



CO₂-FREIE WÄRMEVERSORGUNG EINER STADT

Eric Störlein¹

¹ IPH Selzer Ingenieure GmbH, Weimar, E-Mail: E.Stoerlein@IPHKS.de

Kurzfassung

Im Zuge der angestrebten Klimaneutralität stehen wir alle vor immensen Herausforderungen. Insbesondere im Gebäudebestand steckt enormes Potential im Hinblick auf die Einsparung von Energie und CO₂-Emissionen. Im Zuge der Wärmenetzstrategie 2040 gemäß § 8 Absatz 5 Thüringer Klimagesetz sollen dabei alle Stadtwerke eine erste Betrachtung für die bestehende Fernwärmeversorgung vorlegen. Die Stadtwerke Heilbad Heiligenstadt GmbH sind sich dabei ihrer Verantwortung bewusst und planen den weiteren Umstieg zu einer hundertprozentigen regenerativen Wärmeversorgung. Um die Potentiale zu untersuchen, hat das Ingenieurbüro IPH Selzer Ingenieure GmbH ein Transformationskonzept durchgeführt. Dieses betrachtet sowohl die mittels Fernwärme als auch die über Erdgas versorgten Objekte. Hinsichtlich der Fernwärme werden die Möglichkeiten zur Steigerung des derzeitigen regenerativen Anteils von ca. 60 Prozent analysiert, auch in Vorausschau, auf die ab 2032 auslaufenden Vergütungsmechanismen des derzeit in der Verstromung und integrierter Wärmenutzung eingesetzten auf Erdgasqualität aufbereiteten, Biogases. Für die momentan mit Erdgas direkt beheizten Liegenschaften sind Konzepte zur regenerativen Versorgung im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit und einem hohen regenerativen Standard entwickelt worden. Hierbei wurde die Gestaltung in Form von kleinen Quartieren oder größeren Versorgungslösungen mittels Nahwärme berücksichtigt. Betrachtet wurde der Einsatz von solarer Wärmebereitstellung sowie der Einsatz von Wärmepumpen im Hochtemperaturbereich mit den Quellmedien Luft, Geothermie, Abwasser und Flusswasser. Weiterhin wurden die Einsatzmöglichkeiten von Biogas und regenerativ erzeugtem Wasserstoff in Erdgasqualität untersucht. Innovative Ansätze und neue Technologien wurden im Konzept mit eingebracht.

Teile des Beitrages

Titel

CO₂-freie Wärmeversorgung einer Stadt

Autoren

M.Eng. Eric Störlein
Dipl. Ing.(FH) Kathrin Selzer
M.Eng. Florian Stelling

Kontaktdaten

M.Eng. Eric Störlein,
e.stoerlein@iphks.de, +49 3643 4574080,
IPH
99423 Weimar, Friedrich-Ebert-Straße 38

Kurzfassung/Abstract

Um die Umstellung auf eine CO₂-freie Wärmeversorgung zu realisieren, müssen alle wärmeversorgten Bereiche der Stadt Heiligenstadt untersucht werden. Dabei ist es notwendig, dass für jeden einzelnen Teilbereich ein individueller Lösungsansatz gewählt wird.

Die Bereiche, die untersucht wurden, waren:

- Die Fernwärmenetze Liethen und Sperberwiese
- Vitalpark
- Kurparkkliniken
- Objekte von Wohnungsgenossenschaft

Für jeden der genannten Bereiche erfolgte zunächst eine Bestandaufnahme. Anschließend wurden technische Lösungen ausgearbeitet, die auf den jeweiligen Teilbereich abgestimmt und die vorliegenden Energiequellen (Abwasser, Flusswasser, Geothermie) optimal nutzen. Die erarbeiteten Lösungsansätze finden sich in den jeweiligen Energiekonzepten wieder. Die Konzepte sind darauf ausgelegt, sowohl im Zwischenstand (nur bei Fernwärmenetz Liethen und Sperberwiese) als auch in der Endvariante eine CO₂-neutrale Wärmeerzeugung zu ermöglichen. Für beide Fernwärmenetze wurden zusätzlich Simulationen mit Simulation X durchgeführt, um den Wärmeverbrauch der Netze besser abschätzen zu können. Auf Grundlage der erstellten Energiekonzepte erfolgte unter Berücksichtigung der gewählten

Wärmeerzeuger und der notwendigen Peripherie eine Ermittlung der Betriebs- und Investitionskosten.

In order to realize the conversion to a CO₂-free heat supply, all areas of the city of Heiligenstadt supplied with heat must be examined. It is necessary to select an individual solution approach for each sub-area.

