



Bundesverband
Geothermie



Klimaneutrale Wärme aus Geothermie 2030 / 2050

Antworten auf zentrale Fragen
Mai 2021

Bundesverband Geothermie e. V. | www.geothermie.de

Inhalt

Vorwort	.....01
1. Wie kann eine klimaneutrale Wärmeversorgung 2050 und der Weg dahin aussehen?	.....02
1.1 Bausteine für Technologien und Infrastrukturen	.....02
1.2 Zeitachse und Planungshorizonte	.....04
1.3 Forschungsbedarf	.....05
2. Was kann die Bundesregierung in den nächsten Jahren tun, um über die mit dem Klimaschutzprogramm 2030 bereits beschlossenen Maßnahmen hinaus Investitionen im Wärmebereich in Richtung Klimaneutralität zu lenken?	.....06
3. Wie können Planungsprozesse für eine klimaneutrale Wärmeversorgung und die dazugehörigen Infrastrukturen auf kommunaler, Landes- und Bundesebene aussehen?	.....08
4. Wie können verschiedene Player aus verschiedenen Sektoren zusammengebracht werden und welche Aggregatoren sind notwendig?	.....09
5. Leitfragen für den Dialog Klimaneutrale Wärme	.....10
5.1 Bausteine auf dem Weg zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung	.....10
5.2 Infrastrukturen für die Wärmewende	.....12
5.3 Leitfragen zum Emissionshandel	.....13
5.4 Leitfragen zu Steuern, Abgaben, Umlagen und Entgelte	.....13
5.5 Leitfragen zur Förderung von Markteinführung und Markterhalt	.....14
5.6 Leitfragen zu Energiegebäudestandards und ordnungsrechtlichen Aspekten	.....14
5.7 Leitfragen zur Überregionalen Infrastrukturplanung	.....15
5.8 Leitfragen zur Kommunalen Wärmeplanung	.....15
5.9 Leitfragen zur Forschung, Entwicklung, Innovation	.....15
5.10 Leitfragen zur Digitalisierung	.....17
6. Praxisbeispiel - Erdwärme Grünwald	.....18
7. Autoren	.....19
Abkürzungen	.....22

Klimaneutrale Wärme aus Geothermie 2030 / 2050

Antworten auf zentrale Fragen | Mai 2021

Vorwort

Das Pariser Klimaschutzabkommen von 2015 verpflichtet Deutschland, seinen anteiligen Treibhausgasausstoß massiv zu senken. Dazu verabschiedete der Deutsche Bundestag u. a. das Klimaschutzgesetz, welches für verschiedene Sektoren Einsparziele festlegte. Insgesamt plant Deutschland eine Reduktion der Treibhausgas-Emissionen im Vergleich zu 1990 um 65 % bis 2030 und das Erreichen der bilanziellen Klimaneutralität bis 2050. Dies soll vor allem durch den Ausbau erneuerbarer Energien sowie eine Steigerung der Energieeffizienz erreicht werden. Das Bundesverfassungsgericht unterstrich in seinem Urteil vom 29. April 2021, dass eine Verlagerung von Treibhausgasminderungen in die Zukunft aufgrund von unterlassenen Maßnahmen nicht zulässig sei. Dies bedeutet, dass der Ausbau der Nutzung Erneuerbarer Energien stark beschleunigt werden muss.

Dies erfordert die zügige Transformation des gesamten Energiesystems von der Erzeugung über die Verteilung, Speicherung bis hin zur Nutzung von Energieträgern. Der Ausstieg aus der Kernenergie bis 2022 und der Kohlenutzung bis spätestens 2038 erfordert weitere Alternativen in der Strom- und Wärmeversorgung. Da der Grad der Dekarbonisierung außerhalb der Stromerzeugung noch niedrig ausfällt, wird der Bedarf an erneuerbarer Energie stark steigen. Bisher werden noch über 90 % der Wohngebäude mit Kohle, Erdgas oder Erdöl beheizt. Eine zukünftig vor allem inländische Energiebereitstellung aus Wind, Sonne oder Biomasse geht mit einem massiven Flächenbedarf einher und beansprucht dadurch in zunehmendem Maße die gesellschaftliche Akzeptanz. Aus diesem Grund wird derzeit auch der Import erneuerbarer Energie, z. B. in Form von Wasserstoff, diskutiert. Die Herkunft voraussichtlich hoher Importmengen ist noch nicht konkret ersichtlich. Effizienzbemühungen vor allem im Wärmemarkt zeigen bisher noch wenig Erfolg.

Der größte Anteil des Primärenergieverbrauchs in Deutschland entfällt auf den Wärme- und Kältemarkt (ca. 50 %). In diesen Sektor fand bisher nur ein langsamer, weitgehend auf Biomasse begrenzter Ausbau statt. Die effizienteste Form, den Wärmemarkt mittels Sektorkopplung mit dem Strommarkt zu verknüpfen, erfolgt über die Nutzung der geothermischen Ressourcen. Oberflächennahe und Tiefe Geothermie haben den geringsten Flächenbedarf pro Kilowattstunde, die höchste Jahresarbeitszahl, sowie die geringsten Gestehungskosten aller EE-Technologien. Geothermie ist jederzeit und Jahreszeiten unabhängig verfügbar und hat den geringsten CO₂-äquivalenten Fußabdruck pro Kilowattstunde.

In der Broschüre „Dialog Klimaneutrale Wärme – Zielbild, Bausteine und Weichstellung 2030/2050“ vom Februar 2021 stellt das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) zentrale Fragen für die zukünftige nachhaltige Energieversorgung Deutschlands und Europas.

Zur Beantwortung dieser Fragen spielt die Nutzung der geothermischen Energie aufgrund ihrer Nutzungsbandbreite, der Grundlastfähigkeit und der regionalen Verfügbarkeit eine äußerst wichtige, wenn nicht sogar entscheidende Rolle.

Deshalb hat der Bundesverband Geothermie e. V. (BVG) diese Fragen aufgegriffen und beantwortet sie in der vorliegenden Broschüre konkret. Die Fragestellungen entsprechen wörtlich denen der BMWi-Broschüre. Auch die Nummerierung der Kapitel entspricht der dortigen Reihenfolge. Fragen, die an andere Energieträger als der Geothermie gingen, sind ausgelassen worden. Die Broschüre wird abgerundet durch ein eindrucksvolles, aktuelles Beispiel der kommunalen Wärmeversorgung einer Gemeinde in Bayern.

1. Wie kann eine klimaneutrale Wärmeversorgung 2050 und der Weg dahin aussehen?

Eine klimaneutrale Wärmeversorgung kann bis 2050 durch einen Mix aus Geothermie, Solarthermie, Bioenergie und PtX oft in Verbindung mit Wärmepumpen realisiert werden. Gemäß einer aktuellen Studie des Umweltbundesamtes¹ vom Oktober 2020 kann Tiefe Geothermie hierbei 118 TWh pro Jahr beitragen. Einen deutlich höheren Beitrag kann die Oberflächennahe Geothermie in Verbindung mit Wärmepumpen liefern.

Geothermie hat deutschlandweit ein enormes Potenzial, die Wärmewende wesentlich voranzubringen. Denn unter unseren Füßen ist es überall warm, völlig unabhängig von Tages- und Jahreszeit und meteorologischen Bedingungen. Geothermie ist daher grundlastfähig. In Bayern, im Oberrheintal und in Mecklenburg-Vorpommern zeigen insbesondere kommunale Energieversorgungsunternehmen seit über zwanzig Jahren, wie sich die Geothermie für die Fernwärmeversorgung nutzen lässt. Auch im Ruhrgebiet, im norddeutschen Tiefland, in Sachsen und anderen Regionen setzen Städte darauf, ihre Fernwärmenetze nach und nach mithilfe der Geothermie zu dekarbonisieren. Zudem sind bereits zusätzliche Reservoirs für die Mitteltiefe Geothermie identifiziert worden. Und: Oberflächennahe Geothermie wird in Deutschland bereits hunderttausendfach genutzt und ist hinsichtlich Technik und Effizienz eine optimale Lösung, wenn keine Fernwärme zur Verfügung steht.

1.1 Bausteine für Technologien und Infrastrukturen

Geothermische Energie (Geothermie, Erdwärme) ist die unterhalb der Oberfläche der festen Erde gespeicherte Wärmeenergie. Diese Wärme ist nach menschlichen Maßstäben unerschöpflich (Nachhaltigkeit). Geothermische Technologien sind geeignet, Wärme, oder bei Bedarf auch Kälte, aus verschiedenen Tiefen

des Untergrundes zu gewinnen, gegebenenfalls in Strom umzuwandeln, zu speichern und an die Verbraucher zu verteilen. Die heimische Erzeugung erneuerbarer Wärme aus Geothermie, die zudem wenig Fläche beansprucht, elektrischen Strom effizient nutzt sowie CO₂-Emissionen und Feinstaub optimal reduziert, ist ein wesentlicher Baustein für die Wärmewende, da sie nach Studien bei optimaler Entwicklung im Jahr 2050 bis zu 60 % der Wärmeenergie beisteuern könnte.

Die Versorgung mit Warmwasser und Heizwärme wird in urbanen Räumen häufig durch Fernwärmenetze sichergestellt, während in ländlichen Gebieten die Einzelversorgung von Gebäuden vorherrscht. Die Gestaltung von zentral gespeisten, effizienten Wärmeversorgungsnetzen ist besonders in urbanen Gegenden ein bestimmendes Element der Wärmewende. Für den ländlichen Raum ist der verstärkte Einsatz klimaneutral betriebener Wärmepumpen für die Wärmewende maßgebend. Wärmepumpen machen geothermische Wärme auch auf anderen Temperaturniveaus nutzbar, indem sie die Wärme mit Hilfe von Strom auf ein höheres (oder im Falle von Kühlung niedrigeres) Temperaturniveau bringen. Dies gilt gleichermaßen für die Wärmeversorgung in Einzelgebäuden wie für die Fernwärme, bei der Großwärmepumpen zum Einsatz kommen, um die vorhandenen Netze ineinander zu integrieren. Der Ausbau und die Ertüchtigung vorhandener Fernwärmenetze ist dabei unerlässlich.

Erdwärme kann auf unterschiedliche Weise genutzt werden. Mit der Oberflächennahen Geothermie, die die Erdwärme in den obersten 400 Metern bis zu einer Temperatur von ca. 20 °C nutzt, kann Wärme und Kälte gewonnen sowie gespeichert werden. Mit der Tiefen Geothermie erfolgt die Energiebereitstellung in der Regel über die Fluidförderung. Realisiert wird meist ein Thermalwasserkreislauf durch eine geothermische Dublette bestehend aus einer Förder- und einer Injektionsbohrung. Angetrieben wird der Thermalwasserkreislauf durch eine Förderpumpe und (falls nötig) durch zusätzliche Injektionspumpen.

