

# Mit mitteltiefer Geothermie zur integrierten Wärmewende

Thomas-Tim Sävecke\*

Prokurist

Hamburger Energiewerke Geothermie GmbH

Hamburg, Deutschland

\*thomas-tim.saevecke@hamburger-energiewerke.de

**Kurzfassung – Zentraler Bestandteil des Projektes Integrierte Wärmewende Wilhelmsburg (IW<sup>3</sup>) der Hamburger Energiewerke und ihrer Konsortialpartner ist die regenerative Wärmeversorgung des Hamburger Stadtteils Wilhelmsburg, der sich auf einer Flussinsel zwischen der Süderelbe und der Norderelbe befindet. Neben bereits vorhandenen klimafreundlichen Wärmequellen wie Solarthermie oder Industrieabwärme basiert das neue Konzept auf der Nutzung von natürlicher Erdwärme aus einer mitteltiefen Geothermie. Dazu wird im Wilhelmsburger Hafengebiet, am Rand der Wohnbebauung, eine Geothermie-Anlage errichtet, die in das Wärmeverbundsystem von Wilhelmsburg einspeisen soll.**

**Stichworte – Geothermie, Mitteltiefe Geothermie, Wärmeversorgung, Fernwärme, Erdwärme, Wilhelmsburg**

## NOMENKLATUR

BHKW	Blockheizkraftwerk
IW <sup>3</sup>	Projekt Integrierte Wärmewende Wilhelmsburg
IWM	Vorhaben Integrierter Wärmemarkt

## I. EINLEITUNG

Da die Wärmeversorgung in Deutschland noch immer weitgehend auf fossilen Energieträgern basiert und zugleich einen großen Teil der Energieversorgung darstellt, ist der Wärmemarkt für insgesamt 40 % des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes der Bundesrepublik verantwortlich [1]. Die Transformation des Wärmemarkts gilt damit als einer der bedeutendsten Hebel für effektiven Klimaschutz. Die Freie und Hansestadt Hamburg hat das Ziel, ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2030 um 70 Prozent gegenüber dem Jahr 1990 zu reduzieren [2]. Bis 2045 soll eine Netto-CO<sub>2</sub>-Neutralität erreicht werden. Die übrigen Treibhausgasemissionen sollen ebenfalls reduziert werden.

Das dazugehörige Eckpunktepapier zur Transformation zu Erneuerbaren Energien bei dezentraler Wärmeversorgung beschreibt den „Umstieg der Wärmeversorgung aus dezentralen Heizöl- und Gaskesseln sowie Nachtspeicherheizungen zu Gunsten dezentraler erneuerbarer Wärmetechnologien“ als Hebelmaßnahme. Mit Hilfe der gesetzlich vorgeschriebenen kommunalen Wärmeplanung gibt die Stadt vor, wie die Wärmeversorgung der Zukunft aussehen soll. Als Unternehmen in städtischer Anteilseignerschaft kümmern sich die Hamburger Energiewerke um die konkrete Umsetzung vom Bau regenerativer Erzeuger, dem Ausbau der Netze bis zur

Entwicklung und Betrieb von Photovoltaik-Anlagen, Windkraft und E-Mobilität in der Hansestadt.

Neben Erneuerbaren Energien, CO<sub>2</sub>-ärmeren Brennstoffen und Abwärme in einem ausgebauten Fernwärmenetz gilt es dabei auch, neue technische Lösungen miteinzubeziehen. Geothermie, die Nutzung des Potenzials von Erdwärme, ist neben Wind und Sonne die dritte Säule der erneuerbaren Energien. Sie ist grundlastfähig, CO<sub>2</sub>-neutral und lokal verfügbar. Gemäß einer Studie des Umweltbundesamtes [3] kann Tiefengeothermie in Deutschland bis zum Jahr 2050 mit 118 Terawattstunden pro Jahr zur klimaneutralen Wärmeversorgung beitragen. Bis auf wenige Projekte blieb sie im norddeutschen Raum allerdings weitgehend unbeachtet. Geothermische Energie wurde bislang aufgrund des Fündigkeitsrisikos nur an wenigen Orten in Norddeutschland umgesetzt, da die damit einhergehenden Investitionen sehr hoch sind. Das Fündigkeitsrisiko bezeichnet das Risiko, dass Bohrungen im Untergrund nicht die vorab angenommenen Temperaturen oder Wärmeergebigkeiten finden. Im Hamburger Raum lagen dazu keine Erfahrungswerte vor. Dies ändert sich durch das Projekt IW<sup>3</sup> (Integrierte Wärmewende Wilhelmsburg).

