

»Wissenschaftliche Transformations-
studie zur Dekarbonisierung der
Wärmebereitstellung in der Region
Hoyerswerda, Weißwasser und
Spremberg bis 2050«

Impressum

Wissenschaftliche Transformationsstudie zur Dekarbonisierung der Wärmebereitstellung in der Region Hoyerswerda, Weißwasser und Spremberg bis 2050

Projektleitung

Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG (IEG), Gulbener Straße 23, 03046 Cottbus

Benjamin Pfluger, benjamin.pfluger@ieg.fraunhofer.de

Verantwortlich für den Inhalt des Textes

Benjamin Pfluger, benjamin.pfluger@ieg.fraunhofer.de; Anja Hanßke, anja.hansske@ieg.fraunhofer.de; Mario Ragwitz, mario.ragwitz@ieg.fraunhofer.de

Beteiligte Institute

Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe

Markus Fritz, markus.fritz@isi.fraunhofer.de

Tilia GmbH, Inselstraße 31, 04103 Leipzig

Ronny Kirbach, ronny.kirbach@tilia.info; Florian Ruscheinski, florian.ruscheinski@tilia.info

IREES GmbH, Durlacher Allee 77, 76131 Karlsruhe

Jan Steinbach, j.steinbach@irees.de; Eftim Popovski, e.popovski@irees.de; Johannes Haller, j.haller@irees.de

Verfasst im Auftrag von

Versorgungsbetriebe Hoyerswerda GmbH

Straße A Nr.7, 02977 Hoyerswerda

Bildnachweis

Deckblatt: iStock.com/Jeff_Hu

Zitierempfehlung

Pfluger, Benjamin; Hanßke, Anja; Ragwitz, Mario; Sporleder, Maximilian; Fritz, Markus; Kirbach, Ronny; Ruscheinski, Florian; Steinbach, Jan; Popovski, Eftim; Haller, Johannes (2023). *Wissenschaftliche Transformationsstudie zur Dekarbonisierung der Wärmebereitstellung in der Region Spremberg, Hoyerswerda und Weißwasser bis 2050*. Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie (IEG) im Auftrag der VBH GmbH.

Veröffentlicht

September 2023

Hinweise

Dieser Bericht einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Die Informationen wurden nach bestem Wissen und Gewissen unter Beachtung der Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis zusammengestellt. Die Autorinnen und Autoren gehen davon aus, dass die Angaben in diesem Bericht korrekt, vollständig und aktuell sind, übernehmen jedoch für etwaige Fehler, ausdrücklich oder implizit, keine Gewähr. Die Darstellungen in diesem Dokument spiegeln nicht notwendigerweise die Meinung des Auftraggebers wider.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	4
2	Ausgangslage.....	4
2.1	Hintergrund und Zielsetzung.....	4
2.2	Beteiligte Akteure.....	5
2.3	Projektstruktur und Vorgehensweise.....	5
3	Definition des Lösungsraums.....	6
3.1	Methodik.....	6
3.2	Ergebnisse.....	7
4	Analyse des Ist-Zustands.....	10
4.1	Methodik.....	10
4.2	Ergebnisse.....	10
5	Entwicklung des Wärmebedarfs bis 2050.....	14
5.1	Methodik.....	14
5.2	Ergebnisse.....	15
6	Potenzialanalyse der Energieressourcen.....	17
6.1	Methodik.....	17
6.2	Ergebnisse.....	17
7	Fernwärmebestand und Netzausbauggebiete.....	20
7.1	Methodik.....	20
7.2	Ergebnisse.....	21
8	Wärmeerzeugung und -speicherung.....	24
8.1	Methodik.....	25
8.2	Ergebnisse.....	26
8.3	Fazit und Diskussion.....	29
9	Entwicklung eines Umsetzungsprogramms.....	30
9.1	Organisationsstruktur.....	30
9.2	Ablaufplan.....	31
9.3	Finanzierung und Flächenbeschaffung.....	32
9.4	Kommunikation.....	33
9.5	Risikoanalyse.....	34
9.6	Kommunale Wärmeplanung.....	36
10	Zusammenfassung.....	39
11	Abbildungsverzeichnis.....	41
12	Tabellenverzeichnis.....	42

1 Einleitung

Die Umsetzung des Kohleausstiegs bis zum Jahr 2038 erfordert in den vom Strukturwandel betroffenen Regionen einen deutlich beschleunigten Dekarbonisierungsprozess, insbesondere im Wärmesektor. Vor diesem Hintergrund haben sich die Fernwärmeversorger der Städte Hoyerswerda, Spremberg und Weißwasser zusammengeschlossen, um **gemeinsam Lösungen für eine umsetzbare, ökologische, sozialverträgliche, wirtschaftliche und sichere Energieversorgung** in der Region zu entwickeln. Hierbei werden sie maßgeblich von einem Konsortium unter Leitung der Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG und unter Mitwirkung des Fraunhofer Instituts für System- und Innovationsforschung ISI, der Tilia GmbH und der IREES GmbH im Rahmen einer wissenschaftlichen Transformationsstudie unterstützt.

Mit dieser Studie nimmt das Konsortium eine Vorreiterrolle in Ostdeutschland ein und liefert eine Blaupause für den Dekarbonisierungs- und Transformationsprozess der Wärmeversorgung, die bundesweit übertragbar ist.

Im Zuge der Studie wurden zunächst die Rahmenbedingungen für die zukünftige Wärmeversorgung in der Lausitz identifiziert und somit der Lösungsraum für die angestrebte Transformation definiert. Maßgebliche Themen, die in der Betrachtung berücksichtigt wurden, sind beispielsweise die Bevölkerungsentwicklung in der Region, die Entwicklung der Energiepreise und die Verfügbarkeit von Flächen für den Aufbau neuer Anlagentechnik. Weiter wurde der Status Quo der Wärmeversorgung in den drei Städten festgestellt und mit Hilfe von Prognosemodellen die Entwicklung des zukünftigen Wärmebedarfs bis 2050 ermittelt. Gleichmaßen wurden das Vorhandensein lokaler und überregionaler Erneuerbarer Energiequellen und deren Potenzial zur Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs untersucht.

Aufbauend auf den grundlegenden Analysen ermittelte das Konsortium sowohl die Potenziale für den Ausbau und die Verdichtung der Wärmenetze in den drei Städten als auch für die Integration erneuerbarer Wärmequellen in die Wärmeversorgung. Mit Hilfe von Optimierungsmethoden wurden Versorgungsvarianten entwickelt, die zum einen die Kombination unterschiedlicher Technologien wie Wärmepumpen und Speicher berücksichtigen und gleichermaßen auf geeignete Wärmequellen zurückgreifen, so dass die Stadtwerke mit Vorliegen der Studienergebnisse über eine solide Planungsgrundlage verfügen, die nicht nur aus energetischer, sondern auch aus wirtschaftlicher Sicht Lösungen für eine resiliente Wärmeversorgung liefert.

Mit der abschließenden Entwicklung eines gesamtheitlichen Umsetzungsprogrammes stellte das Projektkonsortium gemeinsam mit den Stadtwerken einen Fahrplan auf, der als Wegweiser für den Aufbau einer sicheren und bezahlbaren Wärmeversorgung in den drei Lausitzer Städten dient und den Pfad in eine klimaneutrale Zukunft aufzeigt.

Mit der Studie ist es gelungen, allgemein anwendbare Methoden für das Vorgehen bei der Umsetzung der Wärmewende zu entwickeln, die auf den überwiegenden Teil aller Städte und Kommunen in Deutschland übertragbar sind.

2 Ausgangslage

2.1 Hintergrund und Zielsetzung

Deutschland hat sich zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2038 auf die Verbrennung von Kohle zur Strom- und Wärmeerzeugung und perspektivisch vollständig auf die Nutzung fossiler Energieträger zu verzichten. Der Prozess des Kohleausstiegs entfaltet insbesondere in den Kohleregionen eine starke Wirkung auf Wirtschaft und Gesellschaft und ist mit Herausforderungen, aber auch großen Chancen für die Umsetzung einer zukunftsfähigen Energieversorgung verbunden. Für die Wärmeversorgung in der Lausitz bedeutet dies unter anderem, dass der Dekarbonisierungsprozess im Vergleich zu anderen

Regionen Deutschlands deutlich früher und beschleunigt erfolgen muss. Das heißt, dass eine seit über 60 Jahren in den drei Städten gewachsene Fernwärmeversorgung für 60.000 Einwohner mit im bundesvergleich überaus günstigen Wärmepreisen neu auszurichten ist. Die Studie fokussiert sich auf die Kernstädte. Ländlich geprägte Ortsteile, die über keine nennenswerte Erzeugung oder künftige Abnahme verfügen, sind nicht Gegenstand der Betrachtungen.

Vor diesem Hintergrund verfolgen die Betreiber der Fernwärmenetze in den Städten Hoyerswerda, Weißwasser und Spremberg das gemeinsame Ziel, den Transformationsprozess frühzeitig zu initiieren und mit der Beauftragung einer wissenschaftlichen Transformationsstudie eine solide Planungsbasis für die koordinierte und kooperative Entwicklung der Wärmeversorgung im Rahmen des Strukturwandels zu schaffen.

Die Studie verfolgt das Ziel, umsetzbare, ökologische, sozialverträgliche und wirtschaftliche Lösungen für die Dekarbonisierung der leitungsgebundenen Wärmeversorgung in den drei Städten zu entwickeln und dabei wichtige Akteure aus der Region an der Lösungsfindung zu beteiligen. Auf diese Weise soll die Studie einerseits als Modell für den Transformationsprozess in den Kohlerevieren dienen und andererseits durch die Anwendung und Weiterentwicklung allgemeingültiger Methoden und Berechnungsmodelle auf andere Regionen Deutschlands übertragbar sein.

2.2 Beteiligte Akteure

Die Studie wurde im Auftrag der Versorgungsbetriebe Hoyerswerda GmbH, der Stadtwerke Weißwasser GmbH und der Städtischen Werke Spremberg (Lausitz) GmbH erarbeitet. Als Studiennehmer agierte ein unabhängiges Konsortium unter der Leitung der Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG, an dem das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, die Tilia GmbH und die IREES GmbH beteiligt waren.

Die Erstellung der Studie wurde außerdem durch einen Projektbeirat begleitet, der sich aus Vertretern unterschiedlicher Bereiche zusammensetzte. Auf der Ebene der Landespolitik waren die Sächsische Agentur für Strukturentwicklung SAS, die Sächsische Energieagentur SAENA, das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie Brandenburg MWAE BB sowie der Lausitzbeauftragte des Landes Brandenburg beteiligt. Als Vertreter auf kommunaler Ebene arbeiteten die Oberbürgermeister der Städte Hoyerswerda und Weißwasser zusammen mit der Bürgermeisterin der Stadt Spremberg. Darüber hinaus brachten die Wohnungsgesellschaft mbH Hoyerswerda, die Gesellschaft für Wohnungsbau GeWoBa, die LebensRäume Hoyerswerda eG, die WBG mbH Weißwasser, die Lausitzer Bergarbeiter-Wohnungsgenossenschaft Brandenburg BeWoGe, die Wohnungsbaugenossenschaft Weißwasser eG sowie die Spremberger Wohnungsbaugenossenschaft eG SWG als Vertreter der Wohnungswirtschaft ihre Sichtweisen in den Bearbeitungsprozess der Studie ein. Weiterhin war als wichtiger regionaler Wirtschaftsvertreter und Energieversorger die LEAG im Projektbeirat vertreten.

2.3 Projektstruktur und Vorgehensweise

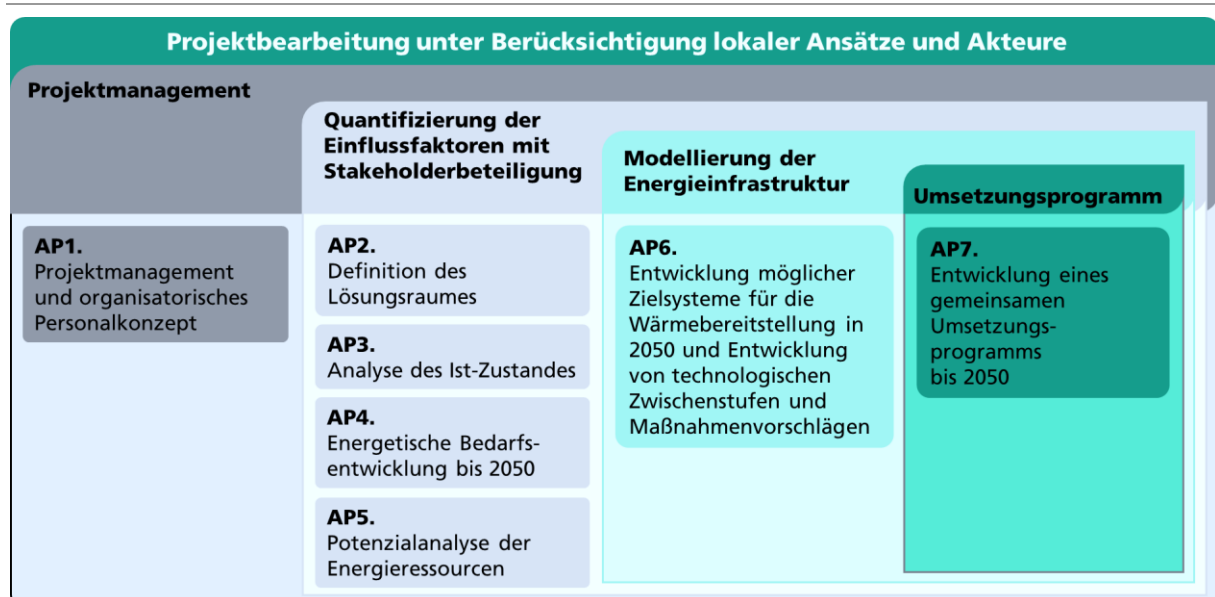
Um einen qualifizierten und effizienten Bearbeitungsprozess zu sichern, wurde die Studie in vier übergeordnete Aktionsbereiche strukturiert.

Diese umfassten das Projektmanagement, die Quantifizierung von Einflussfaktoren, die in entscheidender Weise auf die Studienergebnisse wirken, die Modellierung der zukünftigen Energieinfrastruktur und schließlich die Entwicklung eines Programms zur Überführung der Studienergebnisse in die Umsetzung.

Im Rahmen einer Analyse der grundlegenden Einflussfaktoren wurde zunächst der Lösungsraum für die Studienergebnisse definiert, wobei die wichtigsten Rahmenbedingungen für die Studie identifiziert und beschrieben wurden. Nachfolgend wurde der Status Quo der Fernwärmeversorgung in den drei Städten Hoyerswerda, Spremberg und Weißwasser festgestellt und bewertet. Davon ausgehend leiteten sich im Folgenden die Prognosen für die Entwicklung der Wärmebedarfe bis zum Jahr 2050 ab. Als weitere grundlegende Analyse wurden alle Potenziale erneuerbarer Energieressourcen hinsichtlich der theoretisch verfügbaren Energiemenge quantifiziert und bezüglich ihres Erschließungsrisikos und

folglich in Bezug auf ihre wirtschaftliche Erschließbarkeit bewertet. Diese grundlegenden Analysen lieferten die Ausgangsdaten für die Modellierung von Szenarien, die zunächst einmal die Potenziale zur Verdichtung bzw. zum Ausbau der Fernwärmesysteme beschreiben. Im Weiteren wurden Szenarien modelliert, die das gesamte System zur Fernwärmeversorgung berücksichtigen. Dies beinhaltet die Auslegung des Erzeugerparcs, eventueller Speicher und deren Einsatz im Jahresverlauf. Hierfür kam ein Verfahren zum Einsatz, das die einzusetzenden Technologien hinsichtlich ihrer Leistungsgröße optimiert und gleichzeitig eine ökonomische Optimierung des Gesamtsystems erlaubt. Abschließend wurde ein Umsetzungsprogramm entwickelt, das als Fahrplan für die Realisierung der vorgeschlagenen Maßnahmen dient und den Versorgungsunternehmen eine solide Basis für die Planung der bevorstehenden Aufgaben liefert.

Abbildung 1 Projektstruktur



Quelle: Eigene Darstellung

In den kommenden Abschnitten geht der hier vorliegende Bericht im Detail auf die in den einzelnen Arbeitspaketen angewendeten Methoden ein und beschreibt die Ergebnisse differenziert für die drei Lausitzer Städte.

3 Definition des Lösungsraums

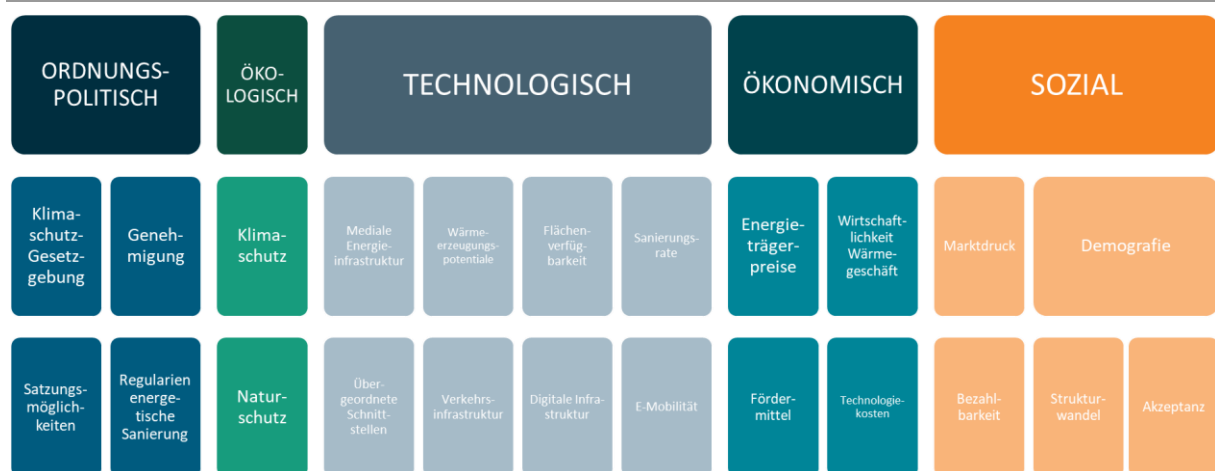
3.1 Methodik

Im Rahmen einer Multikriterienanalyse wurde eine angepasste PESTEL-Analyse durchgeführt, um das Umfeld für die Entwicklung der Wärmeversorgung in den drei Städten zu bewerten. Dabei wurden verschiedene Bereiche betrachtet:

- **Ordnungspolitik**
Politische Ziele auf Stadt-, Landes-, Bundes- und europäischer Ebene wurden berücksichtigt, einschließlich strategischer Ziele der Verwaltung, der Stadtwerke und verfügbarer Förderinstrumente. Gesetzliche Regelungen und Normen, wie Energiesteuern, EEG-Umlage, CO₂-Abgaben und Primärenergievorgaben, wurden als übergreifende Faktoren ebenso berücksichtigt wie kommunale Belange (z.B. Stadtplanung, kommunaler Haushalt, kommunale Unternehmen, etc.).
- **Ökologie**
Es wurden Klimaschutzpfade, Umweltaspekte und zugehörige Einflüsse auf die Wärmeversorgung sowie Potenziale in Bezug auf Naturschutz und Altlasten betrachtet.

- **Technologie**
Faktoren wie der Entwicklungsstand emissionsarmer und emissionsfreier Wärmeversorgungstechnologien, Technologieforschung und Ressourcenverfügbarkeit für die Energiewirtschaft wurden ebenfalls analysiert.
- **Ökonomie**
Wirtschaftliche Faktoren wie Zinsen, Energiepreise, Energiesteuern, CO₂-Abgaben und die allgemeine Konjunktorentwicklung wurden im Zusammenhang mit der Wärmeversorgung betrachtet.
- **Sozial**
Örtliche Demografie in den Kommunen, Marktreaktionen, Einkommensverteilung sowie regionale Werte und Traditionen wurden als soziale Faktoren berücksichtigt.

Abbildung 2 Übersicht der Rahmenbedingungen mit den jeweiligen Themenaspekten



Quelle: Eigene Darstellung

Experten wurden in Gesprächen und per Literaturrecherche einbezogen, um die Auswirkungen der einzelnen Bereiche detailliert zu ermitteln. Die Ergebnisse wurden in Stakeholder-Workshops diskutiert, bei denen die Stadtwerke, Stadtverwaltungen, Energieunternehmen, Ministerien und die Wohnungswirtschaft vertreten waren.