Bei der Tiefen Geothermie kann neben Wärme auch ab einem Temperaturniveau von über 100 °C durch ein thermisches Kraftwerk Strom produziert werden. Ab Temperaturen von 60 °C, d. h. ab Tiefen von 1.000-1.500 m, ist eine direkte Nutzung der Erd-

¹ SANDROCK, M. ET AL. (2020): Kommunalen Klimaschutz durch Verbesserung der Effizienz in der Fernwärmeversorgung mittels Nutzung von Niedertemperaturwärmequellen am Beispiel tiefergeothermischer Ressourcen. - Climate Change, 31/2020; Umweltbundesamt (Dessau).

Effizienzmeister Geothermie



Gebäude-
wärme



Strom-
produktion



Thermal-
bad

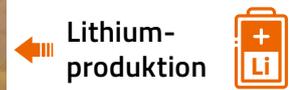


Foto: © Stephan Kelle, 2016 | Geovol Geothermieranlage Unterföhring ■ Datenquellen: Forschungsstelle für Energienetze und Energiespeicher (FENES) (2020), Agora Energiewende (2020), Fraunhofer (ISE 2020), eigene Erhebung

Abb. 1: Produkte der Geothermie

wärme ohne Temperaturerhöhung (Wärmepumpen, Wärmetransformatoren) möglich. Häufig wird der Zwischenbereich zwischen 400 m und 1.500 m mit Temperaturen von 20-60 °C als Mitteltiefe Geothermie bezeichnet. Fast alle Thermalbäder in Deutschland gehören in diese Kategorie; zukünftig wird dieser Bereich besonders für die Energiespeicherung von größerem Interesse sein.

Erdwärme ist eine verlässliche Energiequelle. Mit aktuellen Technologien ist die hydrothermale Geothermie zur Wärmenutzung voll einsatzfähig. Aktuell sind in Deutschland knapp 40 Heiz- und Kraftwerke sowie kombinierte Heizkraftwerke (KWK) in Betrieb. Im

Bereich der oberflächennahen Geothermie sind rund 420.000 Anlagen installiert. Zukünftig soll verstärkt die Nutzung zur Wärme- und Kälteversorgung ausgebaut werden sowie saisonale Wärmespeicherung initiiert werden. Die Nutzung von erdgebundenen Wärmepumpen für Einfamilienhäuser und bei Neubauten von Büro- und Gewebekomplexen ist sofort umsetzbar.

1.2 Zeitachse und Planungshorizonte

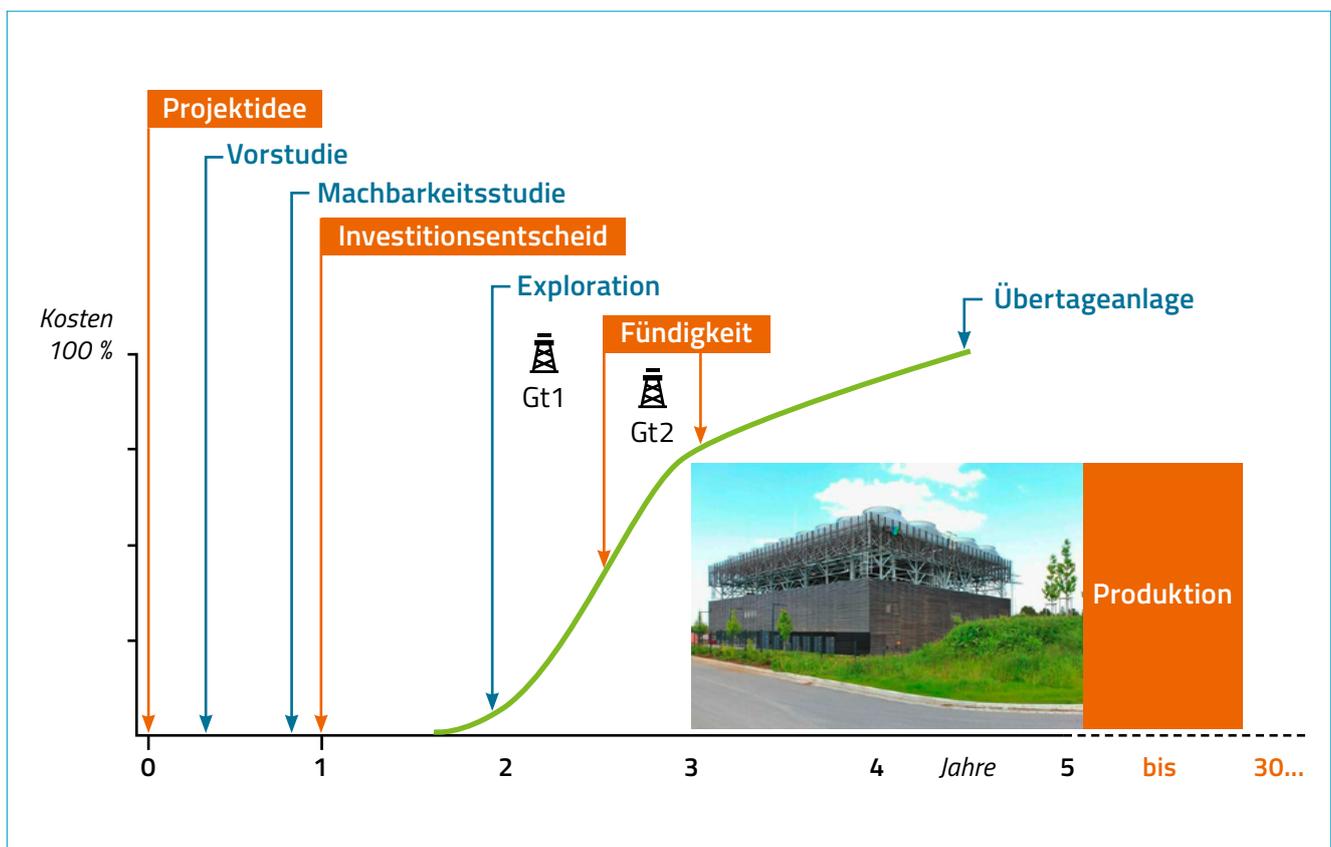
Die Realisierung von Tiefengeothermie-Projekten inklusive der Errichtung von geothermischen Heizwerken als auch in Zukunft die Installation von unterirdischen Wärmespeichern benötigen jeweils eine Vorlaufzeit von mindestens fünf Jahren, wovon ca. zwei Jahre für die Explorationstätigkeit benötigt werden.

Der Zeithorizont von ca. fünf Jahren ist als grober Richtwert zu verstehen, da er von verschiedenen Faktoren abhängt. Zum einen ist ausschlaggebend, welche genehmigungsrechtlichen Gegebenheiten am geplanten Standort anzutreffen sind. Insbesondere im urbanen Raum ist damit zu rechnen, dass aufgrund unmittelbarer Nähe zur Wohnbebauung und wegen starker Flächenkonkurrenz erhebliche Anforderungen zu einem erhöhten Zeitaufwand führen. Der zweite maßgebliche Zeitaufwand entsteht durch

die Zahl der Geothermiebohrungen. Multi-Dubletten wie Multilateralschließung werden einerseits den Zeitaufwand vergrößern, andererseits ist eine effektivere Platznutzung durch Clustern gegeben, so dass in Folge die Anzahl von Standorten reduziert werden kann.

Berücksichtigt werden muss außerdem die Integration in ein bestehendes Fernwärmenetz oder ggf. der Zubau bzw. Ausbau des Netzes. Je nachdem bedeutet dies einen erheblichen Zeitbedarf, der möglichst mit anderen Projektablaufen zu synchronisieren ist.

Abb. 2: Ablaufschema für die Errichtung einer geothermischen Heizzentrale²



² STOBER, I., FRITZER, T., OBST, K. & SCHULZ, R. (2016): Tiefe Geothermie – Nutzungsmöglichkeiten in Deutschland. – 4. akt. Auflage, 87 Seiten; Hannover (LIAG).

1.3 Forschungsbedarf

Der Bundesverband Geothermie hat im Dezember 2020 einen aktuellen Bericht über „Stand der Forschung und Forschungsbedarf in der Geothermie“³ publiziert. Die zentralen Themen des Forschungsbedarfs werden im Folgenden genannt; weitere Details und Begründungen können dem Bericht entnommen werden.

- Ein öffentlich gefördertes langfristiges projektunabhängiges Erkundungsprogramm für relevante geothermische Reservoirformationen in Gebieten mit unzureichenden Untergrundinformationen.
- Durchführung eines öffentlich geförderten Bohrprogramms an verschiedenen geothermisch relevanten Lokationen mit entsprechender Standortvorerkundung.
- Optimierung von Tiefbohranlagen im urbanen Bereich.
- Demonstrationsprojekte für Stimulationstechniken in dichten Gesteinen.
- Verbesserung von Verlässlichkeit und Effizienz der zur Fluidförderung genutzten Tiefpumpen.
- Weiterentwicklung von Monitoring-Systemen (über und unter Tage).
- Weiterentwicklung von markttauglichen Hochtemperatur- und Großwärmepumpen.
- Untersuchungen für eine effiziente und flexible gemeinsame Wärme- und Kältebereitstellung.
- Weiterentwicklung mitteltiefer Erdwärmesysteme zur Versorgung größerer (Bestands-) Objekte und Infrastrukturen.
- Untersuchung der vorhandenen Bergbau-Infrastruktur im Hinblick auf geothermische Nutzung.
- Entwicklung von Optimierungsverfahren zur Positionierung und Verteilung von Sondenfeldern der Oberflächennahen Geothermie.
- Einbindung der Geothermie in Niedertemperaturnetze (kalte Nahwärme) und deren Nutzung zur Wärme- und Kältespeicherung, einschließlich einer Integration weiterer Energieerzeuger.
- Erarbeitung von Möglichkeiten des Umbaus bestehender Hochtemperaturnetze zu Niedertemperaturnetzen; Anpassung der Wärmeverteilnetze an Abnehmer und Quellen.
- Weiterentwicklung von Auslegungen von Erdsondenfeldern zur Wärmespeicherung und Wärmerückgewinnung.
- Entwicklung eines Masterplans Tiefenspeicherung als Komponente der Wärmewende, einschließlich von Speichern zur Rückverstromung.

³ Forschung_Papier_2020_A4_20201217_Final_interaktiv.pdf
([geothermie.de](https://www.geothermie.de))

2. Was kann die Bundesregierung in den nächsten Jahren tun, um über die mit dem Klimaschutzprogramm 2030 bereits beschlossenen Maßnahmen hinaus Investitionen im Wärmebereich in Richtung Klimaneutralität zu lenken?

