparung. Er ist technisch nicht zwingend notwendig, verbessert aber die Betriebsbedingungen und damit die effizienzsteigernde Wirkung einer iHAST.

Die auf Gebäudeebene erreichten Effizienzsteigerungen setzen Kapazitäten der Erzeugungsanlagen und in der Fernwärmeverteilung frei. Diese stehen für die energieeffiziente Versorgung weiterer Gebäude zur Verfügung und können mit vergleichsweise wenig Aufwand im weiteren Netzausbau oder in der Anschlussverdichtung genutzt werden. Damit können weniger effiziente dezentrale Anlagen abgelöst werden.

Netzseitigen Effekten einer einzelnen iHAST sind für das Gesamtnetz nahezu bedeutungslos. Dabei zeigen die einzelnen Rolloutstrategien, anhand derer die Umrüstung bevorzugt nach Anschlussleistung, TWW-Speichergroße oder Lage stattfindet, nur geringfügige Unterschiede, wobei in der Regel mit den beiden erstgenannten Rolloutstrategien bessere Ergebnisse erzielt wurden.

In erster Linie sollten zuerst kritische Anschlussnehmer sowie Großkunden mit iHAST ausgerüstet werden, da hierdurch kurzerhand die größten Potenziale gehoben werden können. Im Anschluss erfolgt die Umstellung von mittleren und kleinen Anschlussnehmern. Für ein umfangreiches Lastmanagement sind insbesondere Anschlussnehmer mit großen TWW-Speicher interessant und sollten bei der Planung einer Rolloutstrategie ggf. favorisiert werden. Rolloutstrategien, die die individuellen TWW-Speichergrößen mit in die Reihenfolge einer Umstellung der Hausstationen mit einbeziehen, setzen zumeist eine individuelle Erhebung voraus, was sich unter gewissen Umständen als Hemmnis darstellen kann. Die Rolloutstrategie „Wärmemenge“ hingegen kann immer angewendet werden, da die Anschlussleistung und der jährlicher Wärmebedarf Kenngrößen sind, die dem Fernwärmeversorgungsunternehmen vorliegen. Erst durch einen insgesamt flächendeckenden Rollout aggregieren sich die einzelnen Effekte zu einer wirkungsvollen Maßnahme, mit deren Hilfe die Wärmenetze effizienter betrieben werden können. Durch eine großangelegte Umstellung auf iHAST kann zudem der hierzu notwendige organisatorische Aufwand zur Planung und Durchführung eingegrenzt werden.

Die Umstellung des Versorgungsgebietes nur durch das Ausbringen der iHAST bietet hinsichtlich des energetischen Effizienzgewinns des Fernwärmeversorgungssystems bzw. dem dadurch erzielbaren CO₂-Einspareffekt nur geringe Effekte, da hierauf nur teilweise die Verbraucheranlage Einfluss hat. Reduktionen der Vorlauftemperaturen um im Durchschnitt 5 K bzw. bis zu 6 K der Rücklauftemperaturen sind im Vergleich dazu, dass Fernwärmeversorgungssysteme derzeit mit typischen Vorlauftemperaturen über 100 °C betrieben werden, nicht der Hebel der Wahl zur gesamtheitlichen Effizienzsteigerung.

Zukünftige Rolle der iHAST

Die Vorteile der iHAST ergeben sich erst in Kombination oder durch die zusätzlichen Optionen, die sich aufgrund einer flächendeckenden Ausbringung ergeben. Die iHAST ist langfristig die Voraussetzung, dass die Transformation zu Niedrigtemperaturnetzen (LowEx-Wärmenetzen) gelingen kann. In Folge dessen können die Vorlauf- und Rücklauftemperatur der Hausanlagen abgesenkt werden bzw. eine Optimierung des Temperaturniveaus im Fernwärmenetz (Vor- und Rücklauf) bei gleichzeitiger Absenkung der Temperaturniveaus durchgeführt werden. Sie ermöglicht im Weiteren, Effizienzsteigerungen durch eine standortbedingte Versorgung von Verbrauchern oder Fernwärmenetzteilen über den Fernwärmerücklauf. Durch die iHAST liegen den Erzeugeranlagen- und Fernwärmenetzbetreibern zeitlich hochaufgelöste Verbrauchskennwerte der Anschlussnehmer vor, anhand deren die Erzeugung und der Transport von Wärme bedarfsgerechter gesteuert werden können. Gerade für ein diverses Erzeugerportfolio mit konventionellen und alternativen Energieträgern bedeutet dies eine höhere Planbarkeit und zusätzliche Flexibilitätsoptionen hinsichtlich des Einsatzes der unterschiedlichen Anlagentypen. Die Erhöhung der Flexibilitätsoptionen ist Grundvoraussetzung dafür, dass die Energiewende im Allgemeinen und die Wärmewende im Speziellen gelingen kann. Durch die iHAST werden die Voraussetzungen geschaffen, dass flexible Versorgungsstrategien realisiert werden können