Auf dieser Grundlage wurden strategische Ziele der Stakeholder abgeglichen und angepasst. Es wurden Technologien und Maßnahmen ausgewählt und ein Zielsystem für die weitere Entwicklung definiert.

3.2 Ergebnisse

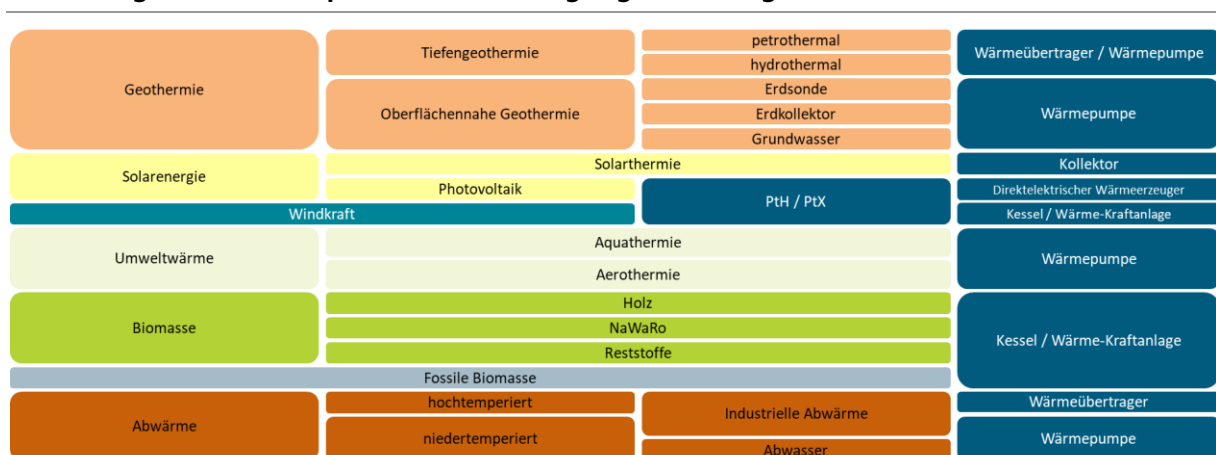
Die Klimaschutzgesetzgebung auf europäischer und nationaler Ebene sowie die entsprechenden Gesetze bzw. Verordnungen auf kommunaler und regionaler Ebene haben wesentliche Auswirkungen auf das Wärmesystem und die zukünftigen Anforderungen an die Wärmeversorgung. Auf europäischer Ebene strebt das „Europäische Klimagesetz“ Klimaneutralität bis 2050 an. Das deutsche „Bundes-Klimaschutzgesetz“ legt Zwischenziele und eine Treibhausgasneutralität bis 2045 fest. Das „Gesetz über einen nationalen Zertifikathandel für Brennstoffemissionen (BEHG)“ führt eine CO₂-Bepreisung ein, welche in ein europäisches System übergehen soll. Darüber hinaus enthält das Gebäudeenergiegesetz (GEG) direkte Vorgaben zur Heizungstechnik in Einzelgebäuden und gibt für Neubauten Anteile an regenerativen Energien vor, wodurch Methoden der konventionellen Wärmeerzeugung unter Druck geraten. Dazu ist der Kohleausstieg im „Kohleausstiegsgesetz“ bis 2038 geregelt. Vor diesem Hintergrund haben Brückentechnologien aufgrund des Zeitplans für den Kohleausstieg eine begrenzte Attraktivität, da diese oftmals hohe Investitionen und längere Abschreibungszeiträume mit sich bringen, wodurch eine Refinanzierung eine erhebliche Herausforderung darstellt. Folglich müssen die Wärmenetze bis etwa 2035 weitgehend dekarbonisiert sein, was gegenüber den nationalen Minderungszielen einen erhöhten Anspruch darstellt.

Aus dem Raum der ökologischen Randbedingungen ergeben sich Reglementierungen für die Bereiche Klima- und Naturschutz. Während Ersteres die Zielerfordernungen für das Wärmesystem definiert, festgeschrieben durch die Ordnungspolitik, schafft Zweiteres einen Rahmen für die Verfügbarkeit von Flächen und den Einsatz von Technologien an spezifischen Standorten zum Beispiel durch die Festlegung von Natur- oder Landschaftsschutzgebieten.

Neben Randthemenstellungen, wie der digitalen Infrastruktur, der Verkehrsinfrastruktur oder der Elektromobilität sind wesentliche Aspekte aus dem technologischen Lösungsraum sowohl die verfügbaren Technologien zur Wärmeerzeugung als auch die Flächenverfügbarkeit.

In Bezug auf die Wärmeerzeugungspotenziale wurden verschiedene Technologien untersucht und nach ihrer Eignung kategorisiert. Solarthermie, Biomasse, Umweltwärme und Abwärme gelten als geeignet, während andere Potenziale wie Geothermie, synthetische Brennstoffe und fossile Brennstoffe als eingeschränkt geeignet oder ungeeignet eingestuft werden.

Abbildung 3 Wärmequellen und -erzeugungstechnologien



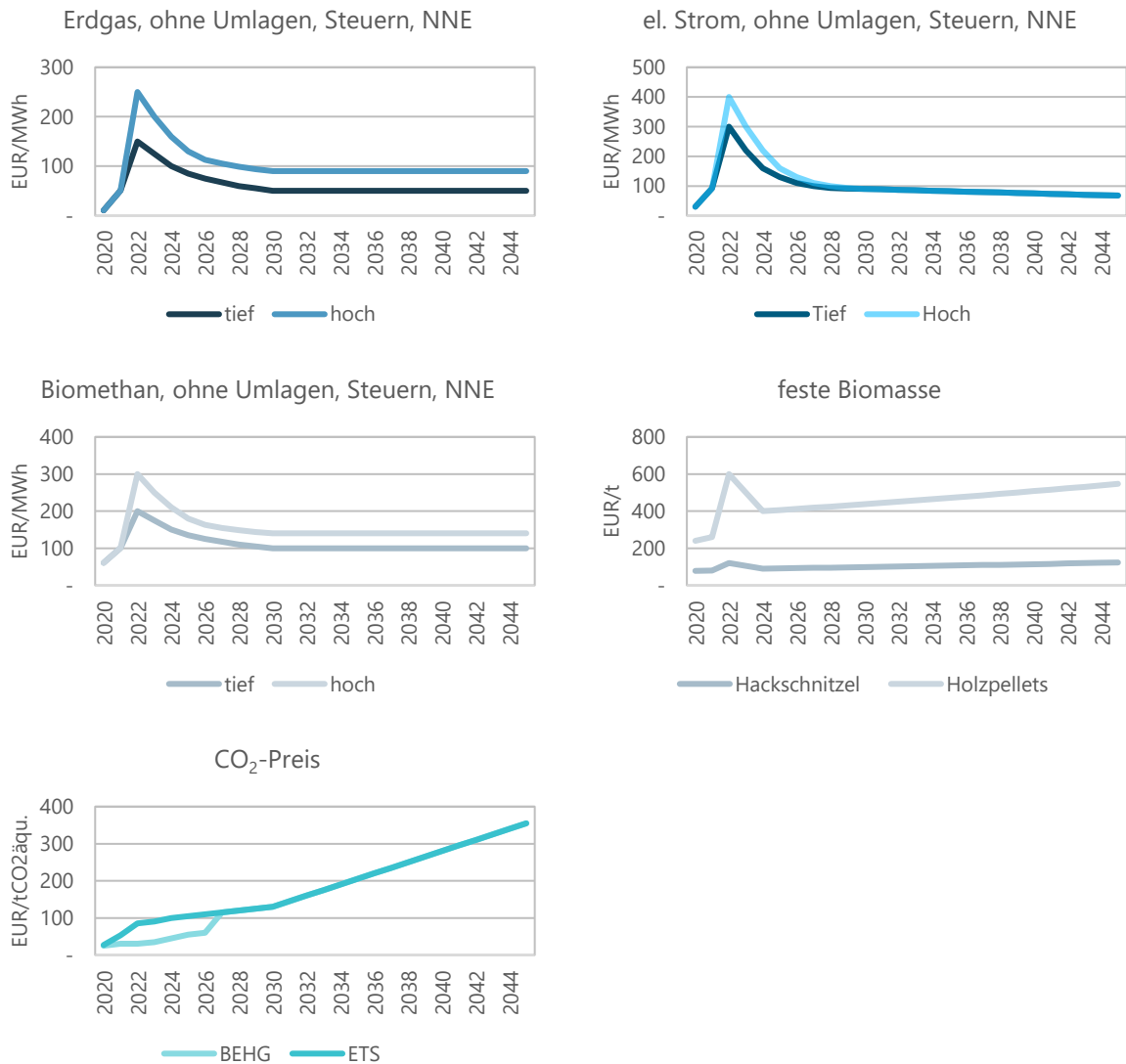
Quelle: Eigene Darstellung

Die Verfügbarkeit von Flächen für Energieerzeugungsanlagen wurde unter Berücksichtigung von Flächennutzungsplänen und Schutzgebieten bewertet, womit Potenziale auch georeferenziert dargestellt werden konnten. Neben der Technologiewahl und den Kosten, stellte sich die Verfügbarkeit von Flächen als größte Herausforderung zur Umsetzung einer dekarbonisierten Wärmeversorgung heraus.

Die Sanierungsrate im Gebäudebestand hat einen Einfluss auf den zukünftigen Wärmebedarf. Generell wird, auch in Einzelgebieten, wo ein guter Sanierungsstand besteht, eine höhere Sanierungsrate angestrebt, um energieeffizientere Gebäude zu schaffen.

Aus ökonomischer Sicht stellen Marktpreise für Energieträger und Technologien die größten Einflussfaktoren dar. Erstere wurden pro Energieträger für den Zeitraum bis 2045 in einem Prognosemodell als Zeitreihen aufgebaut. Grundlage hierfür waren Leitstudien aus den Kopernikus Projekten des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, Marktwerten aus den Terminmärkten der Energiebörse EEX und eigenen Berechnungen und Referenzen des Fraunhofer IEG, ISI, des IRRES und der Tilia.

Abbildung 4 Entwicklung Marktpreise Energieträger und CO₂ 2020 - 2045



Quelle: Eigene Darstellung

Im Wesentlichen lässt sich nach dem starken Anstieg bzw. Rückgang in 2022/2023 eine Stabilisierung von Gas- und Strompreisen beobachten - diese erfolgt jedoch auf höherem Niveau als vor 2022. Für feste Biomasse und CO₂-Preise werden teils deutliche Preissteigerungen erwartet, Letzteres bedingt durch die Mechanismen im europäischen Zertifikate-Handel.

Für die Einbindung von Technologiekosten als auch allgemeine Annahmen für technische Parameter wurde maßgebend auf den Technologiecatalog der Klimaschutz- und Energieagentur des Landes Baden-Württemberg mit Stand März 2022 zurückgegriffen. Der Katalog selbst ist öffentlich einsehbar und umfasst Quellen aus nationalen Normen, Richtlinien, Marktanalysen, Branchenstudien, Beispiele realisierter Projekte, Herstellerangaben und Energiesystemanalysen und bot eine breite valide Basis für die Abschätzung von Investitionskosten.

Zuletzt wurde auch die deutsche Förderkulisse analysiert und im Projektverlauf aktualisiert. Die Finanzierung von Wärmesystemen kann durch EU-, Bundes- und Landesförderprogramme unterstützt werden. Relevant sind die Förderungen, welche sich auf Wärmenetzsysteme und den Strukturwandel konzentrieren. Die Fördermittelhöhe variiert aktuell je nach Programm und Fördergeber, es kann jedoch von einer Förderquote von mindestens 30 bis 50 % ausgegangen werden. In der Wärmesystemmodellierung wurden Förderinstrumente sinnvoll kombiniert und flossen in die wirtschaftliche Bewertung mit ein.

Die demografische Entwicklung in der Lausitz zeigt einen historischen Bevölkerungsrückgang, der sich voraussichtlich bis 2045 auf 20 – 25 % (ausgehend vom Stand 2018) belaufen wird. Aktuelle Zahlen deuten jedoch darauf hin, dass der Rückgang geringer sein könnte als prognostiziert. Der Transformationsdruck auf Endnutzer wirkt sich auf die Technologieauswahl und das Umsetzungsprogramm aus. Regulatorische Anforderungen an die Gebäudeenergieeffizienz wie das GEG, steigende Preise für fossile Energieträger und Netzgebühren sowie der Trend zu Effizienzmaßnahmen und emissionsärmeren Wärmelösungen erhöhen den Druck für eine schnellere Transformation bei den Endverbrauchern. Dies kann dazu führen, dass dezentrale Lösungen bevorzugt werden und die Investitionssicherheit für Fernwärmesysteme sinkt. Weiche Faktoren wie die Akzeptanz der Transformation oder ein Bewusstsein für Tradition spielen bei der Gestaltung des Umsetzungsprogramms und der Kommunikationsstrategie eine Rolle.

4 Analyse des Ist-Zustands

4.1 Methodik

Für die Studie wurden öffentliche Daten wie Bodenrichtwerte, Flächennutzungspläne, Gebäudedaten, Schornsteinfegerdaten, Schutzgebietsinformationen und Stadtgrenzen beschafft und verarbeitet. Diese Daten wurden in QGIS und anderen GIS-Tools integriert, um eine räumliche Darstellung und Analyse durchzuführen. Die Gebäudedaten wurden verwendet, um den Wärmebedarf und die Versorgungsdaten abzuschätzen. Dabei konnten etwa 95 % der Gasversorgungsdaten und für die Fernwärmeversorgung nahezu alle Daten den entsprechenden Gebäuden zugeordnet werden. Die Fernwärme- und Gasnetze der Versorgungsunternehmen wurden ebenfalls in die Darstellung integriert. Strukturdaten der Wärmenetze wie Angaben zum Alter der Fernwärmenetze, Gesamtlänge der Netze, Hausanschlüsse (ohne Hausübergabestationen) und Gesamtmengen der Versorgung als auch Betriebsparameter sind bereitgestellt und verarbeitet worden.

Die gesammelten Daten und Analysen ermöglichen eine fundierte Bewertung der Wärmeversorgungssituation in den untersuchten Städten. Sie dienen als Grundlage für weitere Schätzungen des Wärmebedarfs und der Potenziale für erneuerbare Energien.

4.2 Ergebnisse

Hoyerswerda

Die Fernwärmeversorgung in Hoyerswerda wird hauptsächlich vom Braunkohlekraftwerk »Schwarze Pumpe« bereitgestellt. Ein Spitzenheizwerk unterstützt die Wärmeversorgung. Die LEAG, der Betreiber des Braunkohlekraftwerks »Schwarze Pumpe«, ist Vertragspartner der Versorgungsbetriebe Hoyerswerda. Die Bezugsleistung der Fernwärme beträgt 43 MW.

Die Wärme wird über eine etwa 12 km lange Zuleitung von »Schwarze Pumpe« in das Stadtgebiet transportiert. Das Primärnetz verteilt die Wärme über eine Trassenlänge von etwa 8 km, während das Sekundärnetz die Wärme über ca. 49 km an die angeschlossenen Kunden weiterleitet. Insgesamt wurden 2021 etwa 660 Hausanschlüsse versorgt. Das Netz besteht größtenteils aus älteren Leitungen, wobei etwa 75 % des Netzes vor 1980 verlegt wurden, sodass die Leitungsverluste im Jahresmittel bei rund 29 % liegen. Ein öl- und gasbefeuertes Spitzenheizwerk von 2x10 MW fährt im Bedarfsfall Revisionszeiten im Sommer und Bedarfsspitzen im Winterhalbjahr ab.

Abbildung 5 Wärmenetzgebiet Hoyerswerda



Quelle Eigene Darstellung

Die Wärmeübergabe erfolgt zwischen den verschiedenen Netzebenen und bei der Auskopplung innerhalb der Hausanschlussstation. Die Kunden werden über Hausübergabestationen mit Wärme versorgt. Gemäß Zertifizierung der Fernwärmeversorgung wird die Fernwärme vollständig im effizienten Kraft-Wärme-Kopplungsprozess erzeugt und erreicht einen Primärenergiefaktor von 0,7. Dieser drückt das Verhältnis von fossil eingesetzter Energie zu nutzbarer Endenergie aus. Ein hoher Primärenergiefaktor bedeutet also einen hohen Einsatz fossiler Energie. Zum Vergleich haben beispielsweise Erdgas oder Heizöl einen höheren und damit schlechteren Primärenergiefaktor von 1,1.

Weißwasser

Auch in Weißwasser basiert die Wärmeversorgung hauptsächlich auf der Nutzung von Wärme aus dem nahegelegenen Kraftwerk »Boxberg«. Zusätzlich wird die Wärmeversorgung durch ein Spitzenheizwerk unterstützt.

Im Jahr 2021 wurden etwa 65.000 MWh aus dem Kraftwerk in das Fernwärmenetz eingespeist. Die maximale Anschlussleistung für die Fernwärme beträgt etwa 30 MW. Das Spitzenheizwerk hat eine Nennleistung von 20 MW, wurde jedoch im Jahr 2021 nicht genutzt und dient als Reserve.

Die Wärmelieferung erfolgt über eine 16 km lange Zuleitung vom Kraftwerk »Boxberg« zum örtlichen Verteilnetz. Das Verteilnetz besteht aus etwa 35 km aktiven Rohrleitungen und es gibt etwa 300 Hausanschlüsse. Das Netz wurde hauptsächlich zwischen 1980 und 1996 verlegt.

Die Netzverluste in Weißwasser liegen bei etwa 24 %, wobei 50 GWh an Wärme verkauft wurden, verglichen mit den eingespeisten 65 GWh. Die Wärmeübergabe an die Endkunden erfolgt über Hausübergabestationen, die eine Anpassung der Wärmelieferung an die Kundenanlagen ermöglichen. Der Primärenergiefaktor der Fernwärmeversorgung beträgt ebenfalls 0,7 für den Bezug aus dem Kraftwerk »Boxberg« und ist damit vergleichbar mit dem Kraftwerk »Schwarze Pumpe«.

Abbildung 6 Wärmernetzgebiet Weißwasser



Quelle: Eigene Darstellung

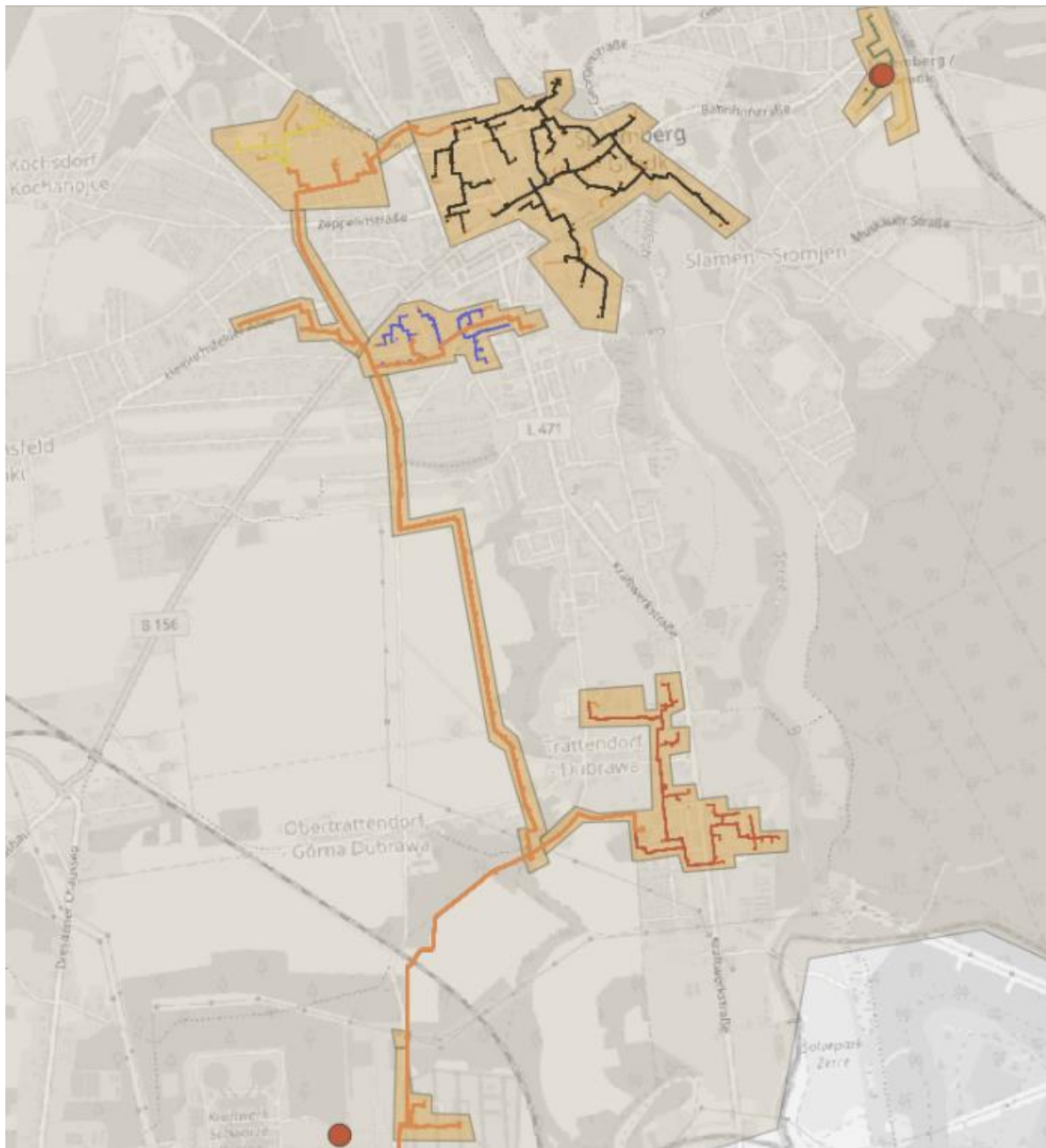
Spremberg

Die Fernwärmeversorgung in Spremberg basiert ebenfalls hauptsächlich auf der Nutzung von Abwärme aus dem nahegelegenen Kraftwerk »Schwarze Pumpe«. Zusätzlich betreiben die Städtische Werke Spremberg ein dezentrales Teilnetz auf dem Georgenberg, das hauptsächlich durch ein Blockheizkraftwerk (BHKW) mit Wärme versorgt wird.