The areas that were examined were:

- The Liethen and Sperberwiese district heating networks
- Vitalpark
- Kurpark clinics
- Housing cooperative properties

For each of the areas mentioned, an inventory was first carried out. Technical solutions were then developed that are tailored to the respective sub-area and make optimum use of the available energy sources (wastewater, river water, geothermal energy). The solutions developed are reflected in the respective energy concepts. The concepts are designed to enable CO₂-neutral heat generation both in the interim stage (only for the Liethen and Sperberwiese district heating networks) and in the final variant. Simulations were also carried out with Simulation X for both district heating networks to better estimate the heat consumption of the networks. The operating and investment costs were calculated based on the energy concepts created, considering the selected heat generators and the necessary peripherals.

Energiekonzepte zur Umstellung auf CO₂-freie Wärmeversorgung

Die ausgearbeitete Machbarkeitsstudie „CO₂-freie Wärmeversorgung der kommunalen Unternehmen der Stadt Heilbad Heiligenstadt“ untersucht, wie die Transformation in eine CO₂-neutrale Wärmeversorgung der Stadtwerke Heilbad Heiligenstadt gelingen kann.

Fernwärmenetz Liethen

Mit dem Einsatz von Wärmepumpen und Solarthermie wird eine grüne Fernwärme für das Gebiet Liethen erreicht. Die Wärmepumpen nutzen dabei die Quelle Abwasser und einen separaten Eisspeicher. Zusätzlich werden sie mit Großwärmepumpen, die das Kältemittel CO₂ nutzen, ergänzt.

Solarthermie unterstützt bei der Wärmebereitstellung und der Regeneration des Eisspeichers. Im Sommer ist die Solarthermie in der Lage den notwendigen Wärmebedarf eigenständig zu decken.

Fernwärmenetz Sperberwiese

Analog zum Fernwärmenetz Liethen ist eine Umstellung auf den Wärmepumpenbetrieb notwendig, um das Fernwärmenetz Sperberwiese CO₂-neutral zu versorgen. Insgesamt kommen bei

den Wärmepumpen drei verschiedene Quellenmedien zum Einsatz. Das erste Medium, welches genutzt wird, ist das Abwasser aus einem Sammelschacht in der Nähe des Heizhauses. Daneben wird das Flusswasser der Leine als Quelle genutzt. Aufgrund der geringen Temperaturen im Fluss Leine kann die Wärmepumpe allerdings nicht ganzheitlich genutzt werden. Der Großteil der Wärme wird mit CO₂-Wärmepumpen erzeugt. Die Quellentemperatur wird durch einen separaten Wärmeerzeuger (Solarthermie oder Hackschnitzel) auf ein konstantes, für den Wärmepumpenbetrieb effizientes, Temperaturniveau erwärmt.

Vitalpark

Die Modernisierung der Wärmeversorgung des Vitalparks erfolgt mit Hilfe eines Teils der bestehenden Kraft-Wärme-Kopplung und einer Erweiterung um ein Wasserstoff Blockheizkraftwerk. Das Bestands- BHKW wird auf Biogas umgestellt und der notwendige Wasserstoff für das zweite BHKW kann mit dem eigenem Elektrolyseur hergestellt werden. Die anfallende Abwärme lässt sich im Vitalpark aufgrund des hohen Grundlastbedarf an Wärme durchgehend abnehmen. Der restliche Wärmebedarf wird mit einem Biogas betriebenen Spitzenlastkessel bereitgestellt. Die Biogaseinsparungen bei den Fernwärmenetzen decken den zusätzlichen Bedarf des Vitalparks.

Kurparkkliniken

Die Substituierung des Gasbedarfs lässt sich bei den Kurparkkliniken nur teilweise erreichen. Neben einem Einsatz von Sole-Wasser Wärmepumpen wird noch auf ein bestehendes BHKW zurückgegriffen. Nur durch eine Umstellung beim BHKW auf Biogas, analog zum Vitalpark, lässt sich eine CO₂-neutrale Wärmeversorgung erreichen.

KOWO und Wohnungsgenossenschaft Heilbad Heiligenstadt

Um den Gebäudebestand beider Genossenschaften mit CO₂-neutraler Wärme zu versorgen, muss eine Kopplung zwischen den Fernwärmenetzen und den Liegenschaften erfolgen. Dies gelingt durch ein eigenes Kaltnetz und dezentralen Wasser/Wasser-Wärmepumpen. Diese sind in jedem Objekt der Genossenschaften untergebracht und erhalten die benötigte Entzugsleistung aus dem neu errichteten Kaltnetz. Mit der bereitgestellten Wärme aus dem Rücklauf der Fernwärmenetze wird eine ganzjährig konstante Quellentemperatur für den Wärmepumpenbetrieb ermöglicht.