Die iHAST bereitet somit den Weg für einen flächendeckenden Ausbau Erneuerbarer Energien. Im Weiteren können hierdurch erst räumlich verteilte Abwärmequellen (z. B. Rechenzentren, Druckereien, u. a.) mit unterschiedlichem Temperaturniveau innerhalb der Städte oder Quartiere erschlossen werden. Ebenso wird die flexible Einspeisung von Solarthermie in Vor- und Rücklauf des Fernwärmenetzes ermöglicht, bzw. die Nutzung von Geothermie erleichtert. Infolge dessen wird durch die Umstellung der Fernwärmeerzeugung zu CO₂-neutralen Erzeugungsoptionen der größte CO₂-Einspareffekt erzielt.

Die iHAST ist somit ein performantes Bindeglied zwischen Erzeugung, Verteilung und Verbrauch und ermöglicht durch weitreichende Mess- und Kommunikationstechnik die Hebung von Effizienzpotenzialen, die Einbindung von dezentralen Erzeugern (beispielsweise Power-to-District-Heat) sowie die Reduktion CO₂-basierter Emissionen und trägt somit zum Gelingen der Transformation hin zu zukünftigen Wärmenetzen bei.

Zusammenfassung in Stichpunkten

1. Erfassung des Digitalisierungsgrades ist erfolgt.
2. Alle beteiligten EVU haben bereits die Digitalisierung im Sinne einer iHAST-Strategie im Blick.
3. Die Digitalisierungsstufen sind für die Einführung als Branchenstandard definiert.
4. Es wurden die Rolloutstrategien A bis C entwickelt und beispielhaft an drei Quartieren untersucht.
5. Die Verbesserung der Regelfähigkeit der Vor- und Rücklauftemperaturen durch die verschiedenen Digitalisierungsstufen wurde untersucht.
6. Durch die iHAST kommt es zu Temperaturreduktionen des Vor- und Rücklaufes infolge dessen die Wärmeverluste um etwa 6 bis 8 % gegenüber dem Status quo gemindert werden. D. h. die Verluste der Wärmeverteilung werden dauerhaft gesenkt und erhöhen die Effizienz des Gesamtsystems. iHAST-Systeme schaffen den Einstieg durch die technologischen Voraussetzungen und die technischen Parameteränderungen zum gesteigerten Einsatz Erneuerbarer Energien insbesondere die der Solarthermie.
7. Die Nutzung der Option zur Lastverschiebung der Trinkwarmwassernachfrage mit den daraus resultierenden Brennstoffeinsparungen liegt bei etwa 0,6 % bzw. die der direkt vermiedenen CO₂-Emissionen bei etwa 0,5 %.
8. iHAST ermöglicht rücklauf temperatur- und netzspitzenbasierte Preismodelle.
9. Die AVBFernwärmeV steht einem rücklauf temperatur- und netzspitzenbasierten Preismodell nicht entgegen.
10. Es gelten die gleichen Regelungen und Schutzmechanismen, welche Versorgungsunternehmen bereits jetzt schon für ihre bzw. die Daten ihrer Kunden entwickelt haben.
11. Bei der Umsetzung der Maßnahmen entstehen „unrentierliche Kosten“ in Größenordnung von 60 bis 70 %.
12. Der Ausbau der iHAST kann zwischen 6 % bis 10 % an der regionalen Wertschöpfung bzw. mit 14 % bis 21 % der Arbeitsplatzeffekte des Fernwärmeausbaus beitragen.