Das Kraftwerk »Schwarze Pumpe« wird von der LEAG mit Braunkohle betrieben. Im Jahr 2021 wurden etwa 49.000 MWh in das Fernwärmenetz eingespeist. Die maximale Bezugsleistung für die Fernwärme beträgt vertraglich festgelegte 16 MW.

Das BHKW auf dem Georgenberg wird von der Städtische Werke Spremberg (Lausitz) GmbH mit Erdgas betrieben. Im Jahr 2021 wurden etwa 1.600 MWh in das dezentrale Wärmenetz eingespeist.

Abbildung 7 Wärmernetzgebiet Spremberg



Quelle: Eigene Darstellung

Die Wärmeverteilung erfolgt über ein Primärnetz und verschiedene Teil- bzw. Ortsnetze. Das Primärnetz besteht hauptsächlich aus der Zuleitung vom Kraftwerk »Schwarze Pumpe« in die Innenstadt, während die Ortsnetze über Wärmeübergabestationen an das Primärnetz angeschlossen sind. Die Gesamtlänge der Netztrasse beträgt etwa 26 km und im Jahr 2021 wurden 207 Hausanschlüsse versorgt. Die Wärmeübergabe erfolgt durch Wärmeübergabestationen, sowohl zwischen den verschiedenen Netzebenen als auch an die Endkunden. Die Energiebilanz der Fernwärmeversorgung zeigt, dass etwa 49 GWh eingespeist wurden, während die Verkaufsmenge bei etwa 34 GWh lag. Dies entspricht einem Verlust von etwa 31 % im Jahresdurchschnitt. Der Primärenergiefaktor der Fernwärmeversorgung beträgt wie in Hoyerswerda 0,7 für den Bezug aus dem Kraftwerk »Schwarze Pumpe« und ist damit genauso einzuschätzen wie Erdgas oder Heizöl mit einem schlechteren Faktor von 1,1.

5 Entwicklung des Wärmebedarfs bis 2050

5.1 Methodik

Die energetische Bedarfsentwicklung der Gebäude in den Städten Hoyerswerda, Spremberg und Weißwasser wird mit Hilfe des technoökonomischen Simulationsmodells Invert/EE-Lab modelliert. Das Modell berechnet den zukünftigen Wärme- und Kältebedarf nach einem Bottom-up-Ansatz anhand von typischen Referenzgebäuden. Die im Modell integrierten Investitionsagenten treffen für jedes Gebäude Investitionsentscheidungen in Sanierungsmaßnahmen und Heizsysteme. Die Basis dafür sind typische Entscheidungskalküle bspw. von selbstnutzenden Eigentümern, privaten Vermietern oder Wohnungsbaugesellschaften sowie Rahmenbedingungen wie Energiepreise und Förderprogramme.

Die über 300 Gebäudeklassen des Modells ergeben sich aus nationalen Datenerhebungen zum Gebäudebestand in Deutschland und werden anhand von verfügbaren Daten der geologischen Landesdienste und Daten der Wohnungsbaugesellschaften an die regionaltypischen Bauweisen angepasst. Das Modell berücksichtigt die Auswirkungen des Klimawandels durch eine Verringerung der Heizgradtage und die Auswirkungen der prognostizierten Bevölkerungsentwicklung, indem entsprechend viele Gebäude zu- bzw. rückgebaut werden.

Um einen realistischen Möglichkeitskorridor für die Entwicklungen im Gebäudebereich abzustecken, wurden im Austausch mit den Auftraggebern drei Szenarien entwickelt, wie nachfolgend zu sehen:

Abbildung 8 Modellierte Wärmebedarfsszenarien

1 Basisszenario	2 Wenig Klimaschutzmaßnahmen	3 Herausfordernde Bedingungen
Gebäudesanierungen Derzeitige Rechts- und Förderrahmen wird fortgeschrieben – Beschlossene Maßnahmen aus dem Sofortprogramm Gebäude	Gebäudesanierungen Reduzierte energetische Sanierungsrate durch Verlängerung der Bauteillebensdauern und niedrige Energiepreise	Gebäudesanierungen Zusätzliche Verschärfung der energetischen Anforderungen, wie für die Novelle des GEG ab 2024 diskutiert, erhöhte Sanierungsrate
Bevölkerungsentwicklung Rationale Prognose	Bevölkerungsentwicklung Rationale Prognose	Bevölkerungsentwicklung Konservative Prognose
Energiepreise Mittlere Endverbraucherpreise	Energiepreise Niedrige Endverbraucherpreise	Energiepreise Hohe Endverbraucherpreise

Quelle: Eigene Darstellung

Im Basisszenario wird von der wahrscheinlichsten Entwicklung bei energetischen Gebäudesanierungen ausgegangen, welche durch die Fortschreibung aller derzeitig implementierten Förder- und Rechtsinstrumente im Gebäudesektor abgebildet wird. Die im Modell hinterlegten Maßnahmen entsprechen dem aktuellen Projektionsbericht der Bundesregierung 2023.

Das zweite Szenario entspricht einer Welt, in der nur wenige Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt werden. Unter der Annahme, dass die Endverbraucherpreise nach der Energiekrise wieder deutlich fallen, verringern sich die ökonomischen Anreize zur energetischen Gebäudesanierung. Gleichzeitig wird von einer noch weiter verringerten Bereitschaft zu Investitionen in Effizienzmaßnahmen und Heizungstausch ausgegangen, was im Modell durch eine Erhöhung der Bauteillebensdauern abgebildet wird. Infolge der so verringerten energetischen Sanierungsrate werden die CO₂-Minderungsziele im Gebäudesektor nicht eingehalten.

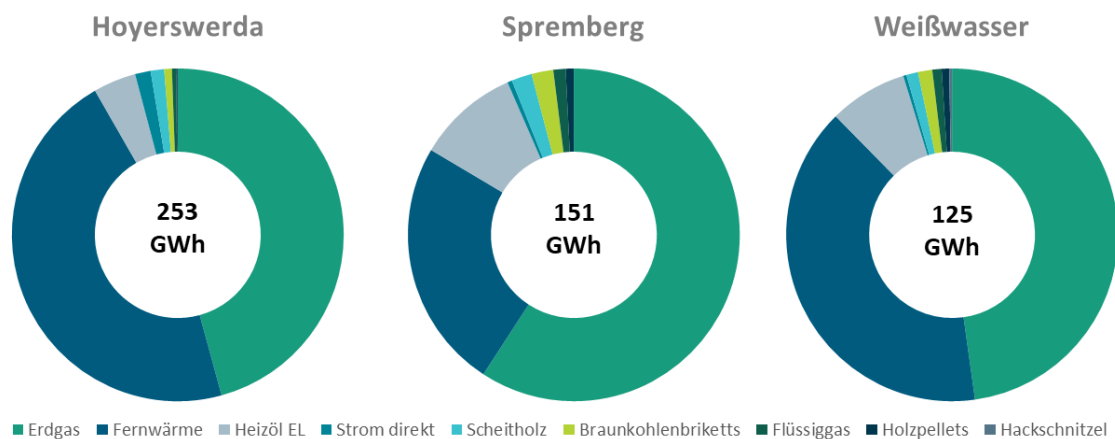
Das dritte Szenario bildet einen Rahmen ab, der für die Betreiber von Fernwärmenetzen zu besonderen Herausforderungen führt. Das bedeutet, dass mit der konservativen demografischen Prognose von einem erhöhten Bevölkerungsrückgang ausgegangen wird. Zusätzlich wird bei den Gebäudesanierungen von einem ambitionierten Vorgehen ausgegangen, was durch die Implementierung von bisher geplanten Politikinstrumenten auf Bundesebene, wie beispielsweise die zu Beginn des Projekts für Anfang 2024 geplante Verschärfung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG), erreicht wird.

5.2 Ergebnisse

Energieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser im Basisjahr

In den nachfolgenden Betrachtungen wird das Jahr 2021 als Basisjahr angesetzt. In den drei Städten finden sich hierfür unterschiedliche Ausgangssituationen in Bezug auf die Gebäudeenergieversorgung. Nachfolgend ist der Endenergiebedarf aller Gebäude, aufgeteilt nach Energieträgern, dargestellt. Der Anteil der Fernwärme zur Deckung des Gesamtwärmeverbrauchs liegt in Hoyerswerda bei 47 %, in Spremberg bei 24 % und in Weißwasser bei 40 %.

Abbildung 9 Endenergiebedarf im Basisjahr der Simulationen 2021



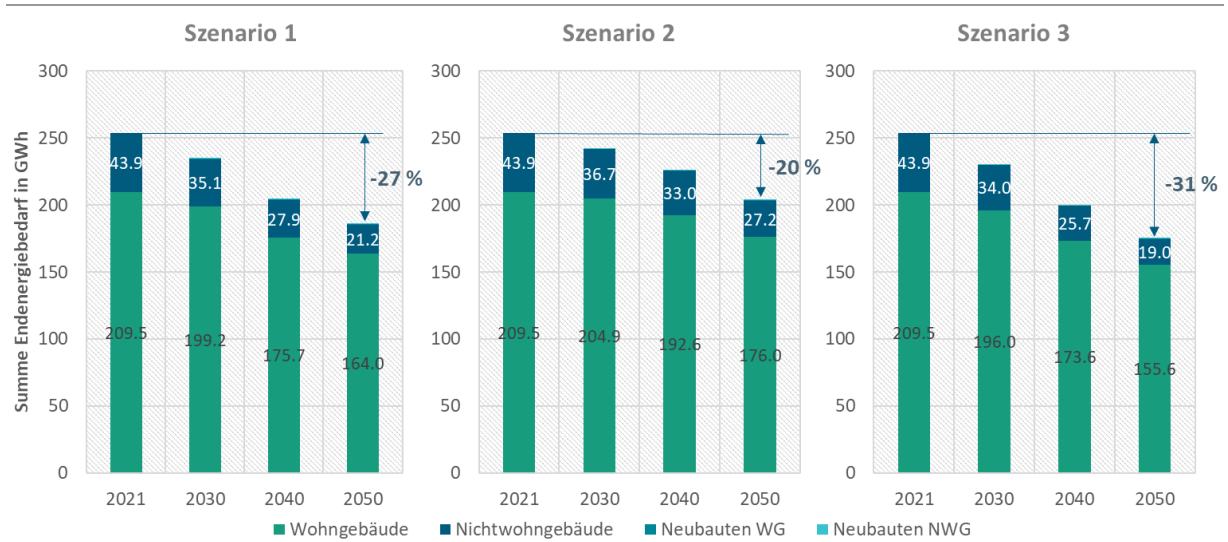
Quelle: Eigene Darstellung

Entwicklung des Wärmebedarfs

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Entwicklung des Energiebedarfs für Raumwärme und Warmwasser in den Stützjahren 2030, 2040 sowie 2050 als Zielhorizont. Der Endenergiebedarf ist dabei aufgeteilt in Wohn- und Nichtwohngebäude, da die Investitionsentscheidungen von unterschiedlichen Treibern abhängen. In allen drei Städten ist der Rückgang des Wärmebedarfs im dritten Szenario „Herausfordernde Bedingungen“ am größten und im zweiten Szenario „Wenig Klima-Schutzmaßnahmen“ am geringsten. Den deutlichsten relativen Rückgang ergibt das Modell für Spremberg, was durch den hohen Anteil an Nichtwohngebäuden bedingt ist. In allen Städten und Szenarien ist der Energiebedarf von Neubauten nur marginal.

Hoyerswerda

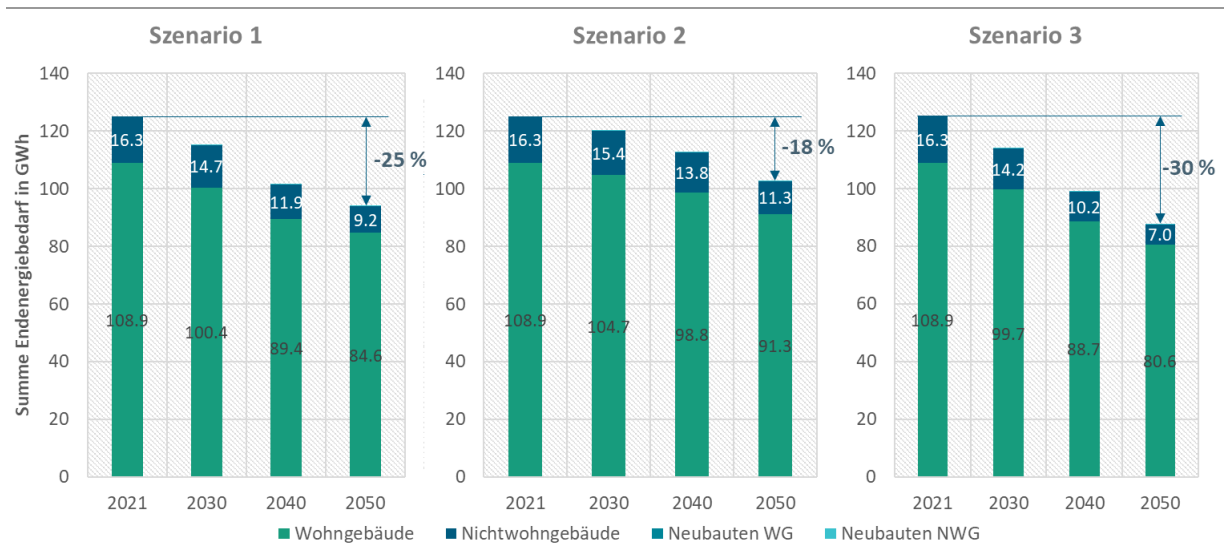
Abbildung 10 Entwicklung des Energiebedarfs in Hoyerswerda bis 2025 in den drei Bedarfsszenarien



Quelle: Eigene Darstellung

Weißwasser

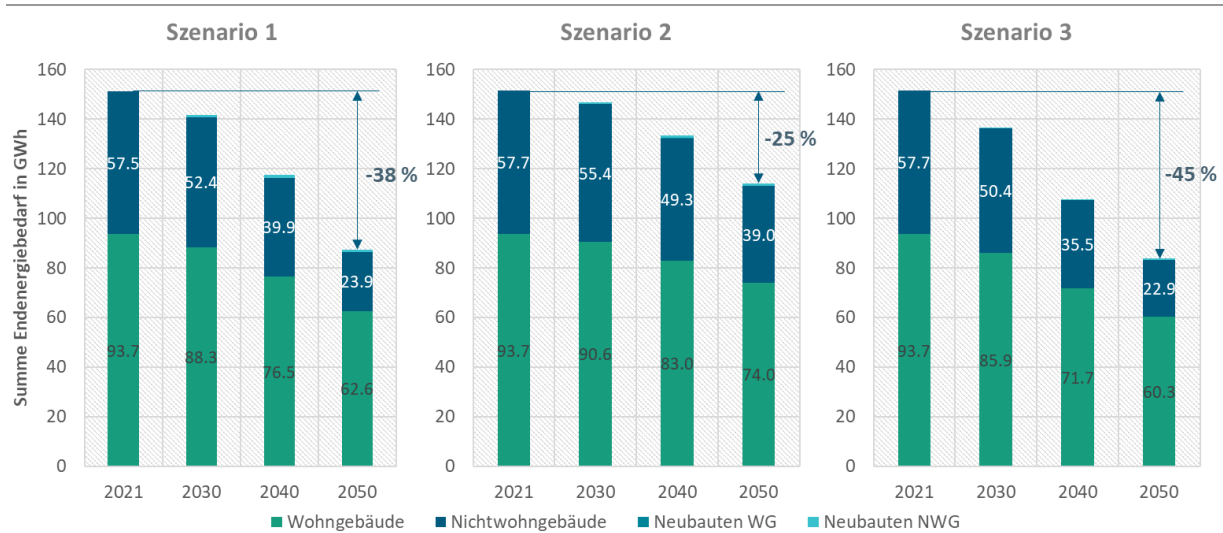
Abbildung 11 Entwicklung des Endenergiebedarfs in Weißwasser bis 2050 in den drei Bedarfsszenarien



Quelle: Eigene Darstellung

Spremberg

Abbildung 12 Entwicklung des Energiebedarfs in Spremberg bis 2050 in den drei Bedarfs-szenarien



Quelle: Eigene Darstellung

6 Potenzialanalyse der Energieressourcen

6.1 Methodik

Aus dem Lösungsraum ergab sich eine Fokussierung auf die Potenziale aus

- Mitteltiefer Geothermie,
- Solarthermie,
- Gewässerthermie,
- Abwärme und
- Biomasse.

Für die Mengenabschätzung und Georeferenzierung wurden verschiedene Quellen und Methoden eingesetzt, um die Potenziale sowohl qualitativ und quantitativ zu beschreiben, als auch in die Modellierung zu überführen.

6.2 Ergebnisse

Geothermie

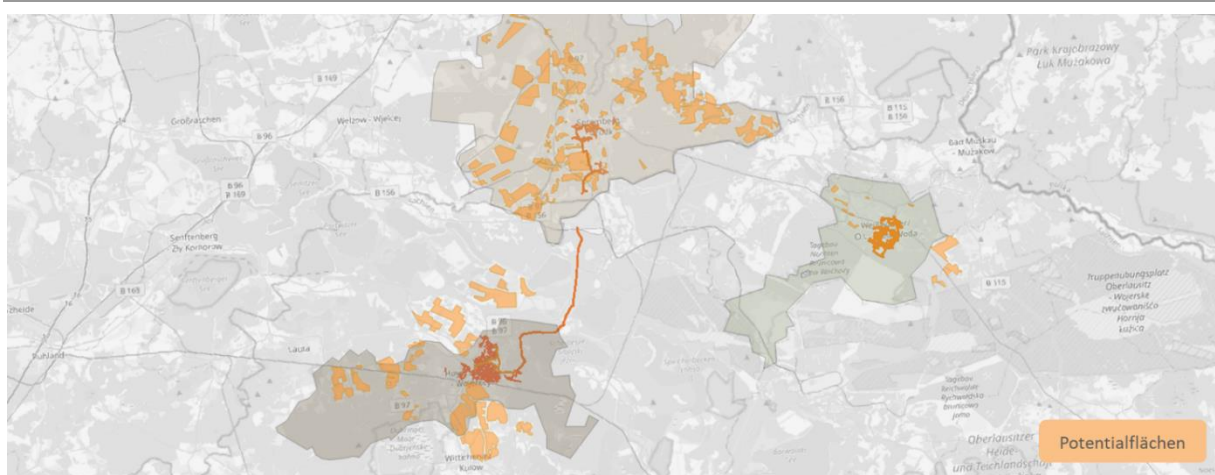
Die geothermischen Potenziale in den Regionen Hoyerswerda, Spremberg und Weißwasser wurden anhand von geologischen Daten und Ergebnissen vorhandener Bohrungen analysiert. Für oberflächennahe Geothermie (< 100 m) wurde ein niedriges Potenzial festgestellt, aufgrund geringer Wärmeleitfähigkeiten und Temperatursteigerung im Untergrund. Für mitteltiefe Geothermie (> 100 m) wurden hingegen mittlere Potenziale identifiziert, basierend auf mittleren Wärmeleitfähigkeiten und thermischen Entzugsleistungen. Eine Erschließung mittels Erdwärmesonden als geschlossenes System oder als saisonaler Speicher wäre möglich. Für tiefe Geothermie wurden aufgrund geringer Permeabilität und Porosität der Gesteine niedrige Potenziale festgestellt. Eine hydrothermale Nutzung wäre theoretisch denkbar, erfordert jedoch weitere Untersuchungen. Insgesamt bieten sich Möglichkeiten zur Nutzung geothermischer Energie in den Regionen, insbesondere im Bereich der mitteltiefen Geothermie,

diese sind aber mit Risiken verbunden, da es aktuell keine umgesetzten Projekte in der Region gibt (mitteltiefe Geothermie).