Gesamtvariante

Die Gesamtvariante setzt den Fokus auf die Umstellung der bisherigen Wärmeerzeuger, vor allem in den Fernwärmenetzen, auf einen Wärmepumpenbetrieb. Um dies zu realisieren,

müssen zuerst die Rücklauftemperaturen der Fernwärmenetze abgesenkt werden. Ohne dieses Vorgehen ist ein Wärmepumpenbetrieb nicht umzusetzen.

Unter Berücksichtigung der in den Fernwärmenetzen geforderten hohen Vorlauftemperaturen müssen die Quellentemperaturen für die Wärmepumpen auf einem Maximum gehalten werden. Die Lösung im Bereich Sperberwiese hat dafür einen Weg aufgezeigt. Gleichzeitig bieten mögliche Varianten eines eigenen Kaltnetzes für den Quellspeicher neue Anschlussmöglichkeiten an die Fernwärmenetze. Damit besteht die Möglichkeit, angrenzende Objekte (z.B. Wohngebiete) über dezentrale Wasser/Wasser-Wärmepumpen an die Trasse anzubinden.

Im Sinne weiterer Effizienzsteigerungen sollten eingesetzte Wärmepumpen gleichzeitig Wärme und Kälte produzieren. Durch diese Maßnahme wird der COP nahezu verdoppelt. In unmittelbarer Nähe der Fernwärmenetze sind potenzielle Abnehmer von Kälteenergie (z. B. Magna und das zukünftige Eichsfeld Klinikum) angesiedelt. Durch ihre Einbindung kann ein weiteres Vertriebsfeld der Eichsfeld-Werke entstehen.

Für den Aufbau eines effizienten und klimaschonenden Fernwärmenetzes ist es wie in der Studie dargestellt zwingend notwendig, alle zur Verfügung stehenden regenerativen Wärmeerzeuger oder Abwärmequellen in die Energiekonzeption einzubeziehen.

Dank der ganzjährig konstanten Temperaturen stellt das Abwasser in diesem Zusammenhang eine zuverlässige Wärmequelle dar. Mit der Quellentemperatur des Abwassers können Wärmepumpen ganzjährig effizient betrieben werden.

Eine weitere geeignete Wärmequelle ist die Agrothermie. Zwar ist die Technologie noch nicht sehr weit verbreitet, bietet aber besonders für das Fernwärmenetz Liethen enormes Potential. Die umliegenden landwirtschaftlichen Flächen könnten als Flächenkollektor den Großteil der benötigten Quellenenergie bereitstellen.

Als 100 % regenerative Wärmeerzeugung fügt sich die Solarthermie perfekt in das Gesamtkonzept ein. Eine Herausforderung stellt hierbei die Flächenkonkurrenz zu anderen Anwendungsmöglichkeiten dar. In Form einer Großanlage ist Solarthermie eine sehr kostengünstige Möglichkeit zur Wärmeerzeugung und ergänzt besonders in den Sommermonaten sinnvoll die Fernwärme. Darüber hinaus kann sie auch in den Wintermonaten als Energiequelle für die Quellspeicher genutzt werden.

Die mit der Modernisierung der Wärmenetze entstehenden Biogasüberschüsse können für andere Teilbereiche übertragen werden. Besonders für die

Liegenschaften der Wohnungsgenossenschaften mit ihrem hohen Erdgasverbrauch wäre das eine gute Übergangslösung. Um langfristig eine regenerative Wärmeerzeugung für die Gebäude zu etablieren, ist eine Umstellung auf den Wärmepumpenbetrieb notwendig. Hierbei hat sich der Einsatz von Wasser/Wasser-Wärmepumpen in Kombination mit einem eigenen Kaltnetz als innovative und sinnvolle Lösung herausgestellt. Die Kaltnetze sind mit den Fernwärmenetzen verbunden und sorgen für eine Auskühlung der Rücklauftemperaturen, was wiederum eine Effizienzsteigerung der Großwärmepumpen bewirkt. Durch diese Maßnahme werden auf Seiten der Kaltnetze ganzjährig konstante Quellentemperaturen für die dezentralen Wärmepumpen bereitgestellt.

Auch die Liegenschaften der Kurparkkliniken profitieren von den geplanten Maßnahmen im Bereich der Fernwärmenetze. Durch die hohen Biogaseinsparungen lässt sich die Wärmeversorgung CO₂-neutral gestalten. Es ist empfehlenswert, die bestehende Wärmeversorgung mit Sole/Wasser-Wärmepumpen zu ergänzen, um den Gasverbrauch zu reduzieren. Perspektivisch lassen sich auch die Liegenschaften in das Fernwärmenetz Sperberwiese einbinden. Durch dieses Vorgehen kann die bestehende Wärmeversorgung entfallen.