Die Hamburger Energiewerke als Konsortialführer planen mit ihrem Tochterunternehmen HAMBURG ENERGIE Geothermie GmbH, Erdwärme als natürliche Energiequelle für Hamburg nutzbar zu machen. Dafür wurde Ende Januar 2022 im Wilhelmsburger Hafengebiet mit den Erkundungsbohrungen zur Förderung von Erdwärme und den anschließenden Förderbohrungen begonnen.

Begleitet wurden die Erkundungs- und Erschließungsarbeiten des tieferen Untergrunds von einem umfangreichen geowissenschaftlichen Untersuchungsprogramm. Projektpartner waren das Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) und die Georg-August-Universität Göttingen (Geowissenschaftliches Zentrum). Die Untersuchungen des wissenschaftlichen Begleitprogramms sind Bestandteil des Verbundvorhabens „mesoTherm“. Ziel des Projekts „mesoTherm“ ist die verbesserte Charakterisierung hydrothermalen Reservoire und die Minimierung des Fündigkeitsrisikos.

Geplant ist, dass die Geothermie-Anlage die gewonnene Erdwärme in das Wärmeverbundsystem von Wilhelmsburg einspeisen soll. Das Projekt wird als Teil der Reallabore der Energiewende vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert. Begleitet wurden die Arbeiten von

einem umfangreichen geowissenschaftlichen Untersuchungsprogramm.

## II. MITTELtiefe STATT tiefe GEOTHERMIE

Im Frühjahr 2022 wurde die erste Erkundungsbohrung bis zu einer Endteufe von 3.067 Meter niedergebracht. Ursprünglich als Tiefe Geothermie geplant, erforderte eine zu geringe Mächtigkeit und Durchlässigkeit des ursprünglichen Reservoirs eine Umplanung. Entsprechend der Seismik wurden eigentlich Sandsteine des oberen Keupers (Rhät) in rund 3.200 Meter Tiefe erwartet. Bis zu einer Tiefe von rund 2.500 Meter entsprach die Bohrung vollständig den Erwartungen. Dass es ab dann jedoch anders aussah als angenommen, führte zu einigen Veränderungen im Projektdesign. Entgegen den Erwartungen lagen die Sandsteine des Rhäts höher und wiesen eine zu geringe Gesamtmächtigkeit auf. Nach der Nicht-Fündigkeit in den tieferen Horizonten wurden zwei mitteltiefe Horizonte getestet. Aus den Sandsteinen der Glinde-Formation wurde ein Thermalwasserzufluss festgestellt der anschließend genauen Untersuchungen unterzogen wurde, um das Projekt auf verändertem Horizont fortzusetzen.

Anschließend wurde 2023 eine sogenannte Dublettenbohrung in gut 1.300 Meter Tiefe durchgeführt, bei der eine erste Bohrung als Produktionsbohrung energetisch und eine zweite Bohrung als Injektionsbohrung zum Rückfluss des Thermalwassers genutzt wird. Die Fördertests wurden erfolgreich abgeschlossen. Die Ergebnisse: Aus der Sandsteinschicht in über 1.300 Metern Tiefe kann zukünftig 48 °C warmes Thermalwasser gefördert werden.

Bei einem vergleichbaren Projekt in Mecklenburg-Vorpommern wurde die Anlage im Betrieb durch Schwebeteilchen im geförderten Thermalwasser stark beeinträchtigt. Um dies für Wilhelmsburg auszuschließen, wurde ein umfassender Zirkulationstest durchgeführt. Dabei wurde überprüft, ob die angestrebten Fließraten tatsächlich erreicht werden oder die Einleitung von weiteren Maßnahmen erforderlich ist. In Wilhelmsburg konnte die notwendige Nennleistung von 140 Kubikmetern pro Stunde im ersten Anlauf schon nahezu erreicht werden.

Aufgrund der Ergebnisse der Fördertests und des derzeitigen technischen Planungsstandes der Geothermie-Anlage rechnen unsere Experten mit einer geothermalen Wärmeleistung von rund 6 Megawatt, die zusätzlich über eine Wärmepumpe auf höhere Temperaturen und eine Leistung von mehr als 10 Megawatt gebracht werden kann. Rein rechnerisch lassen sich damit über 4.700 Haushalte versorgen. Durch den Einsatz einer geplanten mehrstufigen Wärmepumpenanlage kann die gewonnene Wärmeenergie und damit auch die Anzahl der versorgten Haushalte auf rechnerisch über 6.000 Haushalte erhöht werden. Aufgrund der steigenden Nachfrage nach ökologischer Wärme und der angestrebten Gebietsentwicklung wird eine gute Chance gesehen, Wilhelmsburg in Zukunft aus einer weiteren Dublette versorgen zu können.