Solarthermie

Es wurden Standort- und Flächenverhältnisse für das Potenzial der Solarenergie in den Regionen Hoyerswerda, Spremberg und Weißwasser analysiert bei einer mittleren Globalstrahlung von ca. 1.050 kWh/m². Die Flächenauswahl basierte auf den Flächennutzungsplänen der Gemeinden und berücksichtigte Grünflächen, Acker- und landwirtschaftliche Flächen. Die Flächen wurden nach Ertragspotenzial, Entfernung zum Fernwärmenetz und schutzrechtlichen Auflagen bewertet. Für Hoyerswerda und Spremberg wurde ein vielfältiges Potenzial identifiziert, während für Weißwasser die Verfügbarkeit eingeschränkter ist. Die in der folgenden Abbildung dargestellten Flächen bilden das planerische Maximalpotenzial ab, nicht alle Flächen wurden in der Modellierung weiter in Betracht gezogen. Die Eigentumsverhältnisse wurden nicht berücksichtigt und erfordern eine separate Prüfung.

Abbildung 13 Potenzialflächen Solarthermie

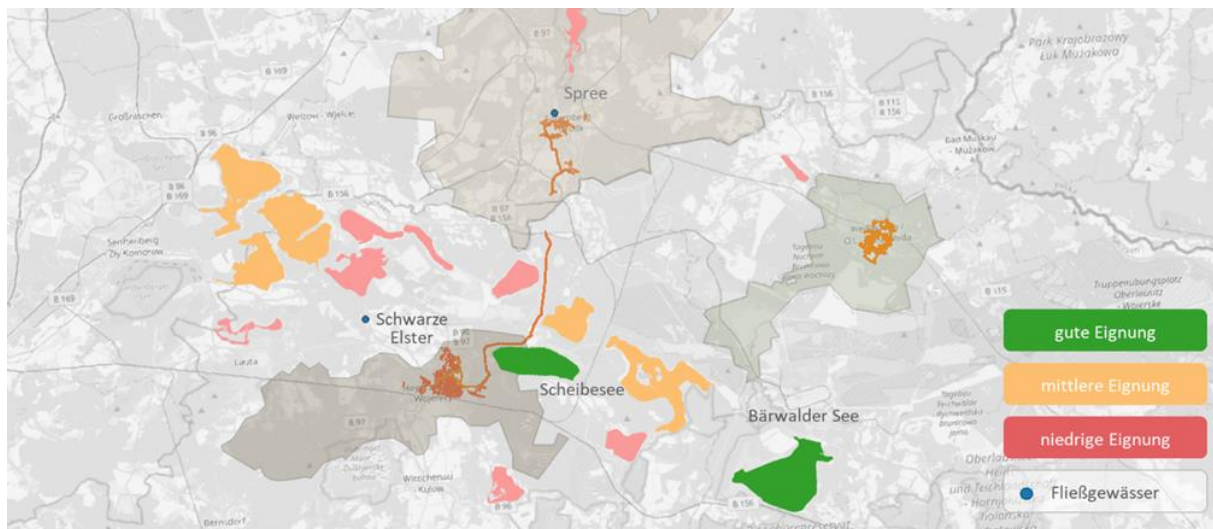


Quelle: Eigene Darstellung

Gewässerthermie

Für die Nutzung der Aquathermie wurden 16 von insgesamt 21 erfassten Oberflächengewässern als geeignet identifiziert. Die Bewertung erfolgte anhand des spezifischen Wärmeentzugs in Bezug auf die Entfernung zum nächsten Fernwärmenetz und der Wasserqualität. Der Scheibensee und der Bärwalder See erwiesen sich als am besten geeignet und wurden für die weitere Modellierung ausgewählt. Die Schwarze Elster wurde aufgrund eines geringen Entzugspotenzials nicht berücksichtigt, während die Spree aufgrund des sinkenden Wasserstands nicht weiter betrachtet wurde. Der Scheibensee bietet attraktives Potenzial für das Wärmenetz in Hoyerswerda, während die Nutzung des Bärwalder Sees wirtschaftliche Überlegungen erfordert. Eine Genehmigungsfähigkeit der Nutzung ist prinzipiell gegeben, bedarf im Falle der Aquathermie jedoch immer einer Einzelfallprüfung pro Anlage und Gewässer.

Abbildung 14 Mögliche Oberflächengewässer zur Nutzung für Aquathermie inkl. Eignung



Quelle: Eigene Darstellung

Abwärme

Bei der Ermittlung des Abwärmepotenzials konnten Daten nur von zwei Unternehmen im Industriepark »Schwarze Pumpe« bereitgestellt werden. Die Nutzung der dezentralen Abwärme aus Prozessen gestaltet sich als sehr komplex, jedoch besteht das Potenzial aus der Abwärmenutzung aus Dampfprozessen und dem vorhandenen Industriekraftwerk. Für die Mengenabschätzung standen nur rudimentäre Daten zur Verfügung, weshalb eine sehr konservative Schätzung vorgenommen wurde.

Die weitere Detaillierung in Zusammenarbeit mit den Unternehmen kann hier noch höhere Potenziale abbilden. Weitere Unternehmen wurden angefragt und das Abwärmepotenzial geprüft, jedoch war aufgrund der mangelnden Auskunft keine Aussage zu weiteren Nutzungsmöglichkeiten möglich.

Die ASG Spremberg betreibt drei Abwasserbehandlungsanlagen mit relativ konstanten Volumenströmen und höheren Ablauftemperaturen. Eine Wärmenutzung erfordert weitere Untersuchungen, und die Verfügbarkeit hängt von der Produktion der einspeisenden Unternehmen ab. Für die kommunalen Kläranlagen ergab sich nur ein geringes Abwärmepotenzial, das wirtschaftlich wenig sinnvoll ist. Daher liegt der Fokus auf der Abwasserbehandlung im Industriepark »Schwarze Pumpe«.

Als dritte quantifizierbare Abwärmequelle stand die thermische Abfallbehandlungsanlage Lauta als Potenzial im Raum, welche in Nähe zum Wärmenetz Hoyerswerda besonders für dieses infrage kommt und Wärme auch auf hohem Temperaturniveau bereitstellen könnte. Daten zu Mengen und Parametern konnten vom Betreiber bereitgestellt werden.

Biomasse

Für die Bewertung des Biomassepotenzials in den Landkreisen Spree-Neiße, Bautzen und Görlitz wurden Daten des Bioökonomieatlas des DBFZ verwendet. Das verfügbare Potenzial wurde für Waldrestholz, sonstige Industrieresthölzer und Altholz ermittelt. Der Saldo aus Aufkommen und Nutzen ergibt das Potenzial in der Region. Aufgrund des Wettbewerbs um Mengen zwischen verschiedenen Großverbrauchern in der Nähe des Lausitzer Reviers ist das theoretische Potenzial für Waldrestholz vorbehaltlos nicht übernehmbar. Es wurde ein theoretisches Potenzial von 619 GWh ermittelt. Die Nutzung und Vergärung von Abfällen wie Biotonne und Gartenabfällen ergibt ein Potenzial von ca. 25 GWh Biogas, jedoch sind logistische Herausforderungen und Zuständigkeiten der Entsorgungsunternehmen hinderlich. Daher wird es in der Modellierung nur begrenzt berücksichtigt.

7 Fernwärmebestand und Netzausbaubereiche

7.1 Methodik

Das wirtschaftlich zu erschließende Potenzial für eine Wärmenetzversorgung wird mit Hilfe des Modells NetHEAT (IREES GmbH, 2021) analysiert. Die Potenzialermittlung basiert dabei auf der Entwicklung des Wärmebedarfs und der daraus resultierenden Wärmedichte. Das Modell ermittelt spezifische Wärmeverteilungskosten anhand der erforderlichen Baukosten der Netze auf Straßenebene sowie der Anschlussleitungen zu den Gebäuden. Im ersten Schritt werden potenzielle Wärmenetzausbaubereiche auf Grundlage von Mindestwärmedichten im Zieljahr 2040 identifiziert. Die Wärmedichten haben einen signifikanten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Wärmenetzbetriebs, da bei niedrigeren Wärmedichten höhere spezifische Verteilungskosten aufgrund höherer Wärmeverluste resultieren. Wie stark der Einfluss der Wärmedichten ist, wird in der Szenarienanalyse quantifiziert, indem die unterschiedlichen Wärmebedarfsszenarien berücksichtigt werden (vgl. Kapitel 5). Im zweiten Schritt werden die notwendige Wärmenetznachverdichtung und Ausbauinvestitionen für die drei Städte berechnet.

Für jede Szenarienberechnung verwendet das Modell räumlich hochaufgelöste Daten zu den Gebäudestandorten, den spezifischen Wärmebedarfen, den Straßenlängen sowie zur Oberflächenbeschaffenheit und Bebauungsdichte. Ziel ist es, spezifische Investitionen des Netzausbaus und resultierende Wärmeverteilungskosten zu ermitteln. Aufbauend auf der Bottom-up-Gebäudeanalyse mit dem Modell „Invert – Effizienzpotenziale“ (vgl. Kapitel 5.1) wird die Veränderung des Wärmebedarfs aufgrund von Sanierungsmaßnahmen und deren Kosten berücksichtigt. Die Eingangsdaten werden auf Hektarebene im Maßstab 100 Meter x 100 Meter als einzelne Rasterdaten umgewandelt. Zentrale Eingangsdaten sind dabei die räumliche Entwicklung des Wärmebedarfs und die daraus resultierenden Wärmedichten, die Gebäudeumrisse und die Straßenzüge. Des Weiteren wird im Modell die Topografie in Form des Versiegelungsgrades eingespeist, um Unterschiede in den Verlegekosten zu berücksichtigen. Die Ergebnisse der Modellierung beinhalten auf Rasterebene die notwendigen Netzlängen, die Wärmebelegungsdichten, die Netzwärmeverluste, die spezifischen Investitionen, die erforderlichen Durchmesser der Rohrleitungen sowie die hydraulischen Parameter, etwa die durchschnittliche Fließgeschwindigkeit und den Massenstrom.

Abbildung 15 NetHEAT Eingabedaten

- 1 **Input: Entwicklung von Wärmebedarf und Wärmedichte**
 - Entwicklung von Wärmedichte bis zum Jahr 2050 in einer 100 x 100 Meter Maßstab
- 2 **Input: Hausumringe**
 - Quantifizierung der Gebäude / Wärmekunden in einem 100 x 100 Meter Maßstab
- 3 **Input: Straßenzüge**
 - Basierend auf Straßen- und Gebäudezugänglichkeit
- 4 **Input: Versiegelungsgrad**
 - Berücksichtigung der spezifischen Versiegelungsgrad im 100 x 100-Meter-Maßstab



Quelle: Eigene Darstellung

Für Hoyerswerda und Weißwasser werden die Wärmenetzpotenziale in zwei Schritten definiert. Im ersten Schritt werden die Nachverdichtungspotenziale im bestehenden Fernwärmenetzgebiet berechnet. Ziel ist es, einen Fernwärmeanteil von 90 % im Fernwärme-Bestandsgebiet zu erreichen. Im zweiten Schritt werden potentielle neue Ausbaugelände identifiziert. Zur Ermittlung der potentiellen Ausbaugelände wird eine Mindestwärmedichte von 15 GWh/km²-a angenommen. Für Spremberg erfolgt die Modellierung aufgrund der Spezifik des Fernwärme-Bestandsgebietes nicht schrittweise, sondern Nachverdichtungs- und Ausbaugelände werden zusammen betrachtet.

7.2 Ergebnisse

Die Möglichkeit, die Fernwärmeverdichtungsgebiete mit dem vorhandenen Bestandsnetz zu versorgen, richtet sich nach dem Sanierungsstand der Gebäude und ist basierend auf der potenziellen Wärmebedarfsentwicklung modelliert. Eine detaillierte Auslegung auf Einzelgebäudeebene im Rahmen einer Entwurfs-/ Ausführungsplanung ist jedoch erforderlich. In dem Vorhaben haben wir auf Hektarebene (100*100 m Maßstab) die zukünftige maximale Heizlast der Gebäude, die vorhandenen Leitungsquerschnitte und die maximale Heizlastversorgungskapazität analysiert. Darauf basierend wurden potentielle hydraulische Engpässe identifiziert.

Trotzdem ist es zwingend notwendig, im Winter eine Temperaturspreizung von bis zu 45 K zu erreichen, damit die Wärme aus den erneuerbaren Anlagen effizient übertragen werden kann und die Leistung nicht hauptsächlich über die Fließraten abgerufen wird. Da das künftige Fernwärmenetz empfindlich auf die Höhe der Vor- und Rücklauftemperatur reagiert, ist eine detaillierte Systemintegration, insbesondere hinsichtlich der Hydraulik und der Regelungsstrategie, erforderlich. Das zukünftige System sollte eine umfassende Regelstrategie bieten, die in der Lage ist, mit anderen Sektoren zu interagieren, den Wärmeenergiebedarf in jedem einzelnen Gebäude vorherzusehen und seine Produktion kontinuierlich zu optimieren und auszugleichen. Weitere Maßnahmen wie z. B. Rezirkulationsstrategie (Bypässe eliminieren), Erhöhung der thermischen Längen sowohl bei Übergabestationen als auch von Heizkörpersystemen usw. sind sehr wahrscheinlich notwendig, um zukünftigen Anforderungen zu entsprechen und niedrigere Temperaturniveaus zu erreichen.

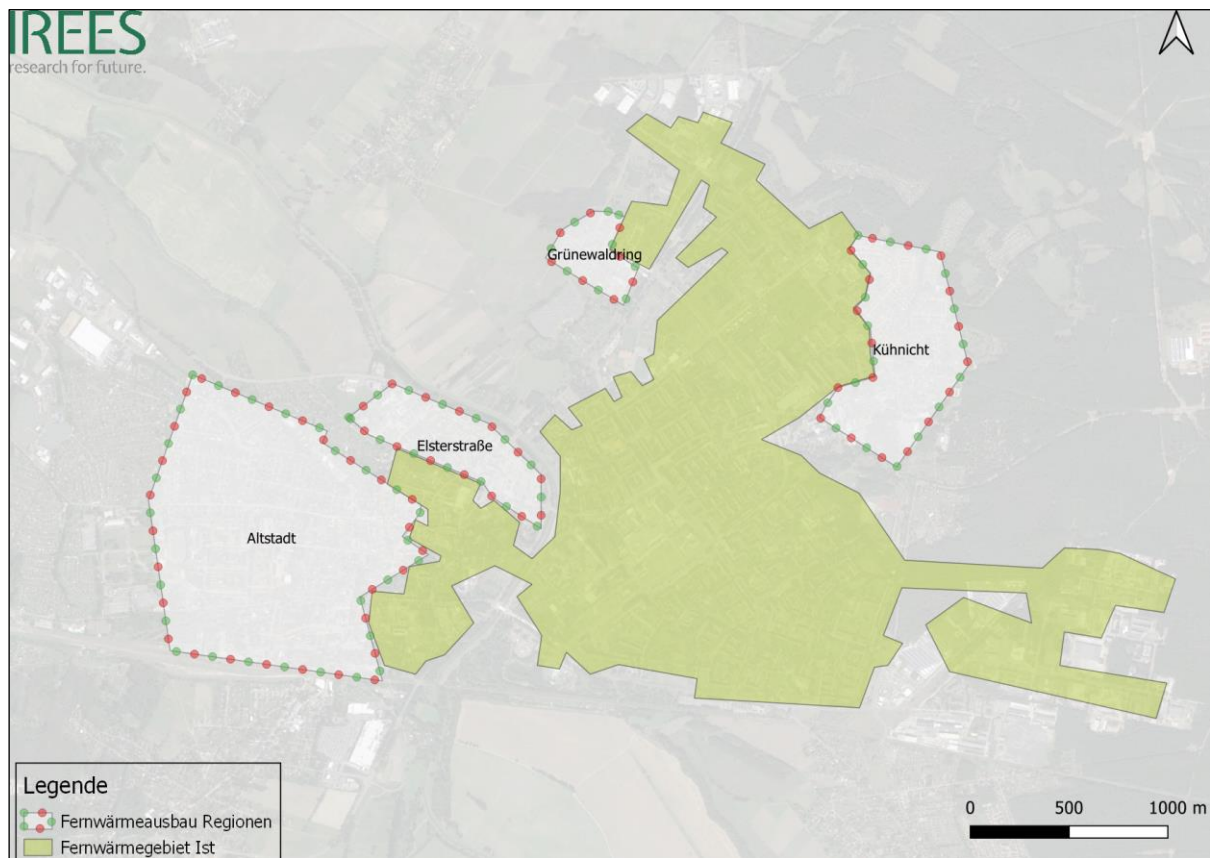
Die Ergebnisse zur Nachverdichtung und Neubau der Wärmenetze basieren auf den in Kapitel 5 modellierten Szenarien zur Wärmebedarfsentwicklung und dem damit verbundenen Rückgang des Wärmebedarfs aufgrund von Sanierungsmaßnahmen. Die Prüfung der Netzkapazitäten bei einer Nachverdichtung basiert somit auf einem insgesamt geringen Wärmebedarf des Gebäudesektors in den Städten als im Ist-Zustand. Inwieweit der Wärmerückgang durch Sanierungsmaßnahmen realisiert wird und Temperaturanforderungen in den Gebäuden reduziert werden, liegt in der Entscheidungshoheit der jeweiligen Gebäudeeigentümer und ist maßgeblich auch vom nationalen Rechts- und Förderrahmen abhängig.

Hoyerswerda

Wie vorangehend beschrieben, ist die Analyse in Hoyerswerda in zwei Schritte aufgeteilt. Zunächst wurde das Nachverdichtungspotenzial im Fernwärme-Bestandsgebiet berechnet und nachfolgend wurden die Ausbaugelände definiert. In Abbildung 16 sind das Fernwärme-Bestandsgebiet und die potentiellen Fernwärmeausbaugelände dargestellt. Im Jahr 2021 lag der Gesamtwärmebedarf im Bestandsgebiet bei ca. 123 GWh/a, wobei nahezu 92 % (ca. 113 GWh/a) durch die Fernwärme gedeckt wurden. Entsprechend ist das Nachverdichtungspotenzial innerhalb dieses Gebiets sehr begrenzt.

Um den Anteil der Fernwärme auf 95 % zu erhöhen, muss ein Zubau von 2,3 km Wärmenetzleitung (Nachverdichtung: Verteilnetz und Hausanschlussleitung) erfolgen. Damit würden zusätzliche 42 Gebäudeanschlüsse mit Fernwärme versorgt. Die dafür notwendigen Investitionen liegen bei ca. 1,0 Mio. Euro.