Die Potenziale von tiefeingeothermischer Fernwärme sowie oberflächennaher Geothermie zur Beheizung von Gebäuden und Quartieren ermöglichen eine Wärmeerzeugung, die unabhängig von Brennstoffen und deren Schwankungen bei Preis und Verfügbarkeit ist. Die Nutzung der Wärme unter unseren Füßen trägt entscheidend dazu bei, dass die ambitionierten Klimaschutzziele der Bundesregierung erreicht werden. Wie das Umweltbundesamt errechnete, werden durch geothermische Anlagen pro Jahr schon jetzt ca. 993.700 Tonnen CO₂ eingespart.

Über die bisher schon beschlossenen Maßnahmen hinaus besitzen vor allem folgende Maßnahmen das Potenzial für eine deutliche Steigerung der Energiebereitstellung aus Geothermie.

➤ Gerechte und an CO₂-Emissionen orientierte Belastung von Energieträgern:

Nur mit fairen Preisen kann die Wärmewende und damit die Energiewende als Ganzes gelingen. Von zentraler Bedeutung ist daher, dass die Klimaschäden von fossilen Energien sich im Endkundenpreis adäquat niederschlagen. Daher sollten die Steuern und Abgaben zukünftig noch wesentlich deutlicher an der Klima(schutz)wirkung der unterschiedlichen Technologien orientiert werden.

➤ Grundlagen schaffen – Untergrundkenntnisse durch Erkundungsprogramm ausbauen:

Die Kenntnisse des Untergrunds sind an vielen Orten unzureichend. Sie sind aber gerade für tiefeingeothermische Projekte von herausragender Bedeutung. Die systematische Erkundung des Untergrundes von Staatsseite ist geeignet, eine Dynamik beim Ausbau der Tiefen Geothermie zu erzeugen.

➤ Informationen ausbauen – Einführung einer Beratungspflicht:

Die Vorteile von geothermischen Heizsystemen müssen Bürger, Kommunen und Unternehmen kommuniziert werden. Daher sollte eine verpflichtende Beratung zur Wärmeerzeugung eingeführt werden. Die Ergebnisse sollten im Energieausweis veröffentlicht werden. Die BGR sollte für die öffentliche Datenbereitstellung und Kommunikation befähigt werden.

➤ Wärme- und Stromprojekte absichern:

Tiefeingeothermische Projekte sind im Betrieb günstig, in der Anfangsphase jedoch mit vergleichsweise hohen Investitionskosten verbunden. Diese Finanzierungshürden sollten über Eigenkapital stärkende KfW-Ausfallbürgschaften und eine Fündigkeitsabsicherung in der Startphase kompensiert werden.

➤ Wärmenetze mit Geothermie-Einspeisung stärken:

Der Ausbau von Wärmenetzen und die Möglichkeiten zur Einspeisung von Erdwärme in diese Netze sollten gestärkt werden. Deshalb muss mit der Bundesförderung effiziente Wärmenetze der Ausbau von geothermisch kompatiblen Wärmenetzen verbessert werden. Der Ansatz im Rahmen der Bundesförderung effiziente Wärmenetze, die Interdependenzen in Investitionen in Erzeugung und Infrastruktur zu verankern, ist sehr zu begrüßen. Für den Ausbau der Geothermie ist besonders wichtig, dass bisherige Förderbegrenzungen hinsichtlich Größe und Tiefe der Projekte aufgehoben werden und die Förderquote für Erzeugungsanlagen insgesamt angehoben wird. Von zentraler Bedeutung ist, die Förderung von Speichern und die Netzanbindung von EE-Wärmeerzeugungs-

anlagen an bestehende Wärmenetze in die Förderung einzubeziehen. Darüber hinaus gilt es, eine bessere bundesweite Erkundung des Untergrundes zur Erschließung geothermischer Projekte über bestehende Erschließungsgebiete hinaus sowie die Absicherung von Ausfallrisiken für die Geothermie in die Bundesförderung effiziente Wärmenetze zu integrieren.

➤ **Novellierung der Wärmelieferverordnung:**

Die Wärmelieferverordnung muss novelliert und die Erfordernisse der Betriebskostenneutralität gestrichen werden, um Lock-in-Effekte zu vermeiden und klimaneutraler Fernwärme auch im Bestand einen deutlichen Schub zu verleihen.

➤ **Geothermie auch in der Prozesswärme nutzen:**

Geothermie bietet auch die Möglichkeit für einen Einsatz als industrielle Prozesswärme. Deshalb ist hier eine Gleichstellung in der Förderrichtlinie zu Erneuerbaren Energien in der Industrie als neuer Baustein mit aufzunehmen.

➤ **Entlastung des EE-Stroms für Wärmepumpen und Tiefpumpen von EEG-Umlage und Stromsteuer:**

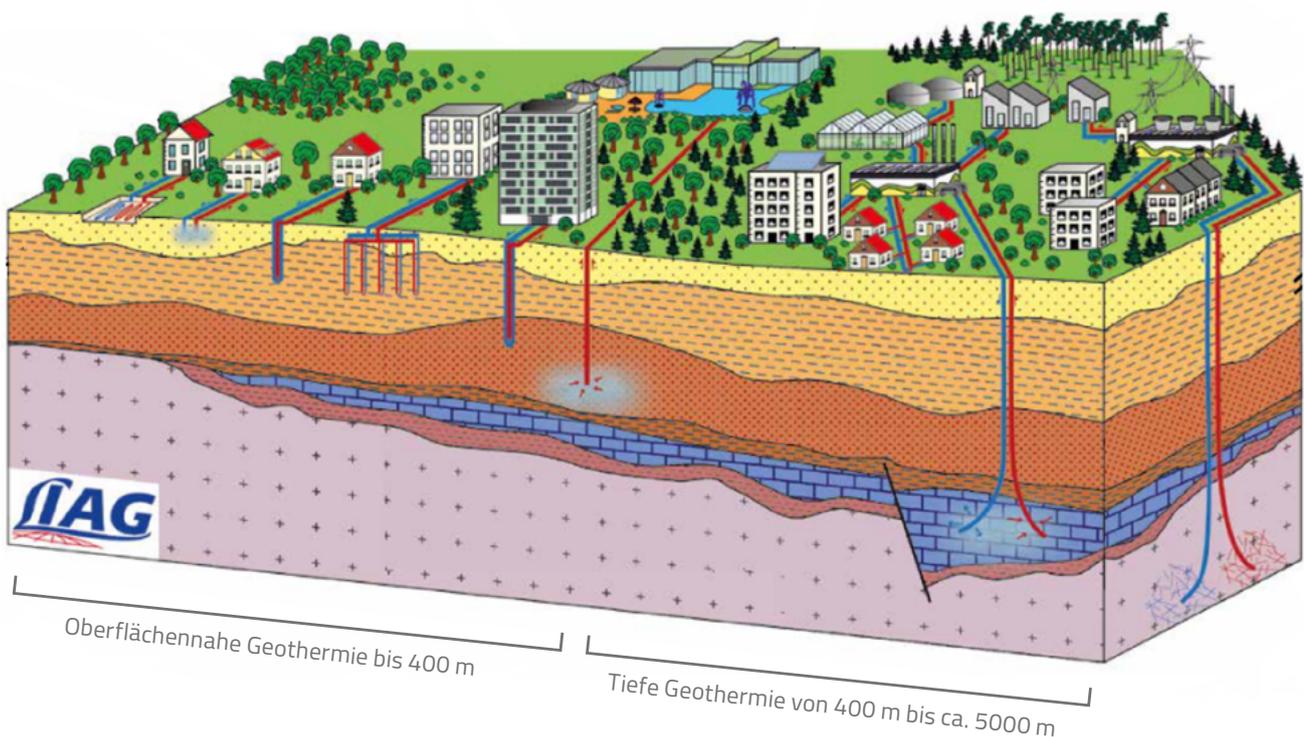
Durch EEG-Umlage und Stromsteuer, die dem Umweltschutz dienen sollen, wird paradoxerweise eine umweltfreundliche Technologie in ihrer Entwicklung blockiert. Insgesamt wird der Preis für den Strom für Erdwärmeheizungen durch Steuern und Abgaben verdoppelt; zum Vergleich: Öl und Gas werden nur zu 20-30 % belastet.

➤ **Geothermie als Gebäudeheizung nutzen:**

Geothermie ist Klima- und Umweltschutz. Deshalb müssen Genehmigungsverfahren für Geothermie-Heizungen vereinfacht und vereinheitlicht werden. Der Einbau von Klima und Umwelt schädigenden Gas-, Öl- und Kohle- Heizungsanlagen muss beendet werden.

➤ **Effizienzmeister angemessen fördern:**

Geothermie benötigt wenig Fläche und wandelt elektrischen Strom hocheffizient in Wärme um. Deshalb sollte diese Technologie auch stärker über die Bundesförderung für effiziente Gebäude berücksichtigt werden, u. a. mit einer angemessenen Förderung für den Neubau.



Bildquelle: Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik – LAG, verändert

3. Wie können Planungsprozesse für eine klimaneutrale Wärmeversorgung und die dazugehörigen Infrastrukturen auf kommunaler, Landes- und Bundesebene aussehen?

Für die mehrjährige Entwicklung von Geothermieprojekten ist es essenziell, Planungssicherheit zu erlangen. Verzögerungen in der Umsetzung der Bundesförderung effiziente Wärmenetze haben daher die Konsequenz, dass für die urbane Wärmewende wichtige Geothermieprojekte nicht weiter vorangetrieben werden, obwohl aufgrund des Kohleausstiegsbeschlusses sowie nationaler und kommunaler Klimaziele erheblicher Handlungsdruck besteht.

Maßnahmen, die vor Ort ergriffen werden müssen, umfassen unter anderem die Erschließung von Flächen für Geothermieanlagen, Speichern, Wärmenetzen und weiteren EE-Wärmeerzeugungsanlagen, insbesondere im urbanen Raum, wo Nutzungskonkurrenzen bestehen. Hier gilt es, bei der kommunalen Wärmeplanung Strategien für die Berücksichtigung und Priorisierung von Flächen für Geothermieanlagen im Rahmen der Flächennutzungs- und Stadtplanung zu entwickeln. EE-Wärmeerzeugungsanlagen bzw. Energieerzeugungsanlagen im Allgemeinen fanden in der Flächennutzungs- und Stadtplanung bisher üblicherweise kaum Berücksichtigung. Mit der Wärmewende im Zusammenhang mit kommunalen Klimazielen ändert sich dies nun. Von besonderer Bedeutung für die Aufsetzung entsprechender Prozesse ist eine umfassende Kommunikation mit allen beteiligten Akteuren; neben den städtischen bzw. kommunalen Referaten und Bezirksausschüssen sind dies Stadtwerke, Geothermiebetreiber, Gebäudeeigentümer und Mieter, Entwickler und Projektplaner urbaner Quartiere, Bürgerinitiativen und betroffene Bürger. Ziel ist die Erreichung maximaler Transparenz und Akzeptanz für die Einbindung der Geothermie im urbanen Raum, u. a. hinsichtlich der benötigten Flächen, Anforderungen an die Fläche, Abstandsregelungen sowie Möglichkeiten zur Parallelnutzung

(Grünflächen, Freizeit- und Erholungsflächen, Parkplätze etc.). Darüber hinaus sollten mögliche Standorte auf Grundlage seismischer Untersuchungen, der Anbindung an bestehende Wärmenetze sowie der Nähe zu den Verbrauchszentren geprüft werden. Dabei sollte insbesondere die Berücksichtigung der Geothermie bei der Erreichung städtischer Klimaziele im Wärmemarkt sowie bei der Versorgung von Neubau- und Sanierungsquartieren untersucht werden.