Die Netzentwicklung sieht den Anschluss der Geothermie an den Wilhelmsburger Energiebunker vor. Hierfür wird eine 1,5 Kilometer lange Leitung gebaut. Der Energiebunker wird dann für die erneuerbare Wärme als eine Art Verteilknoten dienen und dafür sorgen, dass sie sicher und effizient weiter zu den Hausanschlüssen transportiert wird. Einige zentrale Informationen über den Energiebunker sind in TABELLE I gegeben.

TABELLE I: DER ENERGIEBUNKER IN ZAHLEN.

<b>Technische Daten</b>	
Erbaut	1943
Umbau zum Energiebunker	2010–2013
Energieerzeugung (Wärme und Strom)	21.500 MWh
CO <sub>2</sub> -Einsparung in Hamburg	5.000 Tonnen
<b>Verwendete Technologien</b>	
Solarenergie	Auf dem Dach und an der Südseite des Energiebunkers sind über 2.000 Quadratmeter Solarkollektoren und -zellen angebracht, die die Sonnenstrahlen über Hamburg einfangen.
Abwärme	Aus einem benachbarten Industriegebiet wird Abwärme in den Energiebunker geleitet, dort gespeichert und als Wärme an die Verbraucher weitergegeben.
Kraft-Wärme-Kopplung	Zwei Blockheizkraftwerke (BHKW) sorgen dank Kraft-Wärme-Kopplung für Strom und Wärme. Eines der BHKWs wird mit Biomethan betrieben. Drei Spitzenlastenkessel sichern die Wärmeversorgung zu außergewöhnlichen Stoßzeiten ab.
Wärmespeicher	Dieser Großpufferspeicher fasst 2 Millionen Liter Wasser. Das entspricht 2.000 Kubikmetern. Das Wasser dient als Speichermedium für die Wärmeenergie, die über den Verlauf des Tages aus der industriellen Abwärme, den Solarkollektoren und den BHK Ws eingespeist wird.

## III. KLIMAFREUNDLICHE WÄRME AB 2026

Gemäß Planungsstand und vorbehaltlich der Genehmigung durch die zwei zuständigen Behörden planen wir aktuell mit einem Baustart des Heizhauses ab Frühjahr 2025 und einer Wärmelieferung entsprechend in 2026. Der spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor der geplanten Wärmeversorgung sinkt im Vergleich zu einer konventionellen Versorgungslösung um ca. 35 Prozent, womit sich eine CO<sub>2</sub>-Einsparung von 2.997 Tonnen pro Jahr ergibt.

Da die Temperatur des Thermalwassers – je nach Jahreszeit – auf 75 bis 85 °C für den Heizwasserkreislauf angehoben werden muss, ist der Einsatz einer Wärmepumpenanlage erforderlich. Sie soll in zwei Strängen mit jeweils mehreren Wärmepumpen ausgeführt werden, um den vorwiegend jahreszeitlich bedingten Schwankungen in der Abnahmeleistung besser Rechnung tragen zu können. Zurzeit werden die Übertage-Anlagen inklusive der Wärmepumpenanlage geplant. Diese sollen bis Ende 2025 fertig gestellt sein.

## IV. SYSTEMISCHES DENKEN

Ein zentrales Ziel des Reallabors ist die Integration eines neuen Erzeugers – der geothermischen Wärmequelle in Verbindung mit einer Wärmepumpenanlage und einem Blockheizkraftwerk – in ein System bestehender Energieerzeuger. Für das neu entstehende Wärmeverbundsystem wurde im Teilprojekt IWS „Systemintegration“ ein umfassendes Wärmekonzept entwickelt und anhand von Simulationen überprüft und bewertet. Ebenso bildet es die Schnittstelle zwischen den Vorhaben IWU „Geothermische Nutzung des Untergrunds“ und IWM „Integrierter Wärmemarkt“.

Mit der Zusammenführung der Arbeiten rund um IW<sup>3</sup> soll ein intelligentes sowie hochflexibles Wärmeverbundsystem mit innovativen Erzeugern, die Fernwärme mit hoher ökologischer Güte bereitstellen, in Hamburg-Wilhelmsburg entstehen (ABBILDUNG 1). Durch die Anwendung der entwickelten Konzepte soll die Dekarbonisierung des Wärmenetzes zu geringen volkswirtschaftlichen Kosten

gelingen und das Projekt insbesondere durch den Einsatz der Geothermie und der Kombination dezentraler Erzeugerstrukturen in einem Nahwärmenetz als Blaupause für die Energiewende in Norddeutschland genutzt werden.