Abbildung 16 Hoyerswerda Fernwärmegebiet-Ist (grün) und Ausbaugebiet (hellgrau)



Quelle: Eigene Darstellung

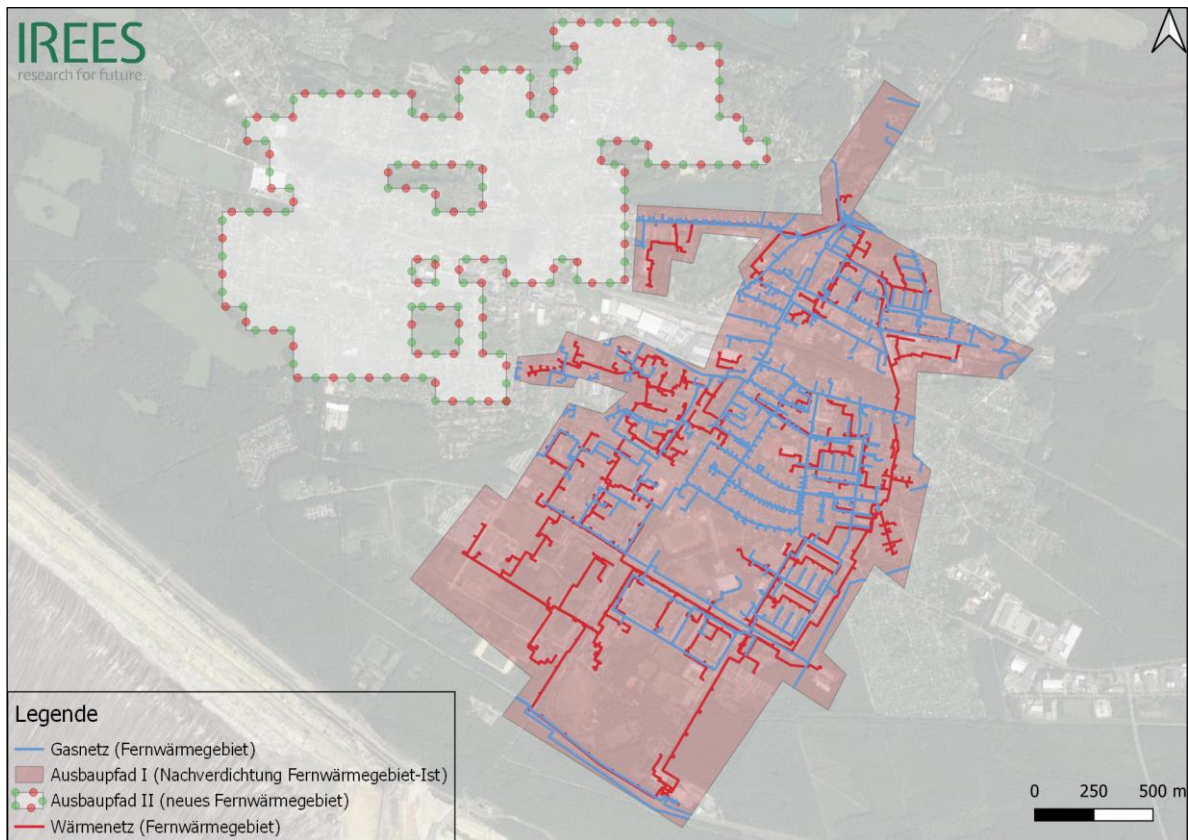
Für die möglichen Fernwärmenetzausbaubereiche wurden drei Szenarien mit unterschiedlichen Zielvorgaben für Fernwärmeanteile zwischen 50 % und 90 % modelliert. Das entspricht einem Gebäude-Anschlussgrad zwischen 30 % und 78 % bis 2040. Dabei wurden zwischen 548 und 1.403 neue Gebäudeanschlüsse ermittelt. Die notwendigen Wärmenetzleitungen (Verteilnetz und Hausanschlussleitung) liegen zwischen 29,1 km und 61,7 km. Die dazugehörigen Investitionen belaufen sich auf Kosten zwischen 9,2 Mio. € und 22,6 Mio. €. Je nach Wärmebedarfsentwicklungs- und Wärmenetzausbauszenario könnten im Jahr 2050 zwischen 47 % und 70 % des gesamten Raumwärme- und Warmwasserbedarfs über die Fernwärme gedeckt werden.

Weißwasser

Identisch zum Vorgehen in Hoyerswerda ist die Analyse in Weißwasser in zwei Schritte aufgeteilt worden. Erstens wurden die Nachverdichtungspotenziale im Fernwärme-Bestandsgebiet berechnet und zweitens wurden die Ausbaubereiche definiert.

In Abbildung 17 sind das Fernwärme-Bestandsgebiet und das potentielle Fernwärmeausbaubereich dargestellt. Im Jahr 2021 liegt der Wärmebedarf im Fernwärme-Bestandsgebiet bei ca. 83 GWh/a, davon werden nahezu 54 % durch die Fernwärme gedeckt. Entsprechend ist das Nachverdichtungspotenzial innerhalb des Fernwärme-Bestandsgebiets deutlich höher als in Hoyerswerda. Um den Gebäude-Anschlussgrad innerhalb des Nachverdichtungsgebiets von ca. 29 % auf 78 % (90 % Fernwärmeanteil) zu erhöhen, sind 33,8 km Wärmenetzleitung (Nachverdichtung: Verteilnetz und Hausanschlussleitung) zu installieren. Auf diese Weise werden zusätzliche 650 Gebäude mit Fernwärme versorgt. Die dafür notwendigen Investitionen liegen bei ca. 15,2 Mio. Euro.

Abbildung 17 Weißwasser Fernwärme-Bestandsgebiet (rot) und Ausbauggebiet (hellgrau)



Quelle: Eigene Darstellung

Für die potenziellen Netzausbauggebiete wurden drei Szenarien mit unterschiedlichen Fernwärmeanteilszielen zwischen 50 % und 90 % modelliert. Das entspricht einem Gebäude-Anschlussgrad zwischen 30 % und 78 % bis 2040. Dabei wurden zwischen 319 und 810 neue Netzanschlüsse (Gebäude) berechnet. Die Länge der notwendigen Wärmenetzleitungen (Verteilnetz und Hausanschlussleitung) liegt zwischen 16,4 km und 31,8 km. Die dafür erforderlichen Investitionen liegen zwischen 7,2 Mio. € und 16,6 Mio. €. Je nach Wärmebedarfsentwicklungs- und Wärmenetzausbauszenario deckt die Fernwärme im Jahr 2050 zwischen 30 % und 75 % des gesamten Raumwärme- und Warmwasserbedarfs in Weißwasser.

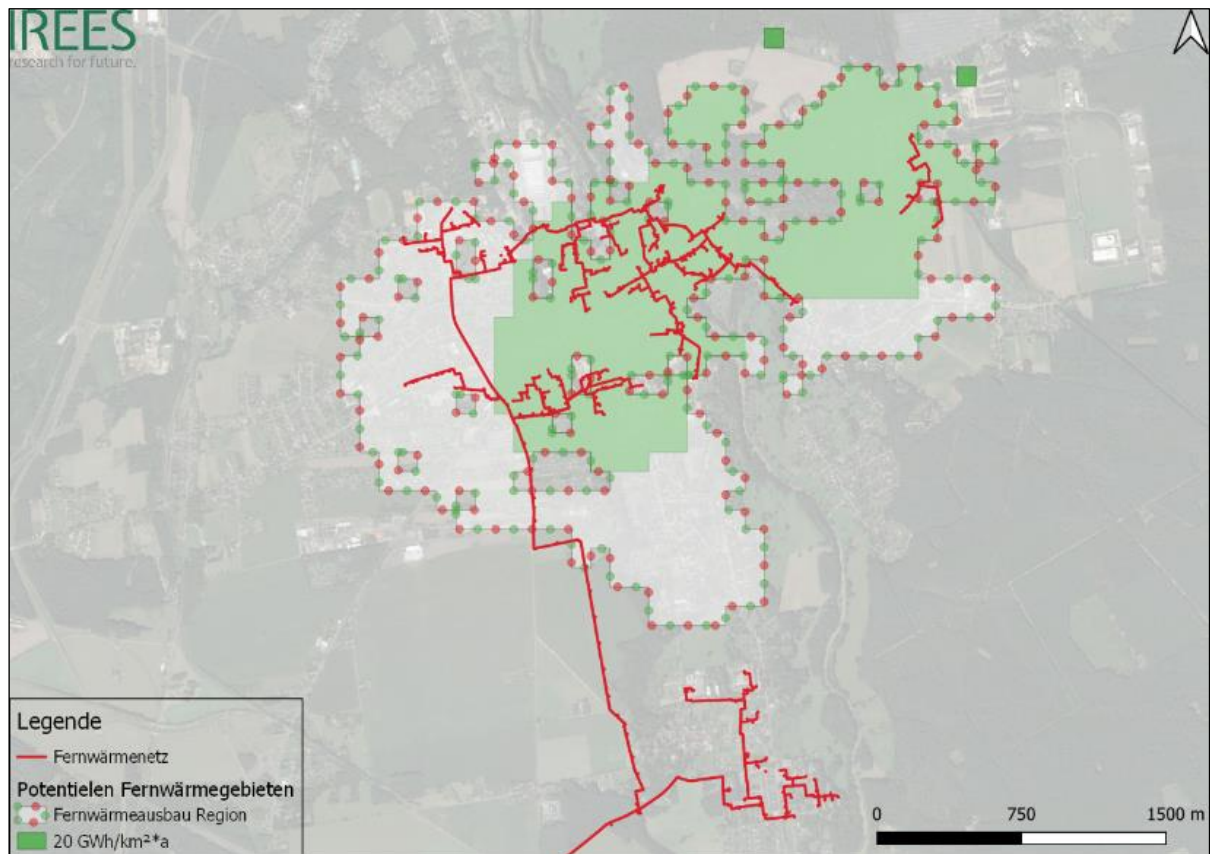
Zu beachten ist, dass die Nachverdichtung des Wärmenetzes aufgrund des Rückgang des Wärmebedarfs bis 2040 / 2045 relevant wird. Mit der hier vorgeschlagenen Nachverdichtung soll der Wegfall des Wärmebedarfs substituiert werden. Sofern der Wärmebedarf und die Temperaturanforderungen der Gebäude nicht reduziert werden, ist das Nachverdichtungspotenzial mit den derzeitigen Netzkapazitäten nicht umzusetzen. Inwieweit Investitionsentscheidungen in Sanierungsmaßnahmen in den Gebäuden durchgeführt werden, kann durch die Stadtwerke nicht direkt beeinflusst werden. Für die Umsetzung ist daher eine Koordination zwischen Kunden (Gebäudeeigentümern) und Stadtwerken notwendig.

Spremberg

Aufgrund der bestehenden Fernwärmeinfrastruktur, die über das gesamte Stadtgebiet von Spremberg verteilt ist, war die Festlegung eines Fernwärme Bestandsgebiets nicht zielführend. Infolgedessen wurde ein Fernwärmeausbauggebiet mit einer Mindestwärmedichte von 15 und 20 GWh/km²/a für das Jahr 2050 identifiziert. In Abbildung 18 sind die potenziellen Ausbau- und Nachverdichtungsgebiete dargestellt. Im Jahr 2021 lag der Wärmebedarf in dem Fernwärmeausbauggebiet bei ca. 98,8 GWh/a, davon sind fast 34 % (ca. 33,6 GWh/a) mit Fernwärme versorgt. Der derzeitige Fernwärmeanschlussgrad liegt bei ca. 17 %. Um den Gebäude-Anschlussgrad auf 38 % (50 % Fernwärmeanteil) zu

erhöhen, ist die Neuinstallation von 19,2 km Wärmenetzleitung (Nachverdichtung: Verteilnetz und Hausanschlussleitung) notwendig. Damit werden zusätzliche 375 Gebäude mit Fernwärme versorgt. Die dafür notwendigen Investitionen liegen bei ca. 11,1 Mio. €.

Abbildung 18 Spremberg 20 GWh/km²*a Ausbaubereich (grün) und 15 GWh/km²*a Ausbaubereich (hellgrau)



Für die möglichen Fernwärmenetzausbaubereiche wurden drei Szenarien mit unterschiedlichen Zielen für den Fernwärmeanteil modelliert. Dieser liegt zwischen 50 % und 90 %. Das entspricht einem Gebäude-Anschlussgrad zwischen 38 % und 78 % bis 2040.

Dabei wurden zwischen 375 und 1.400 neue Netzanschlüsse (Gebäude) berechnet. Die Länge der dafür notwendigen Wärmenetzleitungen (Verteilnetz und Hausanschlussleitung) liegt zwischen 19,2 km und 51,0 km, was Investitionen zwischen 11,1 Mio. € und 31,4 Mio. € bedingt. Je nach Wärmebedarfsentwicklungs- und Wärmenetzausbauszenario deckt die Fernwärme im Jahr 2050 zwischen 22 % und 64 % des gesamten Raumwärme- und Warmwasserbedarfs in Spremberg.

8 Wärmeezeugung und -speicherung

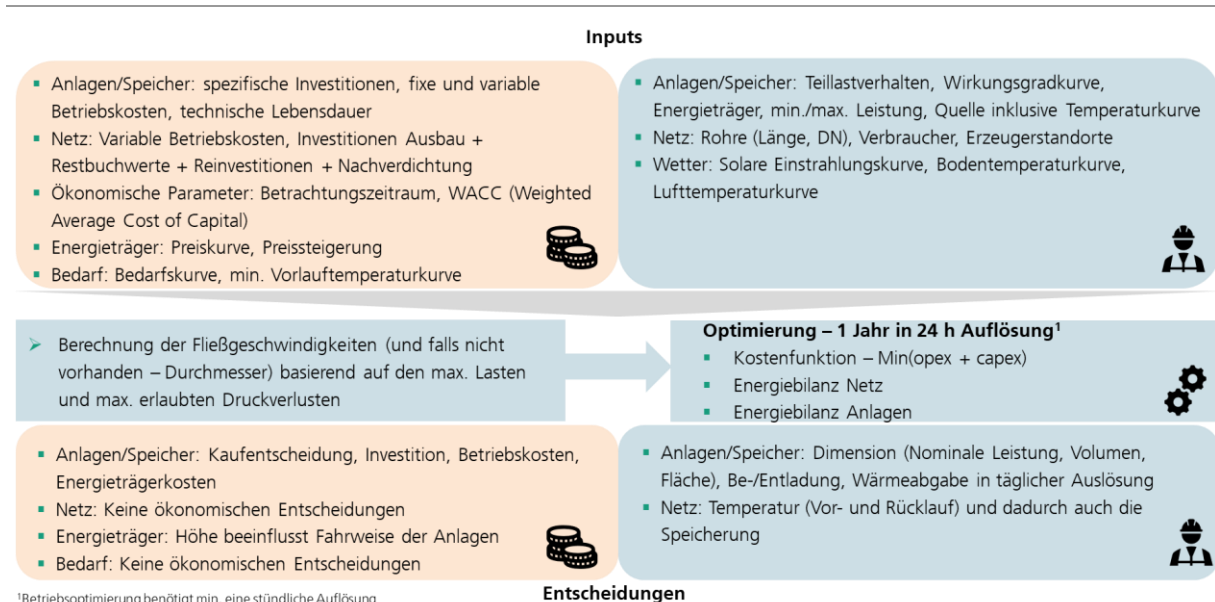
Die Gestaltung einer Wärmeezeugung und -speicherung baut auf die vorangegangenen Ergebnisse auf und verarbeitet diese Informationen, um dann schließlich ein Versorgungskonzept aufzustellen. Zugrunde liegt dabei das errechnete Wärmenetz in seinem Ausbaustand. Der Ausbau wurde auf der Grundlage von Rastern von 100 × 100 m berechnet, und für diese Bereiche wurde ein neues Netz auf der Grundlage des Straßenverlaufs hinterlegt. Die Bedarfe wurden für die nachfolgenden Jahre prognostiziert. Nach dem Einlesen des Netzes inklusive der Bedarfe wurden die ermittelten Potenziale an

den Einspeiseknoten (z.B. Flächenpotenziale) hinterlegt. Potenziale, die bereits aus Gründen der Wirtschaftlichkeit oder der technischen Machbarkeit ausgeschlossen wurden, sind nicht hinterlegt.

8.1 Methodik

Das Modell wählt eine Anlagenkonfiguration auf Basis einer Kostenfunktion aus, dimensioniert und steuert die Anlagen über ein Jahr mit einer zeitlichen Auflösung von 24 h. Wie in Abbildung 19 zu sehen ist, benötigt das Modell zunächst ein Netz bestehend aus Verbraucher-, Verteiler- und Erzeugerknoten. Die Fließrichtungen im Netz werden so vorgegeben, dass jeder Verbraucherknoten erreicht werden kann. Jeder Verbraucher, jedes Rohr und jeder Erzeuger haben eine zeitlich abgeleitete Energiebilanz (stationärer Prozess). Die Energiebilanz der Rohre ist dynamisch, so dass Energie im Netz eingespeichert werden kann. Ein Erzeugerknoten kann aus mehreren Anlagen bestehen. An den Erzeugerknoten werden mögliche Anlagen hinterlegt, basierend auf den ermittelten Potenzialen, z. B. Seethermie-Wärmepumpe. Jede Anlage hat sowohl technische als auch ökonomische Parameter, wie z. B. Wirkungsgradkurve, Energieträger oder variable Betriebskosten. Zusätzliche Eingaben beziehen sich auf die Umwelt, wie Außentemperatur oder Bodentemperatur. Bevor die Berechnung – hier Optimierung – der Gesamtkosten startet, werden die Fließraten im Netz bestimmt.

Abbildung 19 Aufbau der Methodik im Simulations- und Optimierungsmodell



Quelle: Eigene Darstellung

Die Kostenfunktion setzt sich zusammen aus Kapitalkosten, variablen und fixen Betriebskosten und wird auf Basis der technischen Norm VDI 2067 berechnet. Die Kosten werden über einen gegebenen Zeitraum abgeschrieben. Ist die technische Lebensdauer einer Anlage länger als der Abschreibungszeitraum, wird deren Restwert von den Kapitalkosten diskontiert abgezogen. Die Anlagenrestwerte aus dem Jahr 2030 werden der Simulation für das Jahr 2040 als Kapitalkosten übergeben. Ein analoges Vorgehen wurde für das Jahr 2045 durchgeführt. Die Freiheitsgrade der Optimierung sind die Anlagenauswahl, -dimension und -steuerung.

Es können innerhalb der Optimierung keine infrastrukturellen Entscheidungen getroffen werden. Diese Entscheidungen wurden bereits im Wärmenetzausbau getroffen. Die Division der Gesamtkosten durch die gelieferte Wärmemenge ergibt die Wärmegestehungskosten. Wärmegestehungskosten beschreiben die Kosten, die bei der Gewinnung, Wandlung und Verteilung von Wärme entstehen. Die hier genannten Kosten sind abhängig von den Annahmen aus dem Lösungsraum. Es handelt sich hierbei nicht um den Verkaufspreis an den Kunden, da hier weitere Bestandteile hinzukommen, wie beispielsweise Vertrieb, Verwaltung, etc. Das Projekt hat den Fokus eines volkswirtschaftlichen Nutzens, daher werden diese betriebswirtschaftlich getriebenen Kosten, welche bei jedem Versorger unterschiedlich sein können, nicht in der Modellierung berücksichtigt.

8.2 Ergebnisse

Hoyerswerda

Für Hoyerswerda wird in einem Szenario mit ausgebautem Netzzustand ein Erdbeckenspeicher mit 207.040 m³ in Kombination mit einem 106.537 m² Solarthermiefeld dimensioniert. Zusätzlich wird eine 4,26 MW Luft-Wasser-Wärmepumpe eingesetzt. Die Wärmepumpe ist nicht an die Saisonalität gebunden und kann flexibler eingesetzt werden. Sehr hohe Temperaturniveaus (> 90 °C) werden aber auch bis 2030 nur durch deutlich höhere Betriebskosten erreichbar sein, daher ist es für eine erneuerbare Versorgung unabdingbar, dass die Vorlauftemperaturen gesenkt werden. Zusätzlich ist die Spreizung zwischen Vor- und Rücklauftemperatur zu maximieren. Eine Seethermie-Wärmepumpe wird mit 20 MW dimensioniert, die Wärme aus dem Scheibensee auskoppelt. Für dieses Versorgungssystem wird eine Gesamtfläche für Erzeugungsanlagen und Speicher von 340.332 m² benötigt. Durch die Einbindung von industrieller Abwärme aus TA Lauta könnte diese Fläche um 45 % reduziert werden. Aufgrund der Entfernung zur TA Lauta würden sich die spezifischen Wärmegestehungskosten um ca. 1,5 ct/kWh erhöhen. Die Erweiterung des Energiemixes auf eine zusätzliche industrielle Abwärmequelle erhöht jedoch die Redundanz des Systems.