Mit einer Umstellung der Energieversorgung des Vitalparks lässt sich ein weiterer Energieträger in das Energiekonzept integrieren. Der Vitalpark ist mit seinem Heizungsprofil gut für den Einsatz eines Elektrolyseurs geeignet und kann eine nicht unerhebliche Wärmemenge für das Objekt produzieren. In Kombination mit einem Wasserstoff-BHKW und einem weiteren, auf Biogas umgestellten Bestands BHKWs lässt sich die Liegenschaft nahezu klimaneutral versorgen. Als Wasserstoffproduzent kann der Elektrolyseur gleichzeitig als Grundlage für eine neue Ausrichtung in der Verkehrsinfrastruktur der Stadt Heilbad Heiligenstadt dienen.

Mit der Umstellung auf eine vorwiegend wärmepumpenbasierte Wärmeerzeugung ändert sich der notwendige Energieträger grundlegend. Durch die Ablösung vom Erdgas wird der Strombedarf in Zukunft enorm ansteigen. Damit die Fernwärme »grün« bleibt, muss der bezogene Strom für die Fernwärmenetze und alle neuen Wärmeerzeuger aus regenerativen Quellen stammen. Die Eichsfeldwerke produzieren bereits seit 2021 zu 100 % Ökostrom. Somit ist die Grundlage für ein nachhaltiges Betreiben der Wärmepumpen gesichert. Doch auch die lokale Stromerzeugung durch PV und Windkraft kann für das Gesamtkonzept herangezogen werden um eine nachhaltige Wärmeerzeugung zu realisieren. Besonders der Einsatz von Agri-PV und die Belegung der öffentlichen Dachflächen mit Photovoltaik-Modulen

bieten enormes Potential, um kurzfristige wie langfristige Erfolge zu erzielen.

Energiekonzeptes vor allem auf politische und »ideologische« Argumente.

Zusammenfassung

Die Untersuchung zeigt, dass die Transformation auf eine regenerative Art der Wärmeversorgung in allen Zonen umsetzbar ist. Um eine vollständige Modernisierung der Wärmeversorgung realisieren zu können, müssen zunächst erhebliche Summen investiert werden.