Die konkrete Konzeptionierung und Projektierung des angestrebten synergetischen-regenerativen Energiequartiers ist der erste Schritt. Danach erfolgt die reale Umsetzung eines intelligenten Wärmesystems. Dafür werden entsprechende Planungs-, Beschaffungs- und Baumaßnahmen für die benötigten Erzeuger- und Speichersysteme durchgeführt. Darüber hinaus entwickelte und untersuchte der Forschungspartner Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW Hamburg) die technische Implementierung des im Vorhaben IWM erstellten Wärmemarkts sowie dessen steuerungstechnische Anbindung an die Systemkomponenten.

Der wissenschaftliche Aspekt zielt auf den empirischen Nachweis dafür ab, mit einem digitalisierten Wärmeverbundsystem Synergieeffekte zwischen internen und externen Marktteilnehmern zu schaffen, und damit ökologische wie auch ökonomische Effizienzpotenziale heben zu können. Aus technischer Sicht besteht das übergeordnete Projektziel im erfolgreichen Bau und Betrieb eines multisektoralen Energieverbundsystems. Mithilfe der Konzeptentwicklung und simulativen Überprüfung der betrieblichen Einbindung einer Geothermie-Anlage, steuerbarer Erzeugungsanlagen und Verbraucher sowie digitalisierter Netzkomponenten soll das intelligente Wärmeverbundsystem multisektoral verknüpft und auf maximale Flexibilität ausgerichtet sein.

## V. DIGITALE UNTERSTÜTZUNG

Zur Planung und Prognose setzen die Projektpartner neueste digitale Technologien ein. So werden Verfahren des Machine Learning, wie z. B. künstliche neuronale Netze, verwendet, um die Wärmeabnahme der Verbraucher in hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung zu prognostizieren. Das Wärmeverbundsystem, bestehend aus den Bestandsnetzen und den Neubaunetzen, wird in der thermo-hydraulischen Simulationsplattform Jarvis modelliert und simuliert, um das komplexe Zusammenwirken der Anlagen des Wärmenetzes analysieren und verstehen zu können. Durch die verteilten Berechnungsmethoden kann ein sehr detailliertes Abbild des realen Netzes modelliert und berechnet werden. Dadurch kann in Planung und Betrieb des Netzes auf tägliche Fluktuationen erneuerbarer Erzeuger genauso wie auf Unsicherheiten im Netzausbau eingegangen werden. Mit Hilfe dieses Simulationsmodells und den Bedarfsprognosen kann unter Verwendung von Optimierungsalgorithmen ein effizienter Betrieb gewährleistet werden.

Die Erzeugung und die Abnahme von Wärme sowie die Schnittstelle zwischen Wärme- und Strommarkt soll so effizient wie möglich gestaltet werden. Vor allem aber soll die Transformation in ein CO<sub>2</sub>-freies Wärmesystem kosteneffizient umgesetzt werden. Hierfür wurde im Rahmen des Teilprojektes IWM ein digitaler Wärmemarktplatz konzipiert, auf dem lokale Wärmemengen unterschiedlicher Herkunft angeboten werden können.



ABBILDUNG 1: GEOTHERMIE IM PROJEKT IW<sup>3</sup>.

Das Marktdesign berücksichtigt dabei die physikalischen Eigenschaften und Anforderungen des Wärmenetzes, um alle relevanten Kostenfaktoren für Erzeugung und Verteilung der Wärme in einer Optimierung des Gesamtsystems abbilden zu können.

Insbesondere der Einfluss der Vorlauftemperatur auf die Erzeugungskosten, die Wärmeverluste sowie die Flexibilität des Wärmenetzes werden neben der gelieferten Wärmemenge berücksichtigt. Zudem wird der notwendige Pumpenstrom zum Transport der eingespeisten Wärme an den Abnahmeort eingepreist.

Auf Basis der Marktergebnisse werden die Anlagen im Netz koordiniert und gesteuert, indem sie an ein gemeinsames Leitsystem angeschlossen sind, ähnlich wie in einem virtuellen Kraftwerk.