Ausblick (in Stichpunkten)

1. Ein zielgerichtetes Gesamtsystem mit iHAST wird Teil des als optimierten Ansatzes für ein Quartier → **integrierter Quartiersansatz**
2. iHAST **wird Teil der nationalen Digitalisierungsstrategie sein**
3. Durch die iHAST kann die Erzeugung und der Transport von Wärme bedarfsgerechter gesteuert werden. Die Erhöhung der Flexibilitätsoptionen ist Grundvoraussetzung dafür, dass die Energiewende im Allgemeinen und die Wärmewende im Speziellen gelingen kann → **Sektorkopplung**
4. Temperaturreduktionen des Vor- und Rücklaufes mit der Verringerung der Wärmeverluste und Optimierung der Netzspitzelast erhöhen die Effizienz des Gesamtsystems und verringern die Wärmeverluste → **Effizienzsteigerung ohne Komfortverlust und Steigerung des EE-Anteils im Gesamtsystem**
5. Die Brennstoff- und CO₂-Einsparungen werden in zukünftigen dekarbonisierten Fernwärmeversorgungssystemen mit erneuerbaren Energien in Kombination mit der iHAST wesentlich größer ausfallen → **CO₂-Einsparung**
6. Die Nutzung der freiwerdenden Kapazitäten ermöglicht einen Ausbau der Fernwärmeversorgung ohne Erweiterung der Erzeugerkapazitäten → **Effektivitätssteigerung**
7. Rücklauftemperatur- und netzspitzenbasierte Preismodelle werden die Transparenz für den Kunden erhöhen → **Kundenorientierung**
8. iHAST in Verbindung mit dem dynamischen hydraulischen Abgleich auf der Versorgungs- und Kundenseite führt zu Anreizen zur Energieeinsparung auf der Kundenseite (auch unter dem Begriff Sozialwärme) → **Energieeinsparung durch Innovation**
9. Eine frühzeitige iHAST-Einführung setzt die nationale Digitalisierungsstrategie in der Fernwärme um. Investitionsanreize zur notwendigen schnellen Marktdurchdringung setzen! → **Investitionsanreize**
10. Die Investitionsanreize werden nach dem „Wirtschaftlichkeitslücken Verfahren“ berechnet. Die Refinanzierung dieser ist durch die Wertschöpfungs- und Arbeitsplatzeffekte gesichert → **Wertschöpfung und Arbeitsplätze**
11. Erhöht die Versorgungssicherheit durch zentrale Steuerung über die Netzleitwarten in Krisensituationen → **Kapazitätsengpässe**

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Arbeitspakete des Projektes	15
Abbildung 2-1:	Stufen und Aspekte der „Digitalen Transformation“ ⁵	17
Abbildung 3-1:	Schaltbild der digitalisierten Hausanschlussstation (iHAST) – orange umrahmte Elemente sind für die Datenübertragung interessant	34
Abbildung 3-2:	Graphische Aufbereitung der definierten Digitalisierungsstufen 1 bis 4.....	35
Abbildung 3-3:	Graphische Aufbereitung der definierten Digitalisierungsstufen 5 und 6 ...	36
Abbildung 5-1:	Teilnehmende Netzbetreiber aus fünf Städten in Thüringen und Sachsen iHAST-Projekt (Quelle: GeoBasis-DE / BKG 2019).....	60
Abbildung 5-2:	Vorlauftemperatur-Fahrkurven laut TAB in den Quartieren (Linie durchgehend: Primärnetz; Linie gestrichelt: Sekundärnetz)	61
Abbildung 5-3:	Vom EVU vorgeschlagenes Quartier (orange) sowie eingegrenztes iHAST-Quartier (blau) Bad Lobenstein (Karte genordet, © OpenStreetMap-Mitwirkende)	64
Abbildung 5-4:	Netzplan des eingegrenzten iHAST-Quartiers Bad Lobenstein.....	64
Abbildung 5-5:	Aufstellung Wärmeverbrauch/Wärmebedarf in den Szenarien in den nächsten 10 Jahren für das iHAST-Quartier in Bad Lobenstein	67
Abbildung 5-6:	Lage des Quartiers Chemnitz-Brühl (orange) und eingegrenztes iHAST-Quartier (blau) (Karte genordet, © OpenStreetMap-Mitwirkende)	68
Abbildung 5-7:	Netzplan des eingegrenzten iHAST-Quartiers Chemnitz	69
Abbildung 5-8:	Aufstellung Wärmeverbrauch/Wärmebedarf in den Szenarien in den nächsten 10 Jahren für das iHAST-Quartier in Chemnitz.....	73
Abbildung 5-9:	Lage der Stadtteile Borntal und Roter Berg (orange) sowie eingegrenzte iHAST-Quartiere (blau) (Karten genordet, © OpenStreetMap-Mitwirkende)	74
Abbildung 5-10:	Netzplan des eingegrenzten iHAST-Quartiers Erfurt Borntal	75
Abbildung 5-11:	Netzplan des eingegrenzten iHAST-Quartiers Erfurt Roter Berg.....	76
Abbildung 5-12:	Aufstellung Wärmeverbrauch/Wärmebedarf in den Szenarien in den nächsten 10 Jahren für iHSAT Quartier in Erfurt Borntal.....	79