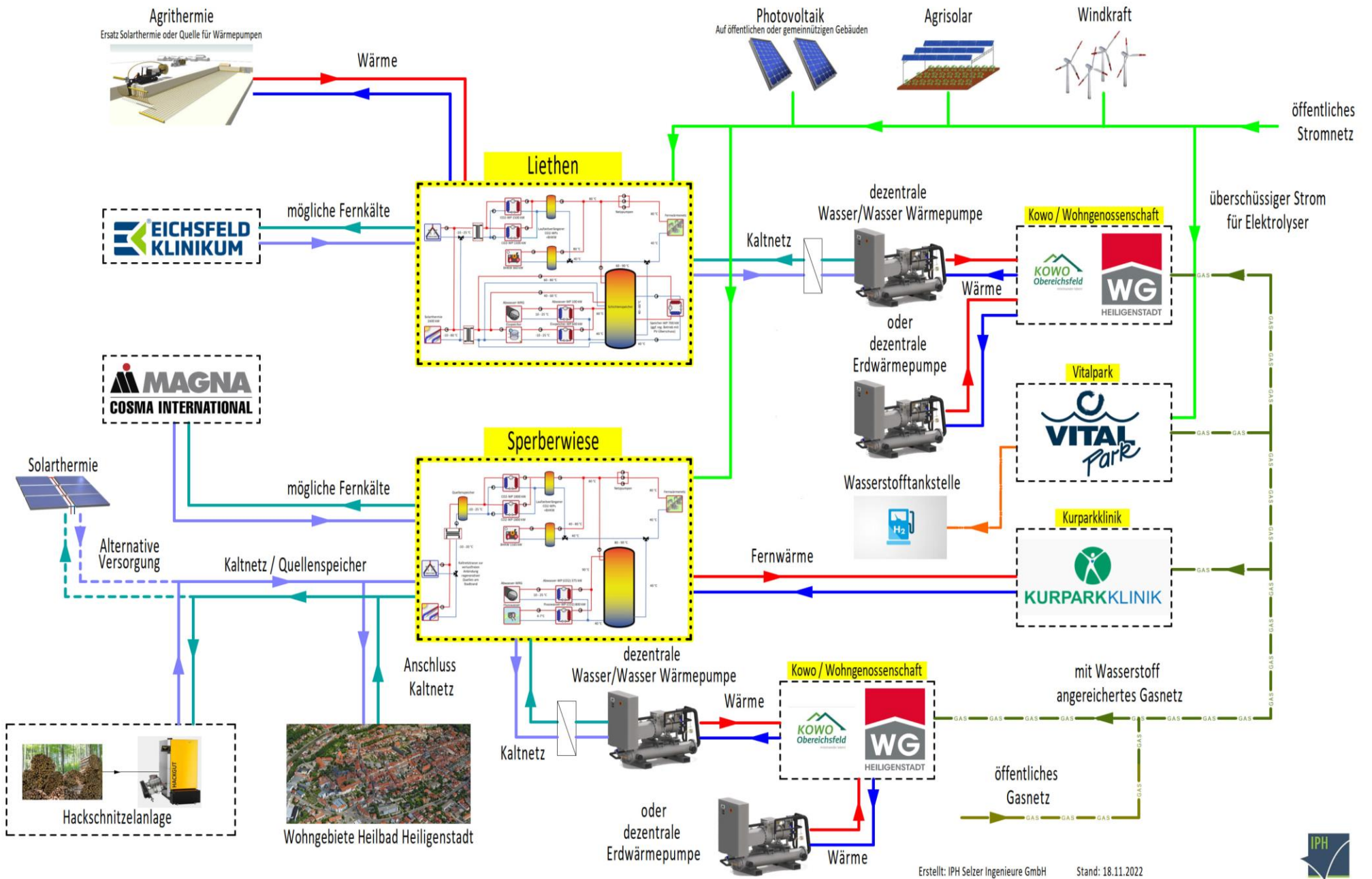
Der Fokus der Umstellung muss zuallererst auf den Fernwärmenetzen liegen. Erst durch ihre erfolgreiche Transformation lassen sich positive energetische Effekte auf weitere Wärmenutzungsbereiche der Stadt Heilbad Heiligenstadt bewirken. Die Bestandsaufnahme zeigt, dass die Fernwärmenetze derzeit der größte Abnehmer von Biogas sind und dabei bereits zu 60 % mit grüner Energie betrieben werden. Durch eine Reduktion des absoluten Gasverbrauchs ist es möglich, das eingesparte Biogas übergangsweise in anderen Teilbereichen, innerhalb derer sich eine Umstellung komplizierter gestalten würde, einzusetzen. Damit das gelingen kann, müssen allerdings erhebliche Eingriffe in den Fernwärmenetzen vorgenommen werden.

Besonders die hohen Investitionssummen zeigen, dass die Umstellung auf eine »grüne« und nachhaltige Wärmeversorgung eine enorme finanzielle Herausforderung darstellt. Hinzu kommt, dass sich die Betriebskosten bzw. der Wärmepreis trotz der hohen Investitionssumme nicht signifikant reduzieren lassen.

Diese Herausforderung lässt sich mit Fördergeldern nur teilweise lösen, da die Betriebskosten auch ohne kapitalgebundene Kosten bei den meisten Varianten höher als im Bestand oder nur minimal geringer sind. Eine Wirtschaftlichkeit konnte aufgrund der Energiepreise nur teilweise erreicht werden. Das liegt zum einen an der zu hohen Preisspanne zwischen Gas und Strom sowie den generell zu hohen Stromkosten. Hinzu kommen die starken Preisschwankungen bei Gas und Strom und die unvorhersehbare und nicht konsequente Entwicklung beim CO₂-Preis, welche eine langfristige Planung nahezu unmöglich machen.

Die Umstellung auf eine »grüne« Wärmeversorgung ist in jedem Fall technisch umsetzbar und aus ökologischen Gründen klar zu befürworten. Auch die Politik liefert die klare Vorgabe, dass die Wärmeversorgung sich grundlegend ändern muss und eine Wärmewende eingeleitet werden soll. Deshalb werden die Stadtwerke Heilbad Heiligenstadt langfristig den Umbau der Wärmeversorgung forcieren müssen. Mit der vorliegenden Machbarkeitsstudie wurden konkrete Möglichkeiten aufgezeigt, wie das gelingen kann.

Allerdings sind die derzeitigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen nicht auf die geplanten Maßnahmen ausgelegt und so stützt sich die Empfehlung für die Umsetzung des vorliegenden



Erstellt: IPH Selzer Ingenieure GmbH Stand: 18.11.2022



Abbildung 1: innovatives ganzheitliches Energiekonzept Heilbad Heiligenstadt