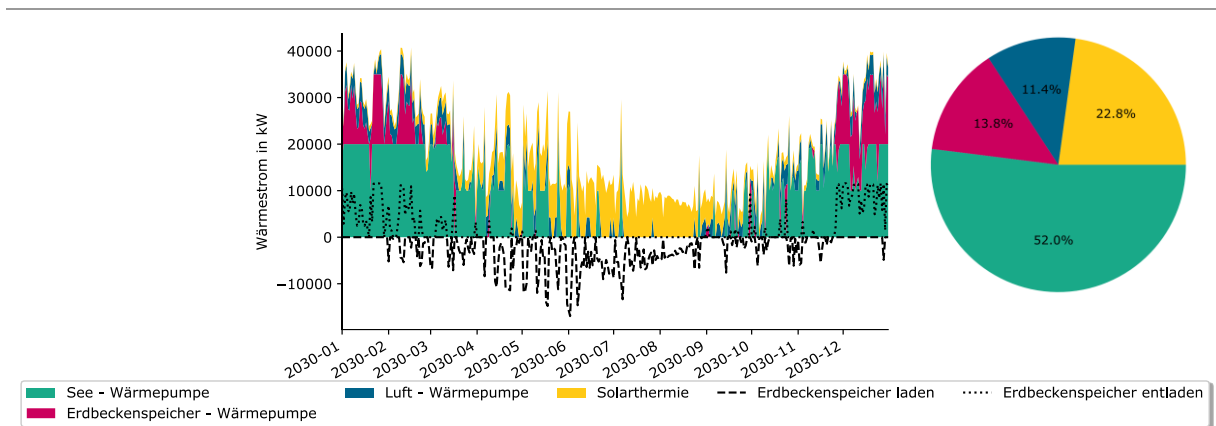
Abbildung 20 Ausbauzustand des Wärmenetzes in Hoyerswerda mit seinen Einspeisepunkten im Wärmenetz (rot markiert)



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 21 zeigt den Einsatzplan der Erzeuger und den Jahresenergiemix. Den Großteil der Wärmeversorgung stellt eine Seethermie-Wärmepumpe dar. Der Erdbeckenspeicher speichert die Solarthermie im Sommer und entlädt die Energie im Winter. Wenn die Speichertemperatur für eine direkte Einspeisung nicht ausreicht, wird die Temperatur des Fluids durch eine Wärmepumpe (rot markiert) zusätzlich angehoben. Im Sommer wird der Großteil der Wärme durch die Direkteinspeisung der Solarthermie gesichert. Die Wärmegestehungskosten schwanken zwischen 9 und 11 ct/kWh ohne Förderung. Für diese netzgebundene Versorgung sind große Flächenverfügbarkeiten notwendig. Bei einer Nichtverfügbarkeit kann mit einer Kostenerhöhung von min. 20 % gerechnet werden. Alternativtechnologien wären Boiler befeuert durch Biomasse oder KWK-Anlagen mit Biogas. Bei beiden Brennstoffen ist mit einer deutlichen Erhöhung in den nächsten Jahren zu rechnen (siehe Abbildung 4).

Abbildung 21 Auf der linken Seite ist der Einsatzplan und auf der rechten Seite der Jahresmix der Erzeugertechnologien für Hoyerswerda im prognostizierten Jahr 2030

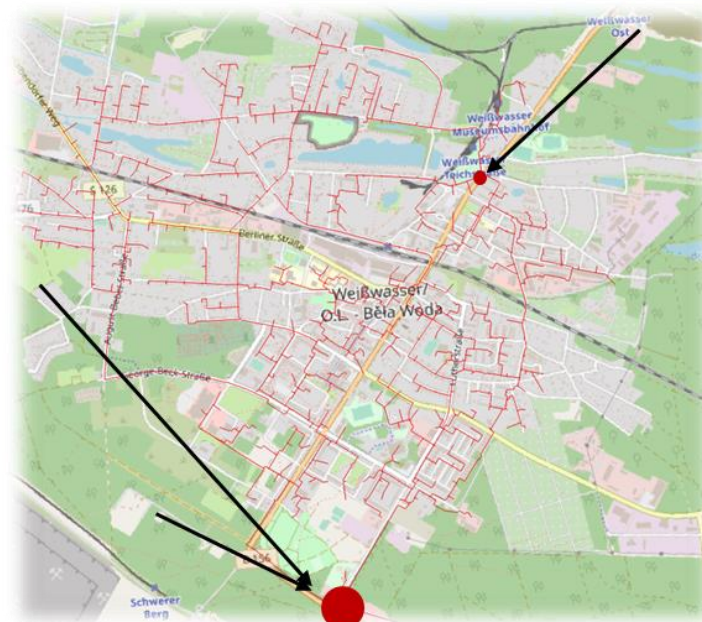


Quelle: Eigene Darstellung

Weißwasser

Der für Weißwasser ermittelte Energiemix ist ähnlich zu dem in Hoyerswerda. In Weißwasser gibt es relativ geringe erneuerbare Erzeugungspotenziale (Seethermie, Geothermie, Flächenpotenziale), daher besteht der Energiemix zusätzlich aus Luft-Wasser-Wärmepumpen mit einer Gesamtleistung von 9 MW. Es werden insgesamt vier Standorte genutzt, von denen zwei im Südwesten in Stadtnähe liegen.

Abbildung 22 Ausbauzustand des Wärmenetzes in Weißwasser mit seinen Einspeisungspunkten im Wärmenetz (rot markiert)

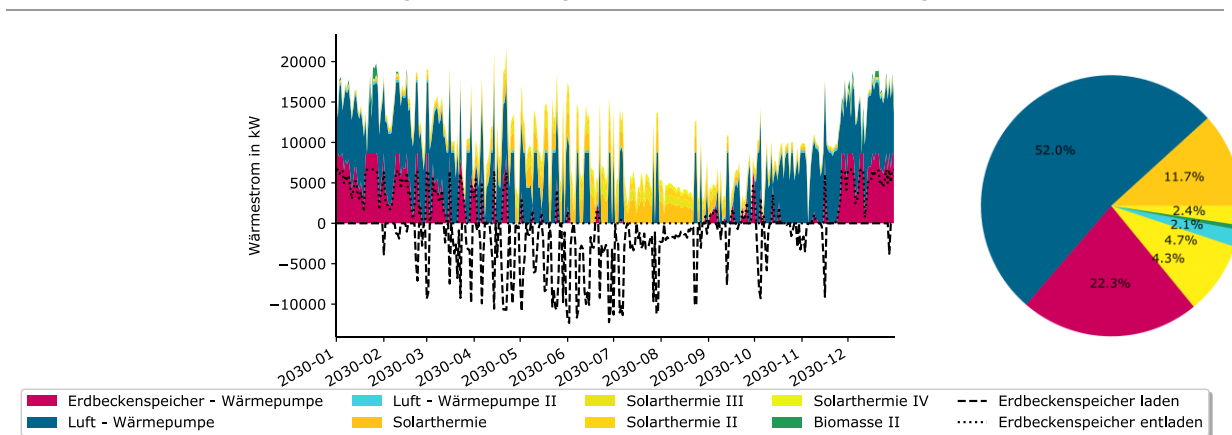


Quelle: Eigene Darstellung

An diesen Standorten werden zwei Solarthermianlagen dimensioniert mit insgesamt 17.140 m². Am Hauptversorgungsstandort im Südosten (außerhalb der Karte) wird ein Erdbeckenspeicher mit 158.974 m³ dimensioniert. Der Speicher wird über ein Solarthermiefeld der Fläche 30.000 m² und einer Luft-Wasser-Wärmepumpe beladen. Eine Wärmepumpe mit 8,69 MW entlädt den Speicher im Winter. An dem Standort im Nordosten der Stadt wird ein Solarthermiefeld mit 12.000 m², eine Luft-Wasser-Wärmepumpe mit 0,3 MW, ein Biomasse-Boiler mit 1,41 MW und ein Pufferspeicher mit

47 m³ installiert (siehe Abbildung 23). Für die Anlagen wäre eine Fläche von 193.747 m² notwendig. Die Wärmegegestehungskosten schwanken zwischen 11 und 14 ct/kWh ohne Förderung. Für diese netzgebundene Versorgung sind große Flächenverfügbarkeiten notwendig. Bei einer Nichtverfügbarkeit kann mit einer Kostenerhöhung von über 40 % gerechnet werden. Die Ersatztechnologien wären ein Mix aus Biomasse-Boilern und Luft-Wasser-Wärmepumpen. Sehr hohe Temperaturniveaus (> 90 °C) werden bis 2030 nur durch deutlich höhere Betriebskosten erreichbar sein, daher ist es für eine erneuerbare Versorgung unabdingbar, dass die Vorlauftemperaturen gesenkt werden. Zusätzlich ist die Spreizung zwischen Vor- und Rücklauftemperatur zu maximieren.

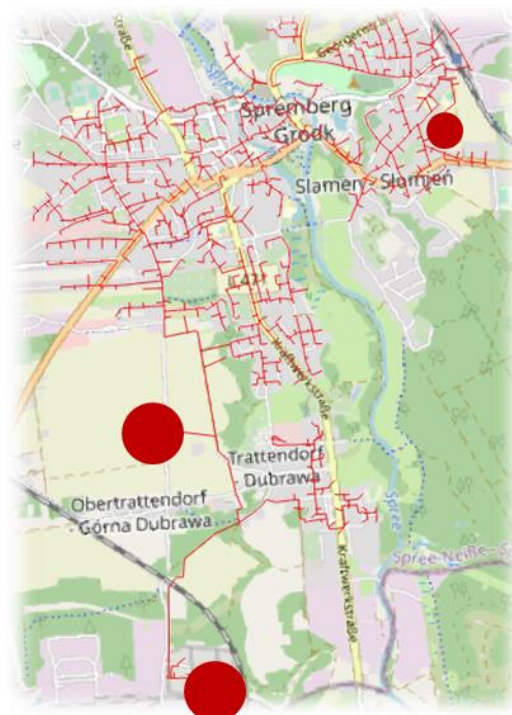
Abbildung 23 Auf der linken Seite ist der Einsatzplan und auf der rechten Seite der Jahresmix der Erzeugertechnologien für Weißwasser im prognostizierten Jahr 2030



Quelle: Eigene Darstellung

Spremberg

Abbildung 24 Ausbauzustand des Wärmenetzes in Spremberg mit seinen Einspeisepunkten im Wärmenetz (rot markiert)

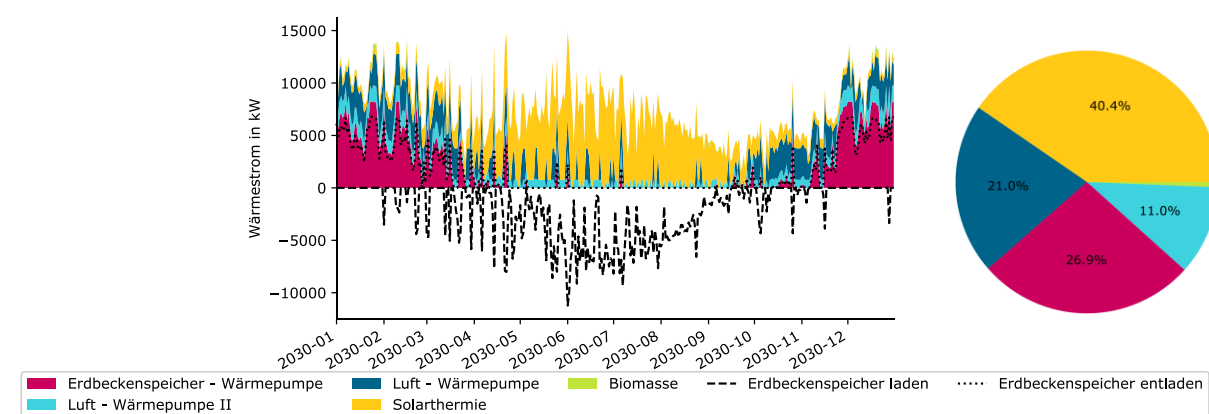


Quelle: Eigene Darstellung

Der Energiemix in Spremberg für das Ausbau-Szenario basiert stark auf Solarthermie (76.861 m²) in Kombination mit einem Erdbeckenspeicher (186.115 m³). Der gesamte Platzbedarf liegt bei diesem Konzept bei 246.559 m². Zusätzlich zu dem Solarthermiefeld wird der Speicher durch eine Luft-Wasser-Wärmepumpe mit einer thermischen Nennleistung von 3 MW beladen.

Die Beladung des Speichers durch die Solarthermie findet vor allem in den Sommermonaten statt. Am Standort im Nordosten der Stadt werden eine Wärmepumpe mit 1,54 MW, ein Biomasse-Boiler mit 0,46 MW und ein Pufferspeicher mit 100 m³ installiert. Eine weitere Quelle wäre die Auskoppelung von Wärme aus der Kläranlage am Standort »Schwarze Pumpe« über eine Wärmepumpe. Die Optimierung hat dies aufgrund von Annahmen für den Gewinn des Kläranlagenbetreibers ausgeschlossen. Sollte dieser Gewinn unter 2 ct/kWh liegen, ist eine wirtschaftliche Einbindung gegeben. Aufgrund des höheren Temperaturniveaus aus der Kläranlage im Vergleich zur Außenluft hätte die Einbindung auch technische Vorteile. Sehr hohe Temperaturniveaus (> 90 °C) werden jedoch bis 2030 nur durch deutlich höhere Betriebskosten erreichbar sein, daher ist es für eine erneuerbare Versorgung unabdingbar, dass die Vorlauftemperaturen gesenkt werden. Zusätzlich ist die Spreizung zwischen Vor- und Rücklauftemperatur zu maximieren. Das Wärmenetz im nordöstlichen Teil Sprembergs ist aktuell nicht mit dem Hauptnetz verbunden. Durch den Ausbau des Wärmenetzes wären beide Teilnetze miteinander verbunden. Die Wärmegestehungskosten schwanken zwischen 9 und 13 ct/kWh ohne Förderung.

Abbildung 25 Auf der linken Seite ist der Einsatzplan und auf der rechten Seite der Jahresmix der Erzeugertechnologien für Spremberg im prognostizierten Jahr 2030



Quelle: Eigene Darstellung

8.3 Fazit und Diskussion

Die Transformationsstudie hat gezeigt, wie eine dekarbonisierte Wärmeversorgung in der Lausitz aussehen kann. In dem zu untersuchenden Gebiet gibt es zwei vorherrschende Probleme, die in der Studie zu lösen waren. Zum einen nehmen die Wärmebedarfe ab aufgrund von demografischem Wandel und der Sanierung der Gebäude und zum anderen sind die Potenziale für Geothermie relativ gering. Damit in den Gebieten zukünftig eine nachhaltige Wärmeversorgung gewährleistet werden kann, wird der Ausbau der Fernwärmenetze dringend empfohlen, mit einem Anteil von 70 % in der Wärmeversorgung.

Die Wärmebereitstellung erfolgt maßgeblich über Wärmepumpen und Solarthermie. Die Solarthermie wird im Sommer über Erdbeckenspeicher saisonal beladen und im Winter werden die Speicher entladen. Erdbeckenspeicher werden in Dänemark bereits seit einem Jahrzehnt eingesetzt und sind somit eine erprobte Technologie (Xiang et al. 2022). In der Regel ergibt sich ein Verhältnis von 2-3 m³/m² Speichervolumen zu Solarthermiefäche. Diese Dimensionen führen zu hohen Platzbedarfen. Bei eingeschränkter Verfügbarkeit ist es möglich, Solarthermie durch Luft-Wasser-Wärmepumpen zu substituieren. Jedoch zeigt der Trend, dass bei geringer Verfügbarkeit die Wärmegestehungskosten steigen. Des Weiteren werden bei geringer Verfügbarkeit von Fläche die Speicherkapazitäten begrenzt, wodurch die Resilienz des Versorgungssystems sinkt. Aufgrund dessen sollten die Versorger politisch unterstützt werden bei der Beschaffung der notwendigen Flächen. Der Einsatz von Biomasse würde

im Vergleich augenscheinlich zu reduzierten Flächen führen. Wenn jedoch die Abholzung des Waldbestandes mitbetrachtet wird, ergeben sich Waldflächen für die Versorgung in Hoyerswerda (~ 120 GWh), die ca. 135-mal so groß sind, wie die Flächen für die hier vorgestellten Versorgungskonzepte (Höbarth et al. 2016).

Unabhängig von der Versorgung ist es zwingend notwendig, die Netztemperaturen langfristig zu senken, indem die Gebäude saniert werden. Durch die Senkung der Vorlauftemperaturen – auf min. unter 90 °C – ergeben sich zum einen geringere Verluste und zum anderen bessere Wirkungsgrade der Erzeugungsanlagen. Des Weiteren muss die Spreizung zwischen Vor- und Rücklauftemperatur maximiert werden, damit die Wärme optimal übertragen werden kann und die Fließraten innerhalb der hydraulischen Grenzen bleiben. Wenn kundenseitig keine Maßnahmen getroffen werden (Sanierung, etc.), wird die Transformation scheitern oder die Versorgung nur zu wesentlich höheren Kosten bereitgestellt werden können, als in dieser Studie berechnet. Eine weitere Möglichkeit wäre es, unsanierte Gebäude mit zusätzlichen Anlagen auszustatten und diese unsanierten Gebäude mit den dementsprechend höheren Kosten für die Wärmeabgabe abzurechnen.

Eine Versorgungsalternative wären dezentrale Wärmepumpen in den Gebäuden. Für dezentrale Wärmepumpen ergeben sich in dem Versorgungsgebiet Wärmeabgabekosten zwischen 15 und 50 ct/kWh ohne Förderung.

Die große Spannweite ist über den Sanierungszustand der Gebäude zu begründen. In der Fernwärme hingegen ergeben sich Wärmeabgabekosten zwischen 9 und 14 ct/kWh ohne Förderung. Die obere Grenze der Fernwärme liegt nahe der unteren Grenze für eine dezentrale Versorgung – 1 ct/kWh Differenz. Es handelt sich jedoch bei den 15 ct/kWh für die dezentrale Versorgung um stark sanierte Gebäude (Vorlauftemperatur < 70 °C). In dieser Studie wird von maximalen Vorlauftemperaturen von 90 °C ausgegangen. Wenn die Vorlauftemperaturen auf 70 °C gesenkt werden, ist mit niedrigeren Wärmeabgabekosten zu rechnen. Außerdem werden die Wärmebedarfe zukünftig aufgrund von wärmeren Temperaturen und der Sanierung sinken, daher wird der Wärmebedarf pro Kopf sinken. Deshalb ist das aktuelle Preisgefüge nicht unmittelbar vergleichbar über spezifische Kennwerte – [ct/kWh]. Die Studie zeigt, dass die Versorgung über die Fernwärme auch zukünftig konkurrenzfähig gegenüber dezentralen Lösungen sein wird. Um eine nachhaltige und bezahlbare Wärmeversorgung in der Region zu gewährleisten, ist die politische Unterstützung vor allem in Bezug auf die Flächenbeschaffung von hoher Priorität.

9 Entwicklung eines Umsetzungsprogramms

9.1 Organisationsstruktur

Im Rahmen der Studie wurden verschiedene Kooperationsformen für die beteiligten Stadtwerke betrachtet und bewertet. Dabei wurden sechs Kategorien abgestuft nach der Tiefe der Zusammenarbeit identifiziert:

- keine Kooperation,
- informelle Kooperation,
- Dienstleistungsbeziehung,
- vertragliche Kooperation,
- Gemeinschaftsunternehmen und
- Fusion.

Jede Kooperationsform bietet Vor- und Nachteile, die abgewogen werden müssen. Eine Fusion wird ausgeschlossen, da sie einen langwierigen und unsicheren Prozess darstellt und nicht gewünscht ist. Stattdessen wird eine Zusammenarbeit bei der Energiebeschaffung in der Übergangsphase empfohlen. Für die künftige Wärmeversorgung wird eine Gemeinschaftsunternehmung mit den beteiligten Stadtwerken als Gesellschafter empfohlen. Dies ermöglicht Synergien bei der Fördermittelbeschaffung, der Finanzierung und dem Betrieb von Anlagen. Eine Beteiligung von Dritten kann ebenfalls geprüft

werden. Bei der Wärmeverteilung wird empfohlen, den Bestandsnetzbetrieb eigenständig fortzusetzen, während beim Netzausbau und der Nachverdichtung Kooperationen in der Planung und Errichtung sinnvoll sind. Dies kann in Form einer Dienstleistungsbeziehung oder vertraglichen Kooperation erfolgen. Auch ein Gemeinschaftsunternehmen ist denkbar.