Abbildung 5-13: Aufstellung Wärmeverbrauch/Wärmebedarf in den Szenarien in den nächsten 10 Jahren für iHAST-Quartier in Erfurt Roter Berg.....	82
Abbildung 5-14: Lage des Stadtteils Leipzig Schönefeld (orange) und eingegrenztes iHAST-Quartier (blau) (Karte genordet, © OpenStreetMap-Mitwirkende)	83
Abbildung 5-15: Netzplan des eingegrenzten iHAST-Quartiers Leipzig	83
Abbildung 5-16: Aufstellung Wärmeverbrauch/Wärmebedarf in den Szenarien in den nächsten 10 Jahren für das iHAST-Quartier in Leipzig	86
Abbildung 5-17: Lage des EFRE-Gebiets Olbersdorf Oberdorf (orange) und eingegrenztes iHAST-Quartier (blau) (Karte genordet, © OpenStreetMap-Mitwirkende) ..	87
Abbildung 5-18: Netzplan des eingegrenzten iHAST-Quartiers Olbersdorf.....	88
Abbildung 5-19: Aufstellung Wärmeverbrauch/Wärmebedarf in den Szenarien in den nächsten 10 Jahren für das iHAST in Olbersdorf	91
Abbildung 6-1: Verteilung der Anschlussleistungen der ausgewählten Objekte.....	93
Abbildung 6-2: Ausschnitt Steckbrief mit Beispiel-Daten für den Wärmemengenzähler Fernwärme	96
Abbildung 6-3: Ausschnitt Steckbrief mit Beispiel-Daten für den Regler 1	97
Abbildung 6-4: Digitalisierungsgrad einer Liegenschaft	99
Abbildung 7-1: Überdimensionierungsfaktoren der untersuchten Liegenschaften.....	110
Abbildung 7-2: Mögliche VL-Temperaturabsenkung im Sommerlastfall	114
Abbildung 7-3: Differenzen der FW- und hausseitigen VL-Temperatur ausgewählter Liegenschaften	115
Abbildung 7-4: TWW-Speicherkapazität in Abhängigkeit der Vertragsleistung für verschiedene Gebäudetypen	121
Abbildung 8-1: Vorgehen bei der Entwicklung und Umsetzung einer Rolloutstrategie	127
Abbildung 8-2: Rolloutstrategie A (Jahreswärmemenge) am Beispiel Leipzig, Szenario „Ist-Zustand“	128
Abbildung 8-3: Rolloutstrategie A (Jahreswärmemenge) am Beispiel Leipzig, Szenario „Business As Usual“	129
Abbildung 8-4: Rolloutstrategie A (Jahreswärmemenge) am Beispiel Leipzig, Energieeffizienz-Szenario	129
Abbildung 8-5: Rolloutstrategie B (Speichergröße) am Beispiel Leipzig	130