Einen wesentlichen Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung stellt die Abschätzung des im Rahmen der Transformation der (Fern-)Wärmeerzeugung realistischen und wirtschaftlich effizientesten Technologiemixes in der Grund- und Spitzenlast dar. Wie das Beispiel München zeigt, ist die Geothermie in der Lage, perspektivisch den überwiegenden Teil der dekarbonisierten Fernwärmeerzeugung bereitzustellen. Weitere Technologien, die auf Basis lokaler Bedingungen zu untersuchen sind, sind z. B. Hochtemperatur-Wärmepumpen, die in Kombination mit Geothermieanlagen zum Einsatz kommen können, Biomasse und Solarthermie. Zur CO₂-freien Spitzenlastdeckung versprechen Saisonal- bzw. Aquiferspeicher ein großes Potenzial. Die geologischen Gegebenheiten sowie die Wirtschaftlichkeit müssen jedoch im Rahmen von Forschungsprogrammen noch näher untersucht werden.

Die im Rahmen der Vorschläge zur Bundesförderung effiziente Wärmenetze vorgesehene Aufstellung von Transformationsplänen stellt für die kommunale Wärmeplanung ein sinnvolles Instrument dar – sowohl in Bezug auf die Interdependenzen zwischen Erzeugung und Infrastruktur sowie auch in der Abgrenzung zwischen zentral über das Fernwärmenetz und dezentral zu versorgender Gebiete. Es sollte jedoch sichergestellt werden, dass die Aufstellung von Transformationsplänen nicht zu weiteren Verzögerungen in den Planungs- und Umsetzungsprozessen führt.

4. Wie können verschiedene Player aus verschiedenen Sektoren zusammengebracht werden und welche Aggregatoren sind notwendig?

Vor allem im urbanen Raum spielt die frühzeitige Berücksichtigung der EE-Wärmetechnologien in kommunalen Planungsinstrumenten eine wichtige Rolle. Wie unter Punkt 3 dargestellt, umfassen die zu beteiligenden Akteure v. a. die Vertreter der städtischen Verwaltung, Stadtwerke und Energieversorger, Geothermiebetreiber sowie Projektplaner urbaner Quartiere. An der Entwicklung klimaneutraler Quartierskonzepte lässt sich das Zusammenwirken von Akteuren verschiedener Sektoren besonders gut demonstrieren. Zur Erreichung von Klimaschutzzielen in städtischen Zentren bieten Quartierskonzepte kostenoptimale und intelligente Lösungen. Synergien entstehen unter anderem durch den Ausbau von Niedrigenergiequartieren, die mit erneuerbarer Fernwärme - zum Beispiel aus Geothermie - kombiniert werden.

Ein Beispiel ist der Münchner Stadtteil Freiam. Die gleichnamige Geothermieanlage deckt den Wärmebedarf des neuen Stadtteils weitgehend ab und speist darüber hinaus in das Münchner Fernwärmeverbundsystem ein. Die Wärme des Thermalwassers wird dabei kaskadisch genutzt. Die Einspeisung in das Fernwärmeverbundsystem erfolgt im Direktwärmetausch. Die Gebäude im Quartier werden in einer zweiten Stufe mit Fernwärme auf einem sehr niedrigen Temperaturniveau versorgt. Dazu wird für Heizung und Warmwasseraufbereitung der energetisch optimierten Wohngebäude die Restwärme des Thermalwassers genutzt. Zudem wird ein zentraler Strom-Batteriespeicher in die Heizwerkzentrale integriert. Die Anbindung an ein virtuelles Kraftwerk

sorgt gleichzeitig für intelligentes Lastmanagement und trägt dazu bei, die Effizienz kleiner Stromerzeugungsanlagen zu steigern.

Jenseits der Quartiersebene stellen die Kombination von Geothermieanlagen mit Hochtemperaturwärmepumpen zur Erreichung bestimmter Temperaturniveaus sowie die Kombination von Geothermieanlagen mit Absorptionskälteanlagen zur Fernkälteerzeugung Lösungen über Sektorengrenzen hinweg dar. Das Prinzip der Absorptionskälte beschreibt dabei der Erzeugung von Kälte durch die Nutzung überschüssiger Wärmemengen im Sommer.

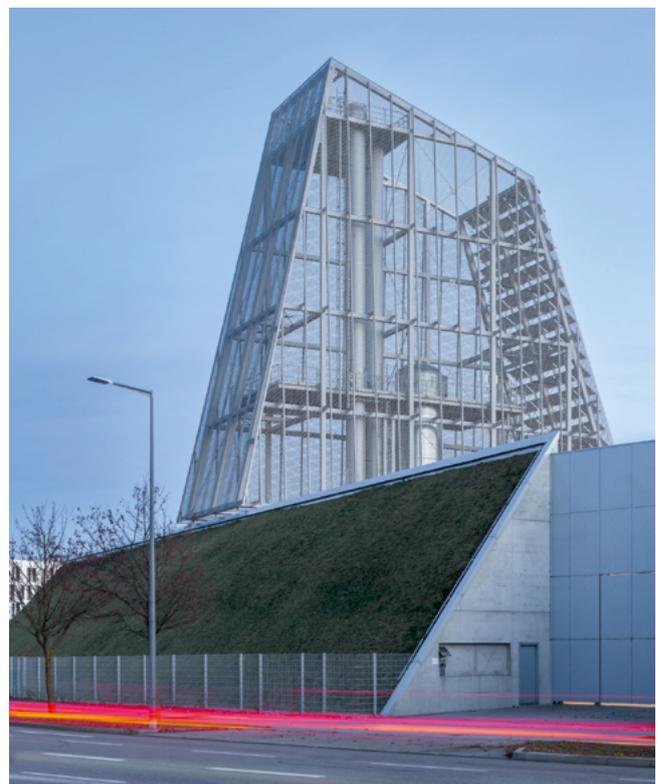


Abb. 3: Die Geothermie-Anlage Freiam ist ein wesentliches Element der Fernwärme-Vision der SWM. Seit Herbst 2016 deckt sie den Wärmebedarf des neu entstehenden Stadtteils Freiam und liefert Wärme in benachbarte Gebiete im Münchner Westen.

5. Leitfragen für den Dialog

Klimaneutrale Wärme

5.1 Bausteine auf dem Weg zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung

Von den erneuerbaren Energieträgern besitzt in erster Linie die grundlastfähige Geothermie das Potenzial zum Ersatz fossiler Energieträger bei der Erzeugung von zukünftig benötigten großen Wärmemengen. Insbesondere in den Großstädten bietet sich die geothermische Nutzung an, da der Flächenbedarf im urbanen Raum im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energieträgern sehr gering ist.

Im oberflächennahen Bereich wird die Wärme über erdgekoppelte Wärmepumpen gewonnen, in der Tiefen Geothermie zwischen 400 m und 5.000 m hauptsächlich aus thermalwasserführenden Schichten mit Temperaturen zwischen 20 °C und 160 °C. Geeignete

Formationen finden sich vor allem im Alpenvorland, im Oberrheingraben, im gesamten Norddeutschen Raum sowie in zahlreichen weiteren Beckenstrukturen Deutschlands. Allein in der wärmeintensiven Rhein-Ruhr-Region liegt das theoretisch erschließbare geothermische Potenzial um den Faktor 20 über dem aktuellen Wärmebedarf.

Neben der Erzeugung müssen zusätzliche Speichermöglichkeiten für Wärmeenergie auf mehreren Größenskalen geschaffen werden. Die spezifische Wärmekapazität ist von Wasser deutlich höher als von den meisten anderen Stoffen. Daher bieten sich nutzbare Grundwasserleiter oder wassererfüllte Hohlraumstrukturen im Untergrund im Bereich großer industrieller und kommunaler Abnehmerstrukturen in idealer Weise als saisonales Puffersystem an. Neben Aquifer- und Erdwärmesonden-Speichern besitzen die Grubenwässer des Bergbaus ein erhebliches Speicherpotential. Letztere liegen noch dazu, industriegeschichtlich bedingt, in unmittelbarer Nähe zu den großen Verbrauchern in den Metropolen, die