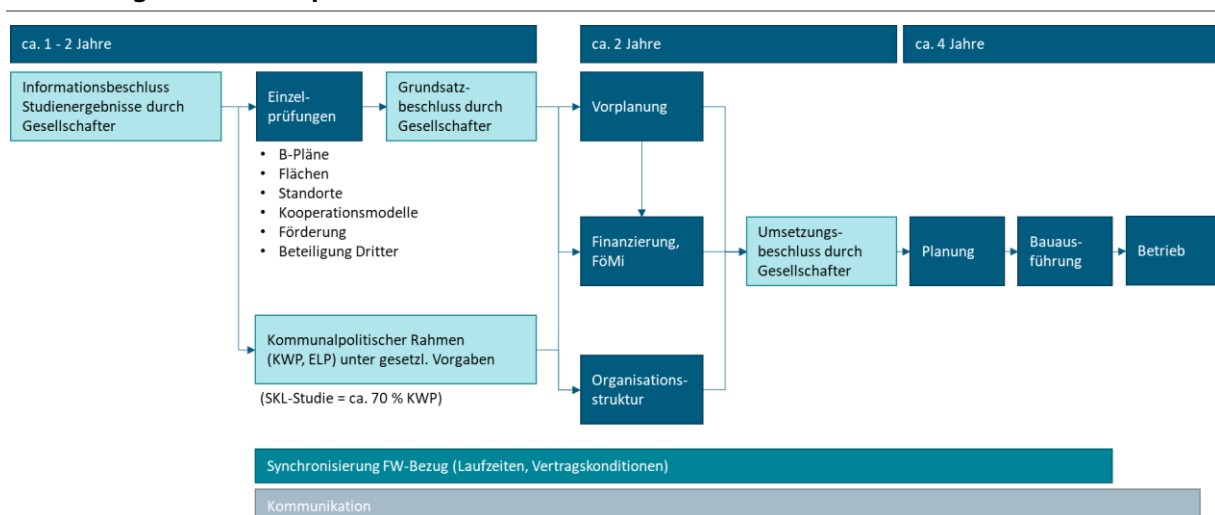
Die genaue Ausgestaltung der Kooperationen sollte im Rahmen einer PESTEL-Analyse und in Abstimmung mit den Stakeholdern erfolgen. Insgesamt bietet eine kooperative Zusammenarbeit der Stadtwerke Größenvorteile, Wissensaustausch und eine stärkere Marktposition.

9.2 Ablaufplan

Der vorgeschlagene Ablaufplan für die Umsetzung der Zielsysteme lässt sich vereinfacht in drei Phasen unterteilen. Die erste Phase, mit einer Dauer von ein bis zwei Jahren, hat als wesentliche Aufgaben die Detaillierung und Einzelprüfung der aus der Machbarkeitsstudie ermittelten Versorgungssysteme. Dazu gehört die Prüfung und Beschaffung von konkreten Flächen aus dem Pool der dargelegten Potenzialflächen und deren ordnungsrechtliche Vorbereitung auf kommunaler Ebene (z. B. mittels B-Plan-Verfahren). Weitere Grundlagen zur technischen Ausführung sind zu tätigen, als auch die Vorbereitung der Organisationsstruktur bzw. von Kooperationsmodellen und der Finanzierung durch Fördermittel. Parallel sollte auf Seiten der Kommunen ein Rahmen für die Stadtwerke aufgebaut werden, beispielsweise durch eine kommunale Wärmeplanung, um die Umsetzung in der Gemeinde strategisch zu verankern. Final steht der Grundsatzbeschluss der Gesellschafter zur Festlegung einer Versorgungsvariante und der Freigabe weiterer Planungsschritte.

Diese schließen sich direkt an und beinhalten die technische Vor- und Entwurfsplanung der Varianten als auch ein Finanzierungskonzept durch die Stadtwerke, deren Gesellschafter und die Nutzung von Fördermitteln, also auch die konkrete Beantragung dieser und die Vorbereitung von Anträgen. Ebenso ist eine Organisationsstruktur zur Errichtung von Anlagen und dem Netzausbau aufzubauen und gesellschaftsrechtlich vorzubereiten. Hierzu gehört auch die Allokation der entsprechenden Ressourcen, z. B. durch eine langfristige Personalplanung und den Aufbau eines geeigneten Lieferantennetzwerks. Mit dem letztendlichen Umsetzungsbeschluss durch die Gesellschafter auf Basis der technischen Planung, dem Finanzierungskonzept mit verbindlichen Finanzierungszusagen und der etablierten Struktur wird die Umsetzung der Versorgungsinfrastruktur verbindlich.

Abbildung 26 Ablaufplan



Quelle: Eigene Darstellung

Mit dem Beschluss können die Stadtwerke mit der eigentlichen Umsetzung beginnen, also der Ausführungsplanung, der Einholung von Genehmigungen und der Errichtung der Infrastruktur bis zur Inbetriebnahme sowie der Optimierung des Netzbetriebs zur Einbindung der Potenziale bei maximaler Effizienz. Mit Inbetriebnahme und Probetrieb kann der Übergang in den Regelbetrieb erfolgen, was die Transformation final abschließt.

Parallel zu den genannten Umsetzungsphasen ist der Fernwärmebezug aus der bestehenden Versorgung technisch und vertraglich sicherzustellen, um die Versorgungssicherheit lückenlos zu garantieren. Die Kommunikation begleitet die Umsetzung dauerhaft und ist Grundlage für die Akzeptanz der Transformation und den Abbau von Hemmnissen bei allen beteiligten Akteuren, etwa Behörden, der Wohnungswirtschaft, der Öffentlichkeit und letztendlich auch den Endabnehmern.

Aufgrund der Unsicherheiten, die sich mit Bezug auf die zeitliche Entwicklung des Wärmebedarfs bzw. der kundenseitigen Sanierungsaktivitäten ergeben, ist insbesondere in Weißwasser ein erster Fokus auf den Aufbau der erneuerbaren Erzeugung zu legen, bevor die Nachverdichtung des Netzes angegangen werden kann. Durch den Aufbau der Erzeugung im ersten Schritt werden zusätzliche Kapazitäten geschaffen. Durch die sukzessive Sanierung auf Seiten der Kunden ergeben sich dann Möglichkeiten der Nachverdichtung bzw. des Ausbaus. Hierbei ist eine Koordination und Kommunikation mit den Gebäudeeigentümern notwendig, die insbesondere auch im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung erfolgen sollte. Optimalerweise ergeben sich dadurch quartiersweise auch planerische Sicherheiten für die Stadtwerke in Abstimmung geplanter Sanierungsaktivitäten, auf die selber kein Einfluss genommen werden kann.

9.3 Finanzierung und Flächenbeschaffung

Die größten Herausforderungen bei der Durchführung der Transformation liegen in der Finanzierung der Investitionen, der Beschaffung von Flächen für die Wärmeerzeugung sowie der Umsetzung der Netzausbaumaßnahmen – dabei sind auch Aspekte wie der erforderliche Straßen- bzw. Tiefbau, die Bereitstellung der (ingenieur-)technischen Ressourcen sowie das Projektmanagement zu nennen. Die Volumina unterscheiden sich je nach Intensität des konkreten Netzausbaus und der letztendlich umgesetzten Wärmeerzeugungsvariante. Zu beachten ist, dass die Reinvestitionen für die Sanierungs- bzw. Erneuerungsmaßnahmen des Bestandsnetzes hier noch nicht berücksichtigt sind.

Tabelle 1 Notwendige Investitionen und Flächenbedarfe der Versorgungsvarianten (Werte gerundet)

Parameter	Hoyerswerda	Weißwasser	Spremberg
Notwendige Investitionen	52 – 71 Mio. €	40 – 57 Mio. €	54 – 56 Mio. €
Platzbedarf	19 – 40 ha	5 – 20 ha	24 – 27 ha
Steigerung Fernwärmeanteil	von 44 % auf 69 %	von 30 % auf 65 %	von 19 % auf 55 %

Tabelle 2 Notwendige Investitionen Netzausbau und Nachverdichtung (Werte gerundet)

Wärmnetzausbau	Hoyerswerda	Weißwasser	Spremberg
Nachverdichtung	1 Mio. €	15 Mio. €	k.A.
Ausbau 50 % Fernwärmeanteil	9 Mio. €	7 Mio. €	11 Mio. €
Ausbau 70 % Fernwärmeanteil	16 Mio. €	12 Mio. €	23 Mio. €
Ausbau 90 % Fernwärmeanteil	23 Mio. €	17 Mio. €	31 Mio. €

Die

Tabelle 2 beinhaltet die Investitionen für die Nachverdichtung und den Wärmenetzausbau mit realen Preisen. Beispielsweise für Hoyerswerda ergeben sich bei Nachverdichtung und 50 % Fernwärmeanteil im Ausbau 10 Mio. €. Die zugrundeliegenden Kostenwerte sind mit dem Baupreisindex des statischen Bundesamtes auf das Jahr 2022 skaliert worden. Zusätzlich ist ein Sicherheitsaufschlag von 20 Prozent auf diese Investitionen berücksichtigt worden. Mit diesem Aufschlag wird die mögliche Steigerung der Baukosten, die sich aus der Entwicklung der Vergangenheit ergibt, gut abgebildet¹.

Für die Finanzierung stehen den Stadtwerken verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, darunter die Nutzung des Betriebsergebnisses aus dem laufenden Geschäft, Eigenkapitalzuschüsse der Gesellschafter, Bankenfinanzierung und die Nutzung von Fördermitteln. Jede Option hat dabei Vor- und Nachteile als auch Folgen für die Stadtwerke und deren Gesellschafter. Insbesondere die Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) bietet Unterstützung in Form von Zuschüssen für Konzeption, Planung und Investitionen. Auch regionale Förderprogramme oder europäische Förderprogramme wie der Just Transition Fund können ergänzend genutzt werden. Die Nutzung des operativen Ergebnisses bedarf zudem gegebenenfalls einer Regelung mit den Gesellschaftern über bestehende Gewinnabführungen im kommunalen Umfeld, damit diese für Investitionen bei den Stadtwerken verbleiben. Zu beachten ist, dass die Förderungen zum Stand der Prüfung bei Veröffentlichung nicht die gesamten Kosten abdecken können und somit erhebliche Aufwände auf die Stadtwerke zukommen dürften. Ein weiteres Problem kann die erforderliche Vorfinanzierung der Planungskosten darstellen.

Bei der Beschaffung von Flächen für die Wärmeerzeugung gibt es eine hohe Konkurrenz und Bindung an andere Nutzungszwecke. Die Akquise von geeigneten Flächen gestaltet sich aufgrund der diversen Eigentümerstruktur und langfristiger Verträge als aufwendig, zudem die Flächen zwingend in der Nähe der Fernwärmenetze liegen sollten, um Effizienzverluste zu minimieren. Dennoch bieten Flächenpachtverträge für eine energetische Nutzung im Vergleich zur landwirtschaftlichen Nutzung eine finanzielle Attraktivität. Die Flächenakquise sollte frühzeitig und systematisch angegangen werden, wobei die Priorisierung anhand von Eignung, Erschließungskosten, Lage und Eigentümerstruktur erfolgt.

9.4 Kommunikation

Das Ziel der Kommunikation des Transformationsplans ist es, den Bekanntheitsgrad und die Akzeptanz für den Weg zur Transformation der Wärmeversorgung zu steigern. Dabei müssen Bedenken und Ängste adressiert, Interessen wahrgenommen und ein Gemeinschaftsgefühl aufgebaut werden. Eine SWOT-Analyse des Transformationsplans zeigt kommunikative Ansätze auf. Zu den Stärken gehören ein detaillierter und umsetzbarer Plan auf wissenschaftlicher Basis sowie eine klimafreundliche und alternative Lösung zur dezentralen Versorgung. Schwächen bestehen in Annahmen und Prognosen sowie den erforderlichen Anschlussquoten und Umsetzungskapazitäten. Die Chancen liegen in Autarkie, Umweltfreundlichkeit und Preisstabilität. Risiken umfassen Belastungen für Bürger, hohe Kosten und unerwartete Marktentwicklungen.

Zielgruppen sind Bürger, Unternehmen (z. B. LEAG, regionale Projektträger wie die Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft), Medien, Politiker (insbesondere Stadträte, aber auch Mitglieder der Verwaltung (örtliche Behörden, Landkreise,...)) und Wohnungsgesellschaften. Eine aktive und inklusive Kommunikation ist entscheidend, einschließlich Informationen über den Plan, Einbeziehung von Interessensgruppen und laufende Berichterstattung über Fortschritte. Die Stadtwerke verfügen über Erfahrung und etablierte Kommunikationskanäle, ein erhöhter Kommunikationsbedarf erfordert jedoch auch angemessene Ressourcen. Zielgerichtete Marketingmaßnahmen fördern die notwendige Kundenakquise. Eine enge Zusammenarbeit mit Behörden ist dabei für den Erfolg von technischen Maßnahmen wichtig, gerade in einem Umfeld mit Innovationscharakter.

Kommunikationsmeilensteine umfassen u. a. den Gesellschafterbeschluss, Kooperationsformen, Baubeginn und Umsetzung von Anlagen. Eine frühzeitige Einbindung betroffener Interessensgruppen ist

¹ Der Baupreisindex für Erdbauarbeiten ist nach Angaben des Statischen Bundesamtes von 2021 auf 2022 um 16 Prozent gestiegen. In dem Zeitraum von 2018 bis 2021 betrug der Anstieg 12 Prozent (StaBuA 2023)

notwendig. Die Kommunikation sollte aktiv gestaltet werden, um eine reibungslose Umsetzung des Transformationsplans zu ermöglichen.

9.5 Risikoanalyse

Neben der Finanzierung und der Flächenbeschaffung ergeben sich für die Transformation der Fernwärmeversorgung in den Varianten weitere Risiken aber auch Chancen für die Region und die Kommunen. Erstere sollten dabei vermieden bzw. gemindert, Letztere möglichst verstärkt und genutzt werden. Die relevantesten wurden in einer Risikoanalyse identifiziert und bewertet.

Einzelne Risiken wurden bereits in der Studie adressiert (z. B. Grobprüfung der Netzhydraulik, Finanzierungsmöglichkeiten). Im Zuge der Initiierung der Umsetzung sollte jedoch frühzeitig ein umfangreiches Risikomanagement eingesetzt werden, welches weitere geeignete Maßnahmen erarbeitet und durchführt, um zum Erfolg der Transformation beizutragen.

Tabelle 3 Chancen der Transformation

Chancen	Beschreibung	Bewertung
Lokale Wertschöpfung	Erhöhung lokaler Wertschöpfung durch Eigenerzeugung von Wärme und Strom im Gebiet der Kommune	Hoch
Arbeitsplätze	Schaffung zusätzlichen Arbeitsplätzen	Hoch
Daseinsfürsorge	Erhöhtes Angebot der Daseinsfürsorge in der Wärmeversorgung für Bürger durch Stadtwerke und Kommune, Alternativangebot zu individuellen Heizungslösungen	Hoch
Preisstabilität	Erhöhte Stabilität von Fernwärmepreisen durch regionale Erzeugung mit geringeren variablen Betriebskosten / Unabhängigkeit von externen Brennstoffeinkauf	Mittel
Erneuerung Infrastruktur	Erhöhung der Langlebigkeit und Verfügbarkeit der Fernwärmeinfrastruktur im Stadtgebiet	Mittel
Klimaschutz	Wesentlicher Beitrag zum Klimaschutz und Milderung von Folgen des Klimawandels	Mittel

Tabelle 4 Risiken des Transformationsprozesses

Risiken	Beschreibung	Risikominimierung	Bewertung
Finanzierung und Kapitalausstattung	Hoher Investitionsaufwand und finanzielle Belastung für Stadtwerke und z. T. kommunalen Haushalt, Änderung der Fördermittelkullisse	BEW Antrag möglichst zeitnah auf den Weg bringen	Hoch
Flächenbeschaffung	Hohe Flächenkonkurrenz und notwendige Umwidmung von Flächen bei diversifizierter Eigentumsstruktur	Politische Unterstützung einfordern / Kommunikation der Vorteile der geplanten Wärmeversorgung und der damit verbundenen Chancen für die Region an die Bürger und Bürgerinnen	Hoch

Fehlende Abstimmung mit Kommunen	Tiefbaumaßnahmen für Wärmenetzausbau und Nachverdichtung	Koordination mit Städten, um Synergien bei Straßenerneuerung / Breitbandausbau zu nutzen. Gemeinsame koordinierende Stelle im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung schaffen.	Mittel
Akzeptanz	Fehlende Akzeptanz für Straßenumbauten und Flächennutzungen für die Wärmeversorgung	Frühzeitige und dauerhafte Einbindung der Bürger und Bürgerinnen bei der Umsetzung des Transformationsplans. Kommunikation der Vorteile einer bezahlbaren und wirtschaftlichen Wärmeversorgung und der Vorreiterrolle der Lausitz als Chance	Mittel
Personalressourcen	Mangelnde Verfügbarkeit von ausreichenden Personalressourcen	Aufbau einer gemeinsamen Planungs- und Umsetzungs-Task-Force der drei Stadtwerke. Gemeinsame Ausschreibung und Vermeidung von Konkurrenz um Planungs- und Umsetzungsleistungen.	Hoch
Verzögerte Entscheidungsfindung	Terminverzögerung durch lange Diskussion und fehlende Entscheidungen in Gremien, Öffentlichkeit, etc.	Kommunikation mit Politik und Einbindung von Bürgern und Bürgerinnen vor Ort. Nationale und überregionale Kommunikation – Lausitz als Vorreiter in der Wärmeversorgung	Hoch
Lieferzeiten	Lange Lieferzeiten für Einzeltechnologien, insbesondere Erzeugungsanlagen (z. B. Großwärmepumpen) aufgrund hoher Marktnachfrage	Aufbau einer gemeinsamen Planungs- und Umsetzungs-Task-Force der drei Stadtwerke. Bündelung von Ausschreibungen, um Projektgrößen attraktiver für Hersteller und Anbieter zu machen.	Mittel
Anpassung Kundenanlagen	Zusätzlicher Aufwand für Anpassung Kundenanlagen bei zu hoher Absenkung der Fernwärmertemperaturen	Kommunikation / Koordination mit Kunden. Erfassung der kundenseitigen Anforderungen, Anprachekonzept entwickeln, um Vorteile einer Temperaturabsenkung deutlich zu machen. Koordination mit Kunden in Kommunalen Wärmeplanung einbringen. Reihenfolge des Umsetzungsplans beachten: Bei rechnerisch hohem Nachverdichtungspotenzial in Zukunft, im ersten Schritt Erzeugung aufbauen und erst bei sukzessivem Rückgang des Wärmebedarfs in Nachverdichtung der Netzen gehen.	Hoch
Netzhydraulik	Hydraulische Engpässe bei zu hoher Absenkung der Fernwärmertemperaturen im Bestandsnetz und fehlender kundenseitiger Anpassung (Wärmebedarf / Wärmeverteilung)		Mittel

Preissteigerungsrisiko	Insbesondere im Straßen- und Tiefbau als auch Materialkosten	Sicherheitszuschlag in Kostenbewertung bereits eingepreist. Zeitliche Verzögerungen in Umsetzung durch koordinierte Ausschreibung vermeiden. Kostenrisiko durch CAPEX Förderung und Betriebskostenförderung reduzieren.	Mittel
Erhöhter Wettbewerb	Dezentrale Wärmeversorgung als zunehmende Konkurrenz bei höheren Wärmegebungskosten der zentralen Versorgung als bisher	Umsetzung des erarbeitenden Konzeptes ermöglicht es wettbewerbsfähig zu bleiben und eine wirtschaftliche und klimaneutrale Wärmeversorgung anzubieten. Risiko besteht, wenn Umsetzung nicht rechtzeitig angegangen wird.	gering
Neue Technologien	Beherrschung neuer Technologien im Betrieb, z. B. Großwärmepumpen	Austausch innerhalb der drei Stadtwerke forcieren und mit anderen Stadtwerken – Netzwerke nutzen	Mittel
Stromabhängigkeit	Erhöhte Abhängigkeit vom Strommarkt durch Vielzahl an Wärmepumpen	Speicherkapazitäten und intelligente Regelungssysteme aufbauen, um Flexibilität zu nutzen.	Gering

9.6 Kommunale Wärmeplanung

Städte und Gemeinden verantworten in Deutschland die lokale Klimapolitik und stellen durch ihr Handeln die Weichen für die Festlegung und die Erreichung der lokalen Klimaschutzziele. Sie sind die treibenden Akteure bei der Umsetzung der Klimaneutralität und entscheiden mit ihrem Handeln über Erfolg oder Scheitern des Transformationsprozesses. Die Kommunen verfügen aufgrund ihrer vielfältigen Funktionen über umfassende Verantwortung aber auch über weitreichende Handlungsmöglichkeiten, um den Klimaschutz vor Ort voranzubringen und gleichzeitig dessen positive Effekte einer nachhaltigen Ökonomie und Ökologie sowie einer gesteigerten Lebensqualität zu befördern. In diesem Zusammenhang stellt die Kommunale Wärmeplanung ein entscheidendes Instrument dar, mit dessen Hilfe Städte und Gemeinden in der Lage sind, eine Strategie zur klimaneutralen Wärmeversorgung zu entwickeln und zu verwirklichen.