Abbildung 8-6:	Rolloutstrategie am Beispiel von LE1 und LE2	131
Abbildung 8-7:	Rolloutstrategie A (Jahreswärmemenge) am Beispiel Erfurt Roter Berg, Szenario „Ist-Zustand“	133
Abbildung 8-8:	Rolloutstrategie A (Jahreswärmemenge) am Beispiel Erfurt Roter Berg, Szenario „Business As Usual“	134
Abbildung 8-9:	Rolloutstrategie A (Jahreswärmemenge) am Beispiel Erfurt Roter Berg, Energieeffizienz-Szenario	134
Abbildung 8-10:	Rolloutstrategie B (Speichergröße) am Beispiel Erfurt Roter Berg	135
Abbildung 9-1:	Auswirkungen einer Absenkung der Rücklauf­temperatur auf einen beispielhaften Entnahme-Gegendruckprozess	139
Abbildung 9-2:	Synthetisch generierte Lastprofile für Trinkwarmwasser- und Raumwärmebedarf des Quartiers Leipzig Schönfeld in gestapelter Darstellung	141
Abbildung 9-3:	Synthetisch generierte Lastprofile des Quartiers Leipzig Schönfeld der 2. Kalenderwoche 2017, differenziert nach Trinkwarmwasser- und Raumwärmebedarf	142
Abbildung 9-4:	Auf den Quartiersmaßstab skaliertes Ver­lauf der Wärmenachfrage des Leipziger Fernwärmenetzes	143
Abbildung 9-5:	Qualitative Visualisierung der Methodik zur Lastverschiebung unter Berücksichtigung der Gleichungen 9.1 und 9.2.....	144
Abbildung 9-6:	Geordnete Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs für Leipzig des Jahres 2017. Auf der Sekundärachse ist die Differenz zwischen regulärem Wärmeleistungsbedarf und Wärmeleistungsbedarf nach Lastverschiebung aufgetragen.	145
Abbildung 9-7:	Gebäudeseitige Vor- und Rücklauf­temperaturen im Status quo sowie unter Berücksichtigung von Maßnahmen wie hydraulischen Heizungsabgleich (hyd) sowie iHAST. In methodischer Anlehnung an	151
Abbildung 9-8:	Generische geordnete Jahresdauerlinie der Wärmeerzeugerleistung unter Einfluss von Lastverschiebungsmaßnahmen.....	152
Abbildung 9-9:	Zusammenspiel der einzelnen gebäude-, netz- sowie erzeugerseitigen iHAST-Effekte.....	154
Abbildung 9-10:	Zeitlicher Verlauf der erzeugerseitigen Netztemperaturen des Vor- und Rücklaufes des Referenz­erzeugerstandortes in Erfurt (KWK) in stündlicher Auflösung für 2017	156

Abbildung 9-11: Simulierte netzseitige Vor- sowie Rücklauftemperaturen des Quartiers Leipzig Schönefeld unter Variation sowohl der Wärmebedarfsentwicklungsszenarien als auch der Rolloutstrategien mit Bezug auf die Rolloutwelle 3..... 158

Abbildung 9-12: Simulierte netzseitige Vor- sowie Rücklauftemperaturen des Quartiers Leipzig Schönefeld unter Variation der Rolloutwellen als auch der Rolloutstrategien mit Bezug auf die Wärmebedarfsentwicklung „business as usual“ 159

Abbildung 9-13: Visualisierung der Simulationsergebnisse für die Rolloutstrategien A, B sowie C unter Variation der Wärmebedarfsentwicklung mit Bezug auf Rolloutwelle 3 in differenzierter Darstellung für Erzeugung (a), Verteilung (b) sowie Verbrauch (c) am Beispiel des Quartiers Leipzig Schönefeld .. 163

Abbildung 9-14: Spannweite der simulierten iHAST-Effekte über alle Bilanzräume und unter Variation der drei zugrundeliegenden Wärmebedarfsszenarien 166

Abbildung 10-1: Annahmen zur Wirtschaftlichkeitsberechnung 172

Abbildung 11-1: Kreislaufmodell der regionalen Wertschöpfung (Quelle: AGFW Projekt Wertschöpfung) 177