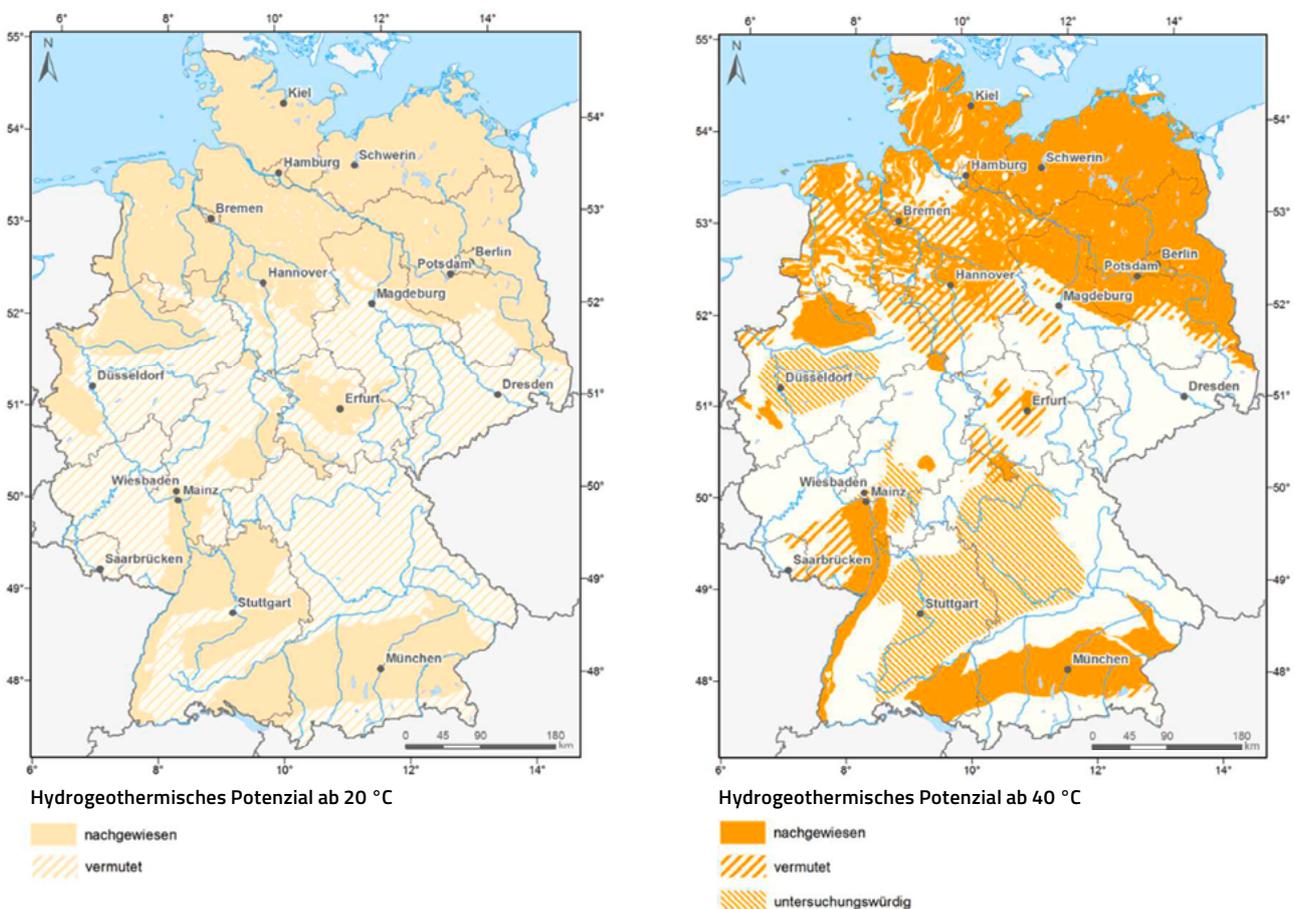


Abb. 4 Geothermie lässt sich in Deutschland flächendeckend einsetzen.⁴

⁴ Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (2018): Die Rolle der tiefen Geothermie bei der Wärmewende. – LIAG Positionspapier; Hannover.

bisher von Wärme aus Kohle versorgt worden sind. Wärmespeicher mit ausreichenden Speicherkapazitäten sind nur im Untergrund denkbar.

Im Bereich des Gebäudebestands hat die oberflächennahe und Mitteltiefe Geothermie das Potenzial, große Teile des Wärme- wie auch des Kältebedarfs sicherzustellen, da Erdwärmesonden unabhängig von der Geologie des jeweiligen Standortes zum Einsatz kommen können. Nur die Geothermie gestattet kurzfristig ein „Ende der Verbrenner im Heizungskeller“.

Im Vergleich zur Wärmegewinnung aus Wasserstoff oder PtG sind erdgekoppelte Wärmepumpen 5 bis 8-fach effizienter⁵, d. h. der Bedarf an Strom aus erneuerbaren Energien kann entsprechend reduziert werden. Die Einspeisung von Wärme aus der tiefen hydrothermalen Geothermie in Wärmenetze erfordert lediglich Strom zum Betrieb der Tiefpumpen, womit hier die Leistungszahl noch einmal um eine Größenordnung besser wird (Abb. 5).

⁵ siehe Abb. 3 in BMWi (2021): Dialog Klimaneutrale Wärme: S. 21.

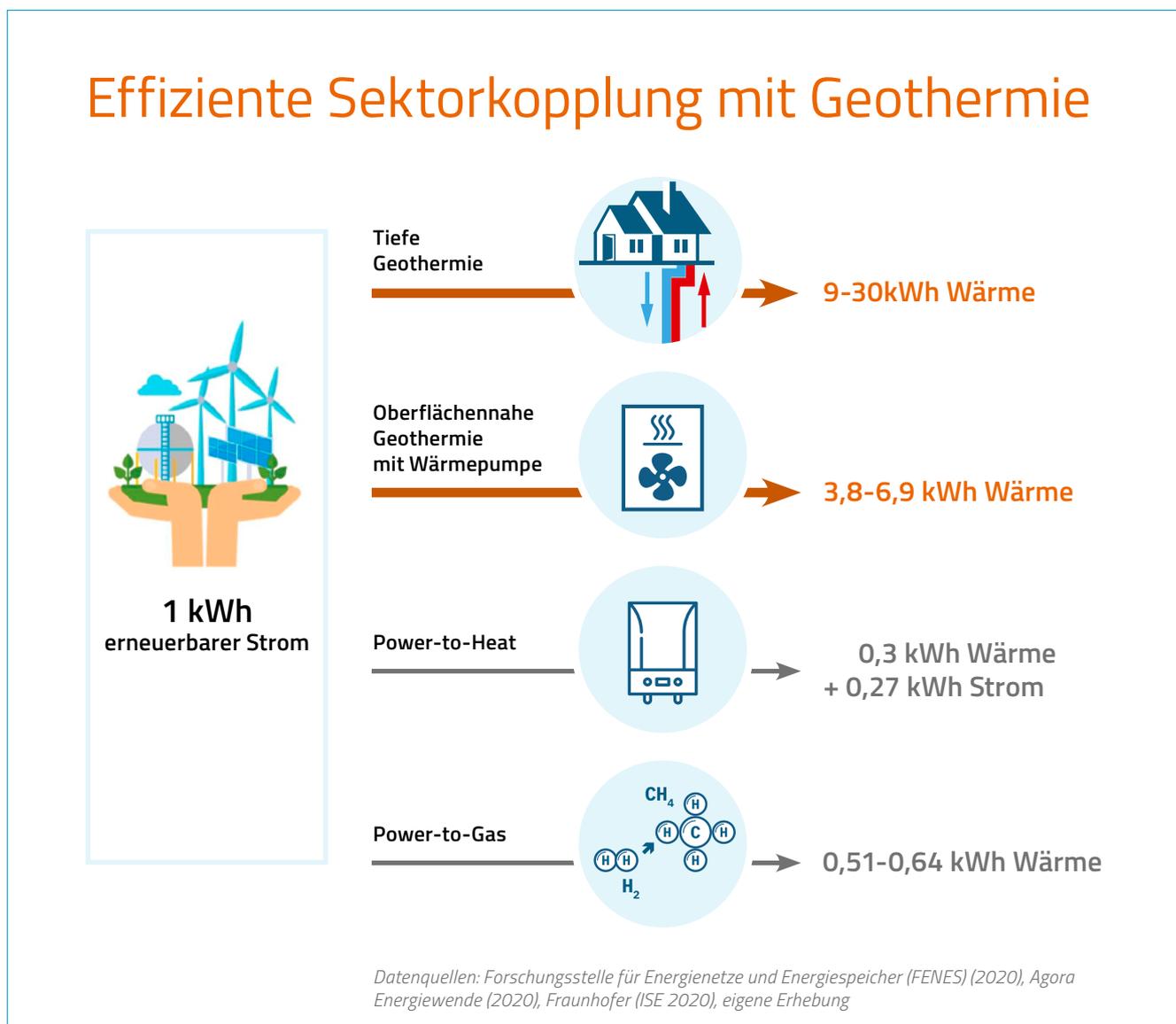


Abb. 5: Im Bereich der Sektorenkopplung ist der Effizienzmeister Geothermie ein Vorreiter. Es können wesentlich höhere Jahresarbeitszahlen erreicht werden, als bei anderen PtX- Technologien. Beispielsweise produziert die Geothermieanlage der IEP Pullach aus 1 kWh Strom ca. 16 kWh Wärme. Die Geothermieanlage der Erdwärme Grünwald schafft es auf einen Durchschnittswert von über 34 kWh Wärme aus 1 kWh Strom.

Erdgekoppelte Wärmepumpen werden in großer Zahl im dezentralen Bereich für Gebäudeheizungen eingesetzt und sind eine essentielle Komponente fast aller Nutzungssysteme der oberflächennahen Geothermie. Bei Neubauten und dem anstehenden Ersatz von fossilen Heizkesseln im ländlichen Bereich müssen sie die erste Priorität haben.

Kommerziell verfügbare Hochtemperatur-Wärmepumpen oder Wärmetransformatoren können derzeit Wärme bis etwa 100 °C bereitstellen. Es gibt aber bereits Prototypen, die Temperaturen über 140 °C erreichen. Mit kurzfristig praxisreifen Hochtemperatur-Wärmepumpen können damit auch konventionellen Fernwärmenetze mit Vorlauftemperaturen von ca. 130 °C bedient werden, womit auch Geothermiebohrungen mit geringeren Temperaturen effizient angeschlossen werden können.

5.2 Infrastrukturen für die Wärmewende

Wärmenetz-Infrastrukturen, die in vielen Städten bereits vorhanden sind, bilden die Grundlage für die Wärmewende. Für die Einspeisung von Wärme aus Tiefengeothermieanlagen können bestehende Wärmenetze genutzt werden, insbesondere dann, wenn

die neu entstehenden Anlagen in räumlicher Nähe zu den bisherigen Erzeugungsstandorten (i. d. R. KWK) entstehen. Ein gutes Beispiel hierfür ist die Geothermieanlage am Heizwerk Süd in München, mit über 60 MW Deutschlands größte Geothermieanlage, die in diesem Jahr in Betrieb genommen und geothermische Wärme für ca. 80.000 Bürger liefern wird.

Damit Wärmenetze effizient zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung beitragen können, müssen sie jedoch überwiegend um- und ausgebaut werden. Zur effizienten Integration von Wärme aus Geothermie und anderen EE-Quellen sind u. a. Maßnahmen zur Temperaturabsenkung oder Netzverstärkungsmaßnahmen notwendig. Zudem müssen neue Geothermiestandorte an bestehende Wärmenetze angebunden werden. Insbesondere für die Versorgung von Großstädten werden Verbindungsleitungen zur Anbindung von Anlagen im Umland an städtische Wärmenetze an Bedeutung gewinnen. Der Bau solcher Leitungen – in München beispielsweise zur Anbindung von Geothermieanlagen im südlichen Umland an das städtische Wärmenetz – sind aktuell nach KWKG nicht förderfähig. Damit die Planungen für solche dringend benötigte Netzverbindungen voranschreiten können, ist die rasche Umsetzung der Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) entscheidend.



Abb. 6: Das neue Geothermie-Heizwerk am Energiestandort Süd in München: Die Temperaturen des Thermalwassers betragen ca. 100 °C. Durch die Geothermieanlage rückt das Ziel der Stadtwerke München, ihre Fernwärme bis 2040 zu 100 % klimaneutral und überwiegend durch tiefe Geothermie bereitzustellen, einen deutlichen Schritt näher. © SCG Architekten

Vor allem im urbanen Raum stellen Wärmenetze die effizienteste Wärmeversorgung dar. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass der Anschlussgrad in den Fernwärmegebieten erhöht und die Fernwärme weiter ausgebaut wird. Zur Vermeidung von Lock-in-Effekten sind wiederum eine rasche Umsetzung der BEW, eine Novellierung der Wärmelieferverordnung und schärfere CO₂-Preissignale erforderlich.