Um den Stellenwert des Themas zu verdeutlichen und finanzielle, aber auch personelle Ressourcen für die Kommunale Wärmeplanung zu sichern, haben sich einzelne Bundesländer dazu entschlossen, die Kommunale Wärmeplanung per Landesgesetz verpflichtend für Städte ab einer bestimmten Größe einzuführen. In Brandenburg und Sachsen ist das derzeit noch nicht der Fall. Allerdings soll in absehbarer Zeit ein Gesetz zur verpflichtenden Wärmeplanung (WPG) bundesweit die Wärmewende voranbringen. Dessen Entwurf sieht zum aktuellen Zeitpunkt eine Vorlageverpflichtung für die Kommunale Wärmeplanung zum Ende des Jahres 2028 vor.

Die Kommunale Wärmeplanung ist als fortlaufender Prozess zu verstehen, der insbesondere im Bereich der leitungsgebundenen Wärmeversorgung die komplexen technischen und energiewirtschaftlichen Zusammenhänge zwischen einerseits Sanierungsfortschritt und Verringerung des Wärmebedarfs der Kunden und andererseits Absenkung der Versorgungstemperatur, Ausbau der Netze und Wärmeerzeugung gesamtheitlich erschließen muss. Gleichzeitig müssen Kunden und wichtige Akteure eingebunden werden, da der Transformationsprozess ohne deren Mitwirken zum Scheitern verurteilt ist. Elementare Voraussetzung für den Erfolg ist aus diesem Grund die gemeinsame Festsetzung der Zielstellung und die Ausgestaltung einer Kommunalen Wärmeplanung, die zwar unter Leitung der Kommunalverwaltung, aber im Zusammenspiel mit relevanten Akteuren innerhalb der Städte und Gemeinden umgesetzt wird. Neben einer Organisations- und Vorbereitungsphase, die wichtige Stakeholder

einbindet, beinhaltet die Erstellung einer Kommunalen Wärmeplanung im Wesentlichen die folgenden Prozessschritte:

- Bestandsanalyse
- Potenzialanalyse
- Zielszenario
- Wärmewendestrategie
- Beteiligungs- und Kommunikationsprozess

Ziel der Kommunalen Wärmeplanung ist die Entwicklung einer Strategie zur Umsetzung einer klimaneutralen Wärmeversorgung in Städten und Gemeinden. Als Konsortium aus unabhängigen Experten hat das Projektteam im Rahmen der hier vorliegenden Studie in aller Tiefe und mit hoher Qualität die Transformationsstrategie für die leitungsgebundene Wärmeversorgung in den Städten Hoyerswerda, Spremberg und Weißwasser erarbeitet. Die Studie leistet damit einen wesentlichen Beitrag zur Erstellung eines Fahrplans zur Erreichung der Klimaneutralität in den drei Städten und gibt in diesem Zusammenhang Antworten auf die zentralen Fragestellungen einer Kommunalen Wärmeplanung.

Aus formaler Sicht deckt die Studie große Teile der Bestands- und der Potenzialanalyse ab und betrachtet im Bereich der Entwicklung von Zielszenarien den Teilkomplex der Wärmenetze. Ähnliches gilt für den Prozessschritt der Entwicklung einer Wärmewendestrategie. Im Hinblick auf die Fernwärmeversorgung der drei Städte sind im Rahmen der Studie bereits Handlungsstrategien entwickelt und Maßnahmen mit räumlicher Verortung festgelegt worden. Tabelle 5 erläutert im Detail, welche konkreten Leistungselemente einer Kommunalen Wärmeplanung die Studie abdeckt und welche ergänzend abzusichern sind.

Den Kommunalverwaltungen der Städte Hoyerswerda, Spremberg und Weißwasser steht mit der Transformationsstudie bereits im September 2023 ein entscheidender Baustein der Kommunalen Wärmeplanung zur Verfügung. Ihnen obliegt es nun, die Ergebnisse der Studie als zentrale Grundlage in die strategische Gestaltung der Wärmewende in ihren Kommunen aufzunehmen und deren Fortschreibung voranzutreiben.

Mit Vervollständigung der Kommunalen Wärmeplanung auf Grundlage der Studie und Ausweisung von Fernwärmevorranggebieten können die Kommunen die Transformation der Wärmenetze aktiv unterstützen und zu deren Erfolg beitragen.

Eine wichtige Aufgabe der Kommunalen Wärmeplanung liegt in der Einbindung der Akteure vor Ort. Hierbei ist insbesondere die Koordination mit Gebäudeeigentümern bei der Durchführung von Effizienzmaßnahmen und die Kommunikation von Vorteilen bei der Temperaturabsenkung der Wärmeverteilung der Gebäude hoch relevant für die Umsetzung des in dieser Studie entwickelten Konzeptes. Auch sollte möglichst frühzeitig kommuniziert werden, wo zukünftig eine Wärmenetzversorgung verfügbar ist.

Tabelle 5 Leistungselemente und deren Abdeckung durch die Studie

Prozessschritt	Abdeckung durch die Studie	ergänzend abzusichern
Bestandsanalyse		
Erfassung der Gemeindestruktur	nicht abgedeckt	vollständig abzusichern
Erfassung der vorhandenen Gebäudetypen und der Baualtersklassen	vollständig abgedeckt	nicht abzusichern
Erfassung der aktuellen Versorgungsstruktur (Gas, Strom, Wärme)	Gas und Wärme	Strom
Ermittlung der Beheizungsstruktur der Wohn- und Nichtwohngebäude	vollständig abgedeckt	nicht abzusichern
Erfassung des räumlich aufgelösten Wärmebedarfes	vollständig abgedeckt	nicht abzusichern

Energie- und Treibhausgasbilanz nach Sektoren und Energieträgern	bilanzielle Betrachtung für Wärme	Strom, Mobilität für Gesamtbilanzierung, Treibhausgasbilanzen
Potenzialanalyse		
Potenziale zur Senkung des Wärmebedarfs durch Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz	vollständig abgedeckt	nicht abzusichern
Ermittlung von Flächenpotenzialen (Freiflächen und Dachflächen)	Betrachtung auf Freiflächen begrenzt	Dachflächen
Räumlich verortete Potenziale erneuerbarer Energien zur Wärmeversorgung sowie Abwärme und Kraft-Wärme-Kopplung	vollständig abgedeckt	nicht abzusichern
Räumlich verortete Potenziale erneuerbarer Stromquellen für Wärmeanwendungen	nicht abgedeckt	Adaption der Freiflächenpotenziale, Prüfung auf Eignung, Ergänzung Dachflächen
Zielszenarien		
Zukünftige Entwicklung des Wärmebedarfs und Nutzung erneuerbarer Energien	Fernwärmegebiete	Bezug auf gesamtes Stadtgebiet auf Basis Bedarfs- und Potenzialanalyse
Erstellung einer Energie- und Treibhausgasprognose nach Sektoren und Energieträgern für 2050 und ein weiteres Stützjahr (2030)	Fernwärmeversorgung	Ergänzung Strom und Mobilität, Aggregation als Energie- und THG-Bilanz bzw. Prognose
für Wärmenetzgebiete		
Fernwärme Zielnetzplanung	vollständig abgedeckt	nicht abzusichern
Nutzung der lokalen Potenziale erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung	vollständig abgedeckt	nicht abzusichern
Darstellung der Nutzung von Wärmepumpen, Bioenergie, Solarthermie, Abwärme etc. in den Heizzentralen	vollständig abgedeckt	nicht abzusichern
Berechnung des Wärmebedarfs und Abschätzung der Wärmekosten pro Eignungsgebiet	vollständig abgedeckt	nicht abzusichern
für Eignungsgebiete der Einzelversorgung		
Nutzung der lokalen Potenziale erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung	nicht abgedeckt	vollständig abzusichern
Analyse der Entwicklung der Gasversorgung für 2030 und 2035	nicht abgedeckt	vollständig abzusichern
Analyse von Wärmekosten	nicht abgedeckt	vollständig abzusichern

Wärmewendestrategie		
Formulierung möglicher Handlungsstrategien und Maßnahmen mit räumlicher Verortung		
Steigerung der Energieeffizienz	Fernwärmeversorgung	Einzelversorgung, Ableitung von Maßnahmen im Gesamtkontext der Gemeinde
Reduzierung des Wärmeenergiebedarfs	Fernwärmeversorgung	Einzelversorgung, Ableitung von Maßnahmen im Gesamtkontext der Gemeinde
Dekarbonisierung der Wärmeversorgung	Fernwärmeversorgung	Einzelversorgung, Ableitung von Maßnahmen im Gesamtkontext der Gemeinde
Beteiligungs- und Kommunikationsprozess		
Zusammenstellung der zu beteiligten Akteure	Fernwärmeversorgung	Einzelversorgung
Erstellung einer Beteiligungsstrategie	im Zusammenhang mit Fernwärmeversorgung	Ableitung Gesamtstrategie für Gemeindegebiet
Umsetzung der Beteiligung (Beteiligungsformate, Evaluationen, Abstimmungen)	im Zusammenhang mit Fernwärmeversorgung	Einzelversorgung

10 Zusammenfassung

Die Umsetzung des Kohleausstiegs bis zum Jahr 2038 erfordert in den vom Strukturwandel betroffenen Regionen einen deutlich beschleunigten Dekarbonisierungsprozess im Wärmesektor, der mit umfassenden Herausforderungen aber auch großen Chancen für die Region verbunden ist. Die hier vorliegende Studie entwickelt Lösungen für eine umsetzbare Transformation, die mit einer ökologischen, sozialverträglichen und wirtschaftlichen Energieversorgung in der Region einhergeht. Sie liefert einerseits ein Modell für den Transformationsprozess in den Kohlerevieren und stellt andererseits mit der Entwicklung allgemeingültiger Methoden die Übertragbarkeit auf andere Regionen Deutschlands her.

Mit der Zielsetzung, die derzeitige braunkohlebasierte Versorgung vollständig auf erneuerbare Wärmequellen umzustellen, nimmt die Studie eine Vorreiterrolle in Ostdeutschland ein und liefert eine Blaupause für den Dekarbonisierungs- und Transformationsprozess der Wärmeversorgung, die auch bundesweit übertragbar ist.

Die Studie definiert zunächst den Lösungsraum für den angestrebten Transformationsprozess, indem sie die Rahmenbedingungen für die zukünftige Wärmeversorgung in der Lausitz identifiziert und bewertet. Maßgebliche Faktoren, die in der Analyse berücksichtigt werden, sind beispielsweise die Bevölkerungsentwicklung in der Region, die Entwicklung von Energiepreisen und Förderinstrumenten und die Verfügbarkeit von Flächen für den Aufbau neuer Anlagentechnik.

Im Weiteren wird der Status Quo der Wärmeversorgung in den drei Städten festgestellt und mit Hilfe von Prognosemodellen die Entwicklung des zukünftigen Wärmebedarfs bis 2050 ermittelt. Im Zuge dessen berücksichtigen drei Szenarien unterschiedliche Sanierungsfortschritte der Gebäude in den Kommunen. Die Ergebnisse zeigen in allen drei Städten einen Rückgang der Wärmebedarfe, der szenarienabhängig zwischen 18 % und 45 % liegt.

Die Studie untersucht im nächsten Schritt das Vorhandensein lokaler und überregionaler Erneuerbarer Energiequellen und deren Potenzial zur Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs. Als flächenintensives aber in hohem Maße verfügbares Potenzial wird Solarthermie identifiziert. Darüber hinaus kommt der

Nutzung von Gewässerthermie und Luft als Umweltwärmequelle aber auch der Abwärmenutzung eine signifikante Bedeutung zu.

Aufbauend auf diesen grundlegenden Analysen weist die Studie Erweiterungs- und Verdichtungsgebiete für die Fernwärmeversorgung aus und ermittelt für die drei Städte die Versorgungspotenziale der zukünftigen leitungsgebundenen Wärmeversorgung. In diesem Zusammenhang werden Maßnahmen zum Fernwärmeausbau aus technischer und wirtschaftlicher Sicht bewertet.

Mit Hilfe von Optimierungsmethoden entwickelt die Studie Versorgungsvarianten, die die Kombination unterschiedlicher Technologien berücksichtigen und gleichermaßen auf geeignete Wärmequellen zurückgreifen. Die Szenarien stützen sich im Wesentlichen auf die Erschließung des solarthermischen Potenzials und die Nutzung von Wärmepumpen und Erdbeckenspeichern. Auf diese Weise basiert die Versorgung auf etablierten und robusten Technologien, ist allerdings mit der Verfügbarkeit signifikanter Flächenpotenziale verbunden. Die vorliegenden Versorgungsvarianten stellen eine solide Planungsgrundlage dar, welche nicht nur aus energetischer, sondern auch aus wirtschaftlicher Sicht Lösungen für eine resiliente Wärmebereitstellung liefert.

Mit der abschließenden Entwicklung eines gesamtheitlichen Umsetzungsprogrammes stellt die Studie einen Fahrplan auf, der als Wegweiser für den Aufbau einer sicheren und bezahlbaren Wärmeversorgung in den drei Lausitz-Städten dient und den Pfad in eine klimaneutrale Zukunft aufzeigt.

Mit der Studie ist es gelungen, allgemein anwendbare Methoden für das Vorgehen bei der Umsetzung der Wärmewende zu entwickeln, die auf den überwiegenden Teil aller Städte und Kommunen in Deutschland übertragbar sind.

11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Projektstruktur	6
Abbildung 2	Übersicht der Rahmenbedingungen mit den jeweiligen Themenaspekten	7
Abbildung 3	Wärmequellen und -erzeugungstechnologien	8
Abbildung 4	Entwicklung Marktpreise Energieträger und CO ₂ 2020 - 2045	9
Abbildung 5	Wärmenetzgebiet Hoyerswerda	11
Abbildung 6	Wärmenetzgebiet Weißwasser	12
Abbildung 7	Wärmenetzgebiet Spremberg.....	13
Abbildung 8	Modellierte Wärmebedarfsszenarien	14
Abbildung 9	Endenergiebedarf im Basisjahr der Simulationen 2021	15
Abbildung 10	Entwicklung des Energiebedarfs in Hoyerswerda bis 2025 in den drei Bedarfsszenarien	16
Abbildung 11	Entwicklung des Endenergiebedarfs in Weißwasser bis 2050 in den drei Bedarfsszenarien	16
Abbildung 12	Entwicklung des Energiebedarfs in Spremberg bis 2050 in den drei Bedarfsszenarien	17
Abbildung 13	Potenzialflächen Solarthermie	18
Abbildung 14	Mögliche Oberflächengewässer zur Nutzung für Aquathermie inkl. Eignung	19
Abbildung 15	NetHEAT Eingabedaten	20
Abbildung 16	Hoyerswerda Fernwärmegebiet-Ist (grün) und Ausbauggebiet (hellgrau).....	22
Abbildung 17	Weißwasser Fernwärme-Bestandsgebiet (rot) und Ausbauggebiet (hellgrau).....	23
Abbildung 18	Spremberg 20 GWh/km ² *a Ausbauggebiet (grün) und 15 GWh/km ² *a Ausbauggebiet (hellgrau)	24
Abbildung 19	Aufbau der Methodik im Simulations- und Optimierungsmodell	25
Abbildung 20	Ausbauzustand des Wärmenetzes in Hoyerswerda mit seinen Einspeisepunkten im Wärmenetz (rot markiert)	26
Abbildung 21	Auf der linken Seite ist der Einsatzplan und auf der rechten Seite der Jahresmix der Erzeugertechnologien für Hoyerswerda im prognostizierten Jahr 2030	27
Abbildung 22	Ausbauzustand des Wärmenetzes in Weißwasser mit seinen Einspeisungspunkten im Wärmenetz (rot markiert)	27
Abbildung 23	Auf der linken Seite ist der Einsatzplan und auf der rechten Seite der Jahresmix der Erzeugertechnologien für Weißwasser im prognostizierten Jahr 2030	28
Abbildung 24	Ausbauzustand des Wärmenetzes in Spremberg mit seinen Einspeisepunkten im Wärmenetz (rot markiert)	28
Abbildung 25	Auf der linken Seite ist der Einsatzplan und auf der rechten Seite der Jahresmix der Erzeugertechnologien für Spremberg im prognostizierten Jahr 2030	29
Abbildung 26	Ablaufplan	31

12 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Notwendige Investitionen und Flächenbedarfe der Versorgungsvarianten (Werte gerundet).....	32
Tabelle 2	Notwendige Investitionen Netzausbau und Nachverdichtung (Werte gerundet)	32
Tabelle 3	Chancen der Transformation.....	34
Tabelle 4	Risiken des Transformationsprozesses	34
Tabelle 5	Leistungselemente und deren Abdeckung durch die Studie	37

13 Literaturverzeichnis

- Bongs, Constanze; Wapler, Jeannette; Miara, Marek; Hess, Stefan (2020): Wärmepumpen für den Mehrfamilienhausbestand. Fraunhofer ISE, Uni Freiburg. Chillventa eSPECIAL, 15.10.2020. Online verfügbar unter https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/conference-paper/092_Fraunhofer-ISE_Chillventa-2020_1015_W%C3%84RMEPUMPEN%20F%C3%9CR%20DEN%20MEHRFAMILIENHAUSBESTAND.pdf, zuletzt geprüft am 14.08.2023.
- Funke, S. Á.; Plötz, P. (2017): A techno-economic analysis of fast charging needs in Germany for different ranges of battery electric vehicles. In: Proceedings to the European Electric Vehicle Congress (EEVC), 14th – 16th March 2017, Geneva, Switzerland.
- Héraud, J.-A. (2003): Regional Innovation Systems and European Research Policy: Convergence or Misunderstanding? In: European Planning Studies, 11 (1), S. 41-56.
- Höbarth, M.; Leitner, T.; Wöhrle, M. (2016): Biomasse Beitrag zum Klimaschutz. Hg. v. Waldverband Österreich. Online verfügbar unter https://www.waldverband.at/wp-content/uploads/2016/11/Biomasse_Beitrag-zum-Klimaschutz.pdf, zuletzt aktualisiert am 10.11.2016, zuletzt geprüft am 14.08.2023.
- IREES GmbH (2021): NetHEAT Fernwärmemodell. Online verfügbar unter <https://irees.de/netheat/>, zuletzt geprüft am 14.07.2023.
- Toyota Deutschland GmbH (2015): Toyota Prius Plug-in Hybrid. Online verfügbar unter <http://www.toyota.de/automobile/prius-plug-in/index.json>, zuletzt geprüft am 12.04.2015.
- Wietschel, M.; Gnann, T.; Kühn, A.; Plötz, P.; Moll, C.; Speth, D.; Buch, J. (2017): Mach-barkeitsstudie zur Ermittlung der Potenziale des Hybrid-Oberleitungs-Lkw. Studie im Rahmen der Wissenschaftlichen Beratung des BMVI zur Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- StaBuA (2023). Baupreisindizes: Deutschland, Jahre, Messzahlen mit/ohne Umsatzsteuer, Ingenieurbau, Bauarbeiten (Tiefbau). Statistisches Bundesamt (Destatis). Stand 25.08.2023
- Xiang, Yutong; Xie, Zichan; Furbo, Simon; Wang, Dengjia; Gao, Meng; Fan, Jianhua (2022): A comprehensive review on pit thermal energy storage: Technical elements, numerical approaches and recent applications. In: Journal of Energy Storage 55, S. 105716. DOI: 10.1016/j.est.2022.105716.

Kontakt

Fraunhofer-Einrichtung für Energie-
infrastrukturen und Geothermie IEG

Gulbener Straße 23, 03046 Cottbus

www.fraunhofer.de