Abbildung 11-2: Wertschöpfungseffekt bezogen auf den Fernwärmeabsatz..... 178

Abbildung 11-3: Regionale Wertschöpfung am Beispiel einer iHAST-Großstadt 180

Abbildung 11-4: Arbeitsplatzeffekte (in Prozent) am Beispiel einer iHAST-Großstadt..... 180

Abbildung 11-5: Arbeitsplatzeffekte (absolut) am Beispiel einer iHAST-Großstadt 181

Tabellenverzeichnis

Tabelle 5-1: Übersicht und wichtige Eckdaten der untersuchten Quartiere (gesamt und iHAST)	61
Tabelle 6-1: Überblick ausgewählter iHAST-Objekte (Codierung, Gebäudetyp, Anschlussleistung und Quartier).....	94
Tabelle 6-2: Übersicht der aktuellen und Zielstufen der Digitalisierung in den untersuchten Liegenschaften.....	98
Tabelle 6-3: Übersicht Ist-Stand Juni 2019 (nur Bad Lobenstein: Mai 2019): Digitalisierungsgrad Stufe 1 – Fernauslesung der fernwärmeseitigen WMZ	100
Tabelle 6-4: Übersicht Ist-Stand Juni 2019 (nur Bad Lobenstein: Mai 2019): Digitalisierungsgrad Stufe 4* – Fernauslesung und -schreibzugriff Regler (Regler in allen Liegenschaften sowohl für Fernwärme- als auch Hausseite)	102
Tabelle 7-1: Mögliche Einsparungen durch vermiedene Legionellenschaltung	118
Tabelle 7-2: Untersuchte Objekte mit TWW-Speicher	120
Tabelle 7-3: Mathematischer Zusammenhang zwischen Speichergröße und Vertragsleistung	121
Tabelle 7-4: Summe Speicherkapazität der einzelnen iHAST-Quartiere	122
Tabelle 7-5: Übersicht sonstige Effekte der iHAST	123
Tabelle 7-6: Zusammenfassung Digitalisierung - quantifizierbare Effekte	126
Tabelle 9-1: Zusammengefasste Kenngrößen der Erzeugung von Wärme aus KWK-Anlagen und Heizwerken für das Erfurter Wärmenetz.....	156
Tabelle 9-2: Simulationsergebnisse des Einflusses von iHAST auf Brennstoffeinsatz und CO ₂ -Emissionen des Quartiers Leipzig Schönefeld unter Variation sowohl der Wärmebedarfsszenarien als auch der Rolloutstrategien (RS) mit Bezug auf die Rolloutwelle 3.....	162
Tabelle 9-3: Simulationsergebnisse des Einflusses von iHAST auf Brennstoffeinsatz und CO ₂ -Emissionen des Quartiers Leipzig Schönefeld unter Variation der Rolloutwellen als auch der Rolloutstrategien mit Bezug auf die Wärmebedarfsentwicklung „business as usual“	165
Tabelle 10-1: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung	174

Anhang

Anhang	
Anhang A	Übersicht iHAST-Quartiere
Anhang B	Leerer Steckbrief
Anhang C	Ausgefüllte Steckbriefe untersuchter Liegenschaften
Anhang D	Auswertung Steckbriefe: Kenngrößen Einsparpotenziale

Die komplette Studie iHAST „Digitalisierung von energieeffizienten Quartierslösungen in der Stadtentwicklung mit intelligenten Fernwärme-Hausanschlussstationen – iHAST (Phasen 1 – 2)“ gliedert sich in 3 Berichtsteile:

- » Teil 1 Zusammenfassung und Ausblick (Kurzversion)
- » Teil 2 Wissenschaftlicher Teil (Langversion)
- » Teil 3 Anhang

Auf eine Veröffentlichung des Teil 3 Anhang wurde aufgrund von Datenschutz und Vertraulichkeit sensibler Einzeldaten verzichtet. Der Anhang liegt für die Auftraggeber und für die Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH zur Erstellung der Expertise zur Einsicht und unter Einhaltung der Vertraulichkeit vor.