Außerdem sind mit der Umstellung auf EE-Wärmeerzeugungsanlagen umfangreiche Netztransformatiionsmaßnahmen sowie Umstellung auf Gebäudeseite (Übergabestationen) notwendig.

5.3 Leitfragen zum Emissionshandel

Sofern neben dem EU-ETS an einem nationalen Emissionshandel festgehalten wird, sollte es aus Sicht der Geothermiebranche keinen nach oben gedeckelten Korridor für den Preis nationaler Emissionszertifikate ab dem Jahr 2026 geben. Nur hierdurch ist sichergestellt, dass ein möglichst hoher Anreiz für die Marktteilnehmer entstehen kann, in geothermische Technologie zur Wärmeversorgung zu investieren.

Der in § 10 Abs. 2 Satz 3 Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) vorgesehene Höchstpreis pro Emissionszertifikat sollte daher gestrichen werden. Überdies sollte der dort ebenfalls vorgesehene Mindestpreis zumindest über das Jahr 2026 hinaus fortgeschrieben werden, um zu verhindern, dass es – aus welchen Gründen auch immer und ähnlich wie im EU-ETS – über Jahre hinweg zu keinem wirksamen Preissignal durch den nationalen Emissionshandel kommt.

Entlastungen von Verbrauchern durch hohe Kosten aus dem Emissionszertifikatehandel sollten stets möglichst direkt und unbürokratisch für die privaten Wirtschaftsteilnehmer erfolgen. Aus Sicht der Geothermiebranche erscheint hierfür das Steuersystem als geeignet, etwa durch die Abschaffung der Umsatzsteuer auf geothermische Fernwärme bzw. geothermische Technologieprodukte. Jedenfalls sind komplexe Umlagesysteme, insbesondere unter Einbeziehung privater Wirtschaftsakteure (wie etwa der Ausgleichsmechanismus des EEG), zu vermeiden.

5.4 Leitfragen zu Steuern, Abgaben, Umlagen und Entgelte

Die größten Hebel bei einer Reform staatlich induzierter (Strom-) Preisbestandteile (SIP) sind bei denjenigen Preisbestandteilen zu finden, die quantitativ am stärksten zu Buche schlagen. Bis einzelne SIP im Rahmen einer umfänglichen Reform möglicherweise ganz abgeschafft werden, sind kurzfristig zumindest bestehende Ausnahmeregelungen anzupassen, um den Einsatz geothermischer Technologie durch die hohen Strompreise nicht weiter zu behindern.

Die geothermische Wärmeerzeugung als klimafreundlichste Variante der Wärmeerzeugung sollte zunächst „Vorfahrt“ bei Ausnahmen von der EEG-Umlagepflicht haben. Dies ist rechtstechnisch einfach umsetzbar, in dem etwa eine dem § 69b EEG für die Herstellung von grünem Wasserstoff vergleichbare Ausnahmeregelung für die Herstellung von „grüner Wärme“ geschaffen wird.

Ferner sollten die EEG-Umlage für Betreiber tiefergeothermischer Anlagen abnahmestellenbezogen nach § 63 EEG begrenzt werden können. Es ist nicht nachvollziehbar, warum etwa eine Begrenzungsmöglichkeit für elektrische Schienenbahnen und Busse vorgesehen ist, für tiefergeothermische Wärmeerzeugung aber nicht. Der § 63 Nr. 2 EEG zugrundeliegende Gedanke des intermodalen Wettbewerbschutzes greift in beiden Fällen gleichermaßen. Für die Betreiber oberflächennaher Geothermie-Anlagen sollte die EEG-Umlage schnellstmöglich entfallen. Zumindest sollte es aber eine EEG-Umlagefreie Eigenversorgung für die geothermische Wärmeerzeugung möglich sein, etwa durch eine entsprechende Weiterentwicklung von § 61c EEG.

Überdies muss Strom zur Erzeugung geothermischer Wärme nach unserem Dafürhalten zwingend von der Stromsteuer befreit werden. Der ursprüngliche mit dem Stromsteuergesetz (StromStG) bzw. der „ökologischen Steuerreform“ verfolgte Zweck wird bei der steuerlichen Belastung des für die Erzeugung von grüner Wärme verwendeten Stroms in sein Gegenteil verkehrt. Rechtstechnisch ist eine Befreiung von der Stromsteuer für Stromverbräuche zur Erzeugung geothermischer Wärme durch eine Anpassung des § 9 Abs. 1 Nr. 2 StromStG einfach möglich.

Ferner ist eine Ausnahmeregelung zur KWK-Umlagepflicht und zu sämtlichen Umlagen erforderlich, die den Letztverbrauch von Strom zur Herstellung grüner Wärme auf Basis des KWKG-Umlagemechanismus belasten. Auch hier kann die Ausnahmeregelung für grünen Wasserstoff in § 27d Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetzes (KWKG) als Vorlage für eine einfache rechtstechnische Umsetzung dienen.

5.5 Leitfragen zur Förderung von Markteinführung und Markterhalt

Ein zentrales Hemmnis für die weitere Erschließung des Gebäudebestandes für die Fernwärme und damit für die Geothermie ist die im Jahr 2013 eingeführte mietrechtliche Vorschrift des § 556c BGB und die dazugehörigen Regelungen der Wärmelieferungsverordnung (WärmeLV). Aufgrund der anhaltend niedrigen Erdgas- und Heizölpreise fällt der vom Vermieter anzustellende Heizkostenvergleich zwischen der „Wärme-Eigenversorgung“ und der Wärmelieferung in der Praxis regelmäßig zu Lasten von umweltfreundlichen Wärmeliefervarianten aus. Damit wird seit Jahren der Ersetzung alter Ölheizungen durch fossile Heizungstechnologie Vorschub geleistet. Wegen der langen Betriebsdauer von erneuerten fossilen Heizungsanlagen sollte § 556c BGB schnellstmöglich dergestalt modifiziert werden, dass ein Heizkostenvergleich nicht erforderlich ist, wenn die Möglichkeit des Anschlusses an ein Fernwärmeversorgungsnetz mit einem perspektivisch wachsenden Anteil erneuerbarer Wärme gegeben ist.

Bei der Fernwärme sind die Investitionskosten – wie z. B. der Netzausbau – im Fernwärmepreis enthalten. Ein direkter Bezug zwischen Investition und Energielieferung, wie dies beim Kesseltausch im Bereich dezentraler Anlagen der Fall ist, ist hier nicht gegeben. Da sich die über die Wärmelieferverordnung bzw. § 556c BGB gültige Betrachtung der Wärmekosten hinsichtlich der Betriebskostenneutralität immer auf die zurückliegenden drei Abrechnungszeiträume bezieht, ist erst nach Mitte des Jahrzehnts mit der Einstellung einer entsprechenden Lenkungswirkung über das nationale Emissionshandelssystem zu rechnen.

Die derzeit bestehende Ungleichbehandlung zwischen einer durch den/die Eigentümer durchgeführten Modernisierung der Wärmeerzeugungsanlage (hier

gilt die Notwendigkeit der Betriebskostenneutralität nicht) und der durch einen „Wärmelieferanten“ durchgeführten Modernisierung sollte aufgehoben werden. Bei beiden Vorgehensweisen erfolgt technisch gesehen die gleiche Maßnahme: die alte Wärmeerzeugungsanlage wird gegen eine moderne ausgetauscht, allerdings bei einer Modernisierung durch den Eigentümer in der Regel von einer fossilen zu einer weiterhin fossilen Anlage. Um die Ziele der Wärmewende zu erreichen und Lock-in-Effekte zu vermeiden, muss daher dringend im Rahmen des Mietrechts nachgebessert werden.

5.6 Leitfragen zu Energiegebäudestandards und ordnungsrechtlichen Aspekten

Die Vermeidung von Lock-In-Effekten sollte im Mittelpunkt eines neuen Ordnungsrechts stehen. Dazu zählt ein zeitnahe Stopp der Installation von fossilen Heizungssystemen. Der Einsatz von Wärme aus Erneuerbaren Energien sollte grundsätzlich Vorrang genießen und eine sozial ausgewogene Austauschpflicht von fossilen Heizungssystemen angestrebt werden. Die Primärenergiefaktoren sind zeitnah von der Stromgut-schrift-Methode auf die Carnot-Methode umzustellen. Der im GEG angelegte Anschluss- und Benutzungszwang an Wärmenetze mit EE-Quellen ist zu stärken. Eine Privilegierung von Geothermie-Anlagen ist weiterhin in das Bundesbaugesetzbuch einzufügen. Mit Hilfe einer Novellierung des Bundesberggesetzes ist eine Vereinfachung der Genehmigungsverfahren für Tiefe und Oberflächennahe Geothermie möglich.

Der ordnungsrechtliche Rahmen sollte systematisch angepasst werden, um den Einsatz bzw. die Verbreitung geothermischer Technik zur Erzeugung von Wärme zu unterstützen. Dies kann etwa durch folgende Maßnahmen geschehen:

Die Möglichkeiten einer geothermischen Wärmeversorgung sollten vorrangig zur Deckung des vorgeschriebenen Anteils erneuerbarer Energien bei neuerbauten Gebäuden nach § 10 Abs. 2 Nr. 3 GEG zum Einsatz kommen. D. h. die Nutzung von Geothermie zur Deckung des Wärmeenergiebedarfs i. S. v. § 37 GEG könnte vorrangig sein und eine Kombination mit anderen Maßnahmen nach den § 35 bis 45 GEG nur noch ergänzend stattfinden.

Bestandsgebäude können in die Verpflichtung zur Nutzung erneuerbarer Energien grundsätzlich einbezogen werden, zumindest wenn Heizungsanlagen erneuert werden, insbesondere infolge des Betriebsverbots nach § 72 Abs. 1 und 2 GEG. In diesen Fällen sollte vorrangig eine geothermische Wärmeversorgung geprüft werden. Dabei sollte der Anschluss an ein örtliches Fernwärmenetz verpflichtend sein, zumindest wenn das Fernwärmenetz mit geothermischer Wärme – aktuell oder in absehbarer Zeit – gespeist wird.

Die in § 109 GEG vorgesehene Regelung zum kommunalen Anschluss- und Benutzungszwang sollte für geothermisch gespeiste Fernwärmenetze gestärkt werden. Etwa durch Formulierung einer „Soll-Vorschrift“ o. ä.

5.7 Leitfragen zur Überregionalen Infrastrukturplanung

Für die Tiefe Geothermie existieren heute keine ausreichenden Instrumente und Kenntnisse, um im Rahmen von Infrastrukturplanungen für jeden Punkt auf der Landkarte eine belastbare quantitative Aussage über das nutzbare Potenzial zu machen. In der Regel gibt es meist nur qualitative Aussagen der Kategorien „gut, weniger gut und nicht geeignet“. Die Gründe sind vielfältig und reichen von gänzlich weißen Flecken mangels grundsätzlich fehlender Untergrunddaten, über noch nicht zugängliche Daten der Kohlenwasserstoffindustrie bis hin zu fehlendem Personal bei den in den letzten 20 Jahren zurückgestutzten geologischen Landesdiensten.