Zur Bilanzierung und Kennzeichnung der Wärmeversorgung wird die Umsetzung eines Herkunftsnachweisregisters für grüne Fernwärme erforscht. Als Pilotvorhaben für Deutschland zielt die Entwicklung eines Wärme-Herkunftsnachweisregisters darauf ab, eine bilanzielle Zuordnung grüner Wärmemengen zu Gebäuden und Quartieren zu ermöglichen. Die Vermarktung grüner Fernwärme als eigenständiges Produkt könnte zukünftig dazu beitragen, die Wirtschaftlichkeit und gesellschaftliche Akzeptanz von neuen Projekten zur Fernwärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien und Abwärme zu verbessern.

Die Forschenden untersuchen außerdem neuartige Wärme- und Flexibilitätsmärkte und erproben ein Pilotregister für das kommende Herkunftsnachweisregister für Wärme.

## VI. FAZIT UND ÜBERTRAGBARKEIT

Die Anpassung des Konzepts verdeutlicht die Vorteile der mitteltiefen Geothermie als technische Lösung für den Klimaschutz, die als Vorbild für weitere Projekte in Norddeutschland dienen soll: Projektentwicklungszeiten, Bohrkosten und das Bohrrisiko fallen im Vergleich zur tiefen Geothermie deutlich geringer aus. All diese Punkte sprechen für eine Skalierbarkeit dieser Lösung in Hamburg und Norddeutschland. Im Großraum Hamburg werden daher aktuell weitere Standorte, die aus geologischer Sicht für Bohrungen aussichtsreich sein könnten, auf ihre Potenziale geprüft. IW3 könnte somit Pionierarbeit für weitere mitteltiefe Bohrungen in Hamburg und den norddeutschen Raum geleistet und weitere Akteure zu ähnlichen Vorhaben inspiriert haben. Dies kann erheblich zum weiteren Ausbau des Wärmenetzes sowie dem zukünftig fallenden CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor des deutschen Strommixes beitragen.

Der Parlamentarische Staatssekretär beim Bundesminister für Wirtschaft und Klimaschutz, Stefan Wenzel, sieht Geothermie jedenfalls schon jetzt als wesentlichen Baustein der Wärmewende. Bei seinem Besuch in Hamburg sprach er sich auch für vereinfachte diesbezügliche Rahmenbedingungen aus: „Wir haben vor Kurzem im Bürokratien-entlastungsgesetz IV eine Änderung des Bergrechts aufgenommen, die Geothermie erleichtert und Rechtsklarheit schafft. Das hatten die Bundesländer bislang unterschiedlich gehandhabt. Und wir werden bei einer umfassenderen Novelle des Bergrechts prüfen, wo es weitere Verbesserungsmöglichkeiten für Geothermie gibt. Wir prüfen auch konkrete Vorschläge, wie die Rahmenbedingungen für Planung und Genehmigung vereinfacht werden könnten. Außerdem haben wir im Wärmeplanungsgesetz bereits das überragende

öffentliche Interesse für Anlagen mit erneuerbarer Wärme verankert, die ins Wärmenetz einspeisen. Davon profitiert auch die Geothermie.“ [4]

Das Bundeswirtschaftsministeriums (BMWK) plant mit der Förderbank KfW eine staatlich unterstützte Versicherungslösung einzurichten, die das Fündigkeitsrisiko bei mitteltiefen und tiefen Geothermiebohrungen absichert. Es lassen sich bereits KfW-Darlehen für die Umsetzung von Tiefengeothermie-Projekten beantragen, die Absicherung der Fündigkeit ist jedoch bisher noch ausgenommen, was die Investitionsbereitschaft der Unternehmen in die zukunftsweisende Technologie der Geothermie einschränkt. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Beitrags sind im Bundeshaushalt 2025 hierfür neun Millionen Euro vorgesehen. Die Hamburger Energiewerke begrüßen diesen Schritt, der mit Sicherheit dazu führen würde, Geothermie als bedeutende Säule der Wärmeversorgung in Deutschland zu etablieren.

## DANKSAGUNG

Das Projekt IW3 wird als eines der „Reallabore der Energiewende“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert.

## LITERATUR

- [1] dena Gebäudereport 2024  
<https://www.dena.de/newsroom/publikationsdetailansicht/pub/dena-gebauereport-2024>
- [2] Stadt Hamburg <https://www.hamburg.de/politik-und-verwaltung/behoerden/bukea/themen/klimaschutz/szenarienhamburg/erklima-plan-169018>
- [3] [https://www.geothermie.de/fileadmin/user\\_upload/Downloads/Metas\\_tudie\\_Geothermie\\_LIAG\\_2022\\_.pdf](https://www.geothermie.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Metas_tudie_Geothermie_LIAG_2022_.pdf)
- [4] <https://www.geothermie-wilhelmsburg.de/projekttagbuch/>