Um den mit Abstand effizientesten, umweltschonendsten und für eine Dekarbonisierung von Wärmenetzen am schnellsten verfügbaren Energieträger Tiefengeothermie erschließbar zu machen, muss diese Planungsunsicherheit beseitigt werden, sonst fällt das Potenzial der Tiefen Geothermie aus Planungsprozessen schnell heraus. Im Wesentlichen bedarf es dabei nur der Wiederbelebung bereits einmal vorhandener Fähigkeiten, wie

- Personelle und materielle Ertüchtigung der geologischen Landesdienste, auch mit Einbindung von wissenschaftlichen Instituten,

- Bereitstellung von Budgets für Explorationsbohrungen in Gebieten mit unzureichenden Untergrunddaten,
- freier Zugang zu bereits erhobenen Untergrunddaten auch über das Geologiedatengesetz hinaus.

Die integrierte Planung von Wärmeinfrastrukturen verlangt zwingend die Verschneidung von verfügbaren Ressourcen mit der Wärmeabnahmedichte. Landkarten zur Energieinfrastruktur müssen deshalb neben den möglichen Quellen auch die Abnahmedichte beinhalten. Hierfür fehlen oft hinreichend verlässliche Daten über Lastgänge (Wärme/Kälte), Gebäudealter, Gebäudefunktion, Sanierungsstand, etc.

5.8 Leitfragen zur Kommunalen Wärmeplanung

Eine kommunale Wärmeplanung ist ein Muss, denn eine dekarbonisierte und effiziente Wärmeerzeugung der Zukunft muss die Potenziale vor Ort nutzen und aus einem Mix unterschiedlicher Energieträger bestehen. Die Wärmeinfrastrukturplanung muss damit ein fester Bestandteil der Bauleitplanung auf lokaler, regionaler und wo sinnvoll auch der überregionalen Ebene werden.

Die kommunalen Entscheider benötigen für die daraus folgenden, technologieoffenen Ausschreibungen fachlich versierte Begleitung, Maßnahmenpläne und Umsetzungskontrollinstrumente, um auf diesem Weg die richtigen Entscheidungen treffen zu können und auch tatsächlich die Dekarbonisierungsziele erreichen zu können. Dies kann zum Beispiel über Landes- oder Landkreisenergieagenturen erfolgen.

Die Verantwortung für die Errichtung von netzgebundenen Wärmeinfrastrukturen und die Versorgung der Bürger liegt bei den Kommunen und deren Unternehmen bzw. Stadtwerken. Dabei sollte man darüber nachdenken, ob und wie die ggf. in mehreren Verwaltungseinheiten angesiedelten Entscheidungsträger (Planungsreferat, Klimaschutzreferat, Stadtwerk) besser koordiniert oder für dieses elementar wichtige Thema zusammengeführt werden können.

5.9 Leitfragen zur Forschung, Entwicklung, Innovation

Sprunginnovationen sind nicht planbar, deshalb muss ein Energieforschungsprogramm technologieoffen angelegt sein und darf keine vorschnelle Festlegung auf Lösungskonzepte oder eine Energieart vornehmen. Es zeichnet sich aber ab, dass elektrisch hergestellter Wasserstoff langfristig wohl keine rentable Option für die Wärmeversorgung darstellt. Im Gegensatz dazu können direkt genutzte erneuerbare Energien alleine oder in Kombination mit Wärmepumpen einen Großteil dieser Aufgabe übernehmen. Netzgebundene Wärmesysteme werden dabei zum wichtigsten Infrastrukturelement der zukünftigen urbanen Wärmeversorgung. Sie werden so zu einem Schlüsselement für ein intelligentes und vernetztes Energiemanagement im Bereich Wärme / Kälte.

Durch Anwendung neuer Bohrtechniken und falls nötig leistungsfähiger Wärmepumpen kann das Nutzungspotenzial geothermischer Quellen signifikant und energieeffizient gesteigert werden. Hochtemperatur-Wärmepumpen werden die Einspeisung geothermischer Wärme auch in konventionelle Fernwärmenetze mit hohen Vorlauftemperaturen als Brückentechnologie ermöglichen, solange moderne Niedertemperaturnetze nicht zur Verfügung stehen. Die Technologien der Oberflächennahen und der hydrothermalen Tiefen Geothermie sind aktuell verfügbar. Planungssicherheit und Wirtschaftlichkeit sind heute erheblich besser als noch vor einigen Jahren. Sprunginnovationen sind in diesen Bereichen der geothermischen Wärmebereitstellung wohl nicht zu erwarten.

Jedoch würde die Realisierung der EGS-Technik (*Enhanced Geothermal Systems*) in der tiefen petrothermalen Geothermie einen erheblichen Sprung bedeuten. Hier sind, wie die TAB-Studie⁶ belegt, riesige Potenziale vorhanden. Geothermische Wärme mit Temperaturen über 100 °C könnte dann fast an jedem Ort in Deutschland bereitgestellt werden. EGS-Technik für Wärmebereitstellung hat den Vorteil, dass nicht so große Durchflussmengen wie bei der Stromerzeugung benötigt werden. Die erforderlichen hydraulischen Stimulationsmaßnahmen können also wesentlich sanf-

⁶ PASCHEN, H., OERTEL, D. & GRÜNWARD, R. (2003): Möglichkeiten der geothermischen Stromerzeugung in Deutschland. - Sachstandsbericht, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, Arbeitsbericht 84: 129 S., Berlin (TAB).

ter erfolgen. Die Forschungsanstrengungen für eine *soft EGS*-Technik sollten unter dem Gesichtspunkt der Wärmewende wieder intensiviert werden.

Bei der Transformation und dem Ausbau der Wärmeversorgung müssen erneuerbare Energien die fossilen Quellen verdrängen. Wärmeversorgung ist vor allem eine lokale Energiebereitstellung. Deshalb müssen die lokalen, d. h. die kommunalen Energieversorgungsunternehmen durch regulatorische und fiskalische Rahmenbedingungen gestärkt werden. Dazu zählt die Bevorzugung leitungsgebundener Wärmeversorgung und Verbot fossiler Wärmebereitstellung bei Ersatz- oder Neuinstallationen.

Gemeinsame Projekte mit Nutzung verschiedener erneuerbaren Energien (Geothermie, Solarthermie, Biomasse) einschließlich der Wärmespeicherung sollten stärker in den Fokus gerückt werden. Um zeitlichen und räumlichen Disparitäten von Verbrauch und Energiebereitstellung entgegenzutreten, müssen neben der Erzeugung zusätzliche Speichermöglichkeiten für Wärmeenergie auf mehreren Größenskalen geschaffen werden. Für wirklich leistungsstarke Speicher bieten sich Aquifere im Untergrund in idealer Weise als saisonales Puffersystem an, sofern der Grundwasserschutz gewährleistet ist. Daneben besitzen andere Erdreichformationen in Verbindung mit Erdwärmesonden und Grubenwässer des Bergbaus ein erhebliches Speicherpotential.

Kurz- und mittelfristig schafft die Weiterentwicklung von Wärmepumpen und ihr Einsatz (wo nötig) eine größere Einsatzmöglichkeit von erneuerbaren Energieträgern. Hochtemperatur-Wärmepumpen steigern die Netzvorlauftemperatur um ca. 30 bis über 60 Grad, wodurch sich auf der Nutzerseite erhebliche Spielräume für technische Anwendungen ergeben. Wirtschaftlich stellt der Einsatz von Großwärmepumpen, grüner Kraft-Wärme-Erzeugung (einschl. Nutzung der Abwärme bei H₂-Elektrolyse) und von thermischen Speichern und Netzen eine ideale Schnittstelle zwischen den Wärme- und den Stromsystemen dar. Wärmenetzgebundene Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung mit Wärmespeichern können dabei durch stromgeführten Betrieb eine wichtige Komponente der komplementären Stromerzeugung zu den volatilen, wetterabhängigen Quellen Wind und Sonne spielen. Eine damit verbundene Digitalisierung mit effizienter Sektorkopplung sowie bidirektionales

Lastmanagement bringen zugleich die benötigte Flexibilität ins Energiesystem auch im Bereich Wärme.

Die Regulatorik muss technologieoffen sein, d. h. es sollte keine vorschnelle Festlegung auf Lösungskonzepte bei gleichzeitigem Ausschluss anderer Konzepte erfolgen. Technologiekombinationen setzen die Überwindung fachlicher Grenzen voraus.

Weiterbildung der Mitarbeiter und die Investitionen in diese digitalen Technologien sollten noch stärkere Unterstützung finden.

5.10 Leitfragen zur Digitalisierung

Die Herausforderung für eine breitere Nutzung digitaler Technologien besteht auch bei Geothermie-Heizwerken und den angebundenen Netzen. In Fernwärmenetzen wird oftmals kein zusätzliches leitungsgebundenes Kommunikationsnetzwerk zusammen mit dem Wärmenetz verlegt. Allerdings ist es heute möglich, unter Verwendung von *LoRaWAN Mesh* Netzwerken oder *National Roaming* eine Mobile Netzwerkinfrastruktur aufzubauen, die ähnlich stabil ist wie ein kabelgebundenes Netzwerk. Bei älteren Hausanschlussstationen ohne Sensorik kann ein Retrofitting mit Sensoren durchgeführt werden. Die angebrachten Sensoren senden die Daten über eine verschlüsselte Funkverbindung an eine mobile Verteilerstation, die dann die Daten an das Netzinformati-onssystem übermitteln würden. Daher können auch ältere Fernwärmenetze nachgerüstet und eine stabile Netzwerkinfrastruktur aufgebaut werden.

Mehr und mehr Betreiber erkennen, dass es sinnvoll ist, möglichst viele Daten zu sammeln, um daraus Erkenntnisse zur Verbesserung der Anlagen zu gewinnen.

Manche Unternehmen sind noch skeptisch gegenüber dem Einsatz von Edge-Cloud Lösungen – meist aus datenschutzrechtlichen Bedenken, obwohl diese Systeme gerade im Bereich *Big Data Analytics* viele Services (*Platform as a Service*) anbieten können, um Prozesse zu optimieren. Datenschutzrechtliche Verstöße seitens der Cloud-Anbieter sind bisher jedoch nicht bekannt geworden.

Im Bereich der Oberflächennahen Geothermie bedarf die hydrogeologische und energetische Planung der Anlagen umfangreiche, digitale Applikationen. Auch das vernetzte Monitoring der Anlagen hinsichtlich Jahresarbeitszahlen, saisonalem Wärmeentzug usw. ist heute weitgehend digitalisiert. Die Aus- und



6. Praxisbeispiel - Erdwärme Grünwald

Die Erdwärme Grünwald GmbH (EWG) ist ein Energieversorger in der Gemeinde Grünwald bei München, der rund 1.300 Haushalte mit Wärme aus einer Tiefengeothermiequelle versorgt. Pro Sekunde werden aus einer Tiefe von ca. 4.000 Metern 120 Liter Thermalwasser mit einer Temperatur von 127 °C gefördert. Wie in Abb. 7 zu sehen ist, wird die Erdwärme über einen Wärmetauscher an ein Fernwärmeversorgungsnetz übertragen, das die Haushalte mit Wärme versorgt. Aus der überschüssigen Wärme, die das ganze Jahr über anfällt, insbesondere natürlich in den Sommermonaten, wird in einer ORC-Anlage grüner Strom erzeugt.

Wenn die Tiefenpumpe gewartet werden muss, wird die Wärme von der benachbarten Geothermie-Anlage Unterhaching zur Verfügung gestellt, an der die EWG mit rund 95 % beteiligt ist. Zudem verfügt die EWG über zwei Spitzenlast- und Redundanzheizwerke, die mit Öl befeuert werden.

Um das Potenzial der Geothermie zu nutzen, braucht es Förderrahmenbedingungen, denn Ballungszentren, die die Tiefe Geothermie nutzen wollen, sehen sich vier anspruchsvollen „Hürden“ gegenüber:

- Hürde 1:** die genaue Kenntnis der geologischen Bedingungen im Untergrund
 - ▶ Hochauflösende 3D-Seismik ermittelt die besten Reservoirs für die Tiefenbohrung.
- Hürde 2:** die Bohrung inklusive Fündigkeitsrisiko
 - ▶ Auch die beste 3D-Seismik kann das Restrisiko einer unergiebigem Bohrung niemals zu 100 % eliminieren.
- Hürde 3:** den Bau eines Fernwärmenetzes bzw. den Umbau eines bestehenden fossil beheizten Fernwärmenetzes für die Nutzung der Geothermie.
- Hürde 4:** die interkommunale Verbindung zwischen Geothermiequellen und Wärmesenken.

Kommunen, die die Hürden 1 bis 3 nehmen, haben ein geothermisch betriebenes Fernwärmenetz, das für viele Generationen läuft wie ein Uhrwerk. Den ver-

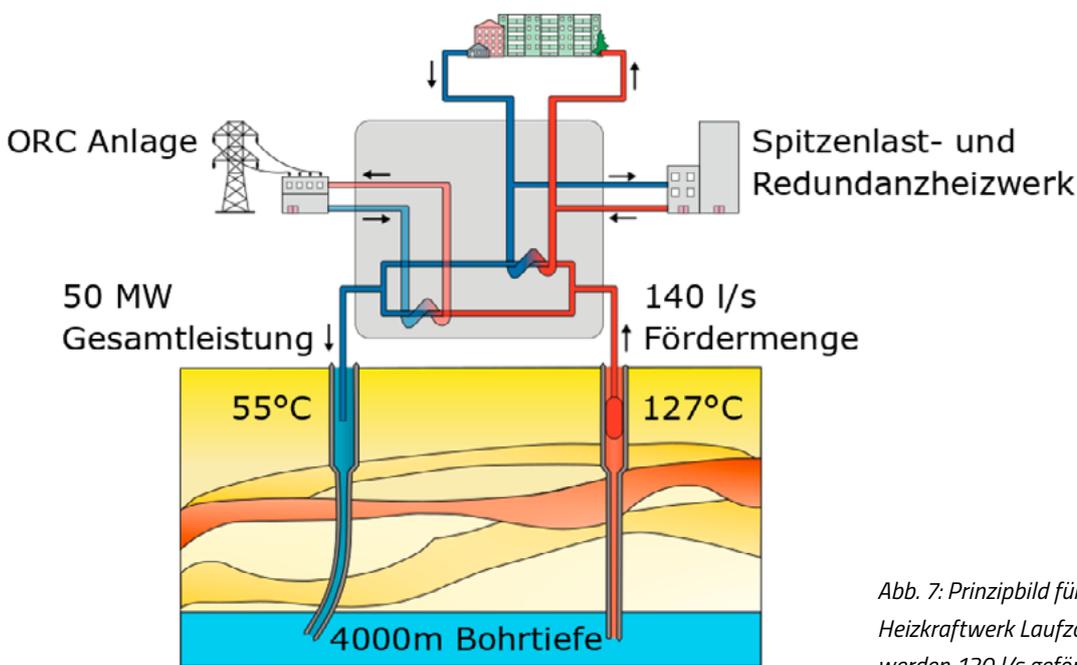


Abb. 7: Prinzipbild für das geothermische Heizkraftwerk Laufzorn; im Dauerbetrieb werden 120 l/s gefördert.

gleichsweise hohen Anfangsinvestitionen stehen hier vergleichsweise geringe Betriebskosten gegenüber – anders als bei der Nutzung fossiler Brennstoffe, die relativ geringe Anfangsinvestitionen erfordern, dafür aber hohe, jährlich anfallende Kosten für den Import von Öl und Gas. So importiert Deutschland jährlich fossile Brennstoffe für mehr als 70 Milliarden Euro – und das trotz derzeit noch deutlicher Schieflage bei den Umlagekosten. Die Gemeinde Grünwald im Landkreis München hat die Hürden 1 bis 3 aus eigener Kraft genommen.

Ab August 2009 wurde die Dubletten-Bohrung in Oberhaching-Laufzorn niedergebracht, die Fündigkeit wurde im Juni 2010 bestätigt: bis zu 140 Liter pro Sekunde mit 128 Grad Celsius. Wenige Wochen später startete die Erdwärme Grünwald GmbH mit dem Bau des Fernwärmenetzes, schon bald wurde der erste Fernwärmekunde im Oktober 2011 angeschlossen. Parallel entstand das Geothermie-Heizwerk in Laufzorn. Auch der Großkunde Bavaria Film wurde kurz darauf an die geothermische Fernwärme angeschlossen.

Seit April 2013 ist die Erdwärme Grünwald in einem Wärmeverbund mit der benachbarten Geothermie Unterhaching verbunden und hat – wiederum aus eigenen Mitteln – die beiden Geothermiequellen mit einer über 5 km langen Leitung verbunden.

Seit Ende 2014 erzeugt die EWG zudem aus Geothermie grünen Strom; das dafür erforderliche ORC-Kraftwerk errichtete die EWG ebenfalls am Standort Laufzorn. Überschüssige geothermische Wärme wird so in grünen Strom umgewandelt.

Im Dezember 2017 verlegte die Erdwärme Grünwald den letzten Rohrmeter des Grünwalder Fernwärmenetzes. Damit wurden nach gut sieben Jahren intensiver Bauzeit über 65 km Leitungsnetz in Grünwald verlegt. Es hat damit nahezu jeder Haushalt in Grünwald die Chance, sich an die geothermische Fernwärme anzuschließen. Dies nutzen heute, im April 2021, bereits über 1.300 Grünwalder Wärmekunden mit insgesamt rund 2.500 angeschlossenen Wohn- und Gewerbeeinheiten. So sind inzwischen über 40 % der Haushalte in Grünwald an die CO₂-neutrale Erdwärme angeschlossen – darunter auch alle wesentlichen Großverbraucher und annähernd alle kommunalen Einrichtungen.

Die Hürden 1 „Seismik“, 2 „Bohrung inklusive Fündigkeitsrisiko“ und 3 „Bau des Fernwärmenetzes“ überwand die Erdwärme Grünwald aus eigener Finanzkraft. Was die beiden Geothermie-Nachbargemeinden Grünwald und Unterhaching „im Kleinen“ mit der Finanzkraft Grünwalds und der EWG als Muttergesellschaft bereits realisiert haben, kann als Blaupause für die Nutzung der Geothermie in Ballungszentren deutschlandweit dienen. Damit ist Hürde 4 genannt, die interkommunale Verbindung zwischen Geothermiequellen und Fernwärmenetzen – sie erlaubt es, Erdwärme dort aufzusuchen, wo die besten geologischen Bedingungen herrschen, und dorthin zu transportieren, wo die Wärmeenergie benötigt wird. Einen wichtigen Schritt in die interkommunale Verbindung zwischen Geothermiequellen und Fernwärmenetzen ging die EWG im Januar 2018 mit einer Seismik-Kampagne in einem 100 km² großen Gebiet im südlichen Landkreis München, zusammen mit der IEP Pullach und den Stadtwerken München (SWM). Im November 2019 unterzeichneten EWG und SWM eine gemeinsame Absichtserklärung zur Kooperation im Bereich der Tiefen Geothermie.

7. Autoren

Das Papier ist ein Positionspapier des Bundesverbandes Geothermie und seiner Partner. Das Dokument entstand durch die Mitarbeit von André Deinhardt, Claudius Franke, Wolfgang Geisinger, Erwin Knappek, Andreas Lederle, Helmut Mangold, Rüdiger Schulz, Annecatrín Theis, Leonhard Thien und weiteren KollegInnen.

Abkürzungen

BEW	Bundesförderung effiziente Wärmenetze
BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BVG	Bundesverband Geothermie e. V.
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbaren-Energien-Gesetz
EGS	Enhanced Geothermal Systems
EU-ETS	Europäische Emissionshandel (EU Emissions Trading System)
EWG	Erdwärme Grünwald GmbH
GEG	Gebäudeenergiegesetz
IEP	Innovative Energie für Pullach GmbH
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kWh	Kilo-Wattstunde (10 ³ Wh)
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
LoRaWAN	Long Range Wide Area Network (eine Methode der Datenübertragung, die trotz großer Netzwerke wenig Energie benötigt)
ORC	Organic Rankine Cycle (ein Verfahren für Turbinen zur Stromerzeugung)
PtG	s. PtX (Power to Gas)
PtX	strombasierte Brennstoffe (Power to X)
SIP	staatlich induzierter (Strom-) Preisbestandteile
StromStG	Stromsteuergesetz
SWM	Stadtwerke München GmbH
TAB	Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag
TWh	Tera-Wattstunde (10 ¹² Wh)
UBA	Umweltbundesamt

Impressum

Herausgeber: Bundesverband Geothermie e.V.
Albrechtstraße 22 ■ 10117 Berlin
Tel: 030.200 954 950 ■ Fax: 030.200 954 959
www.geothermie.de ■ info@geothermie.de

Grafik & Layout: Susann Piesnack
Fotos: Titelbild: stock.adobe.com/ © Andy Ilmberger;
S.4: SWM München; S.9: SWM München/ Sageder,
SWM München/Marcus Schlaf



Bundesverband
Geothermie

STARKE PARTNER FÜR DIE GEOTHERMIE

Werden Sie
Mitglied
in unserem
Netzwerk.





WÄRMEWENDE
durch GEOTHERMIE

