

Geothermische Technologien in Ballungsräumen

Ein Beitrag zur Wärmewende
und zum Klimaschutz

R. Emmermann et al.



Foto: ©/acatech

Deutschland verfolgt als Beitrag zum Pariser Klimaschutzabkommen ambitionierte klimapolitische Ziele: Die Emissionen von Treibhausgasemissionen sollen bis 2030 um 65 Prozent und bis 2040 um 88 Prozent gegenüber 1990 reduziert werden, um 2045 bilanzielle Klimaneutralität sowie nach 2050 negative Treibhausgasemissionen zu erreichen. Im Vergleich zum Ausbau erneuerbarer Energien im Stromsystem hinkt der klimafreundliche Umbau des Wärmesektors bislang deutlich hinterher. Dabei entfällt rund die Hälfte der in Deutschland verbrauchten Primärenergie auf den Wärmesektor, der somit einen entsprechend großen Hebel für den Klimaschutz darstellt. Doch noch immer beruhen rund zwei Drittel der Wärmeerzeugung auf fossilen Energieträgern. Neben der Senkung des Wärmeenergiebedarfs durch Sanierung und Effizienzsteigerungen gilt es deshalb, in den kommenden Jahren auch die Wärmebereitstellung durch den Einsatz erneuerbarer Energien klimaneutral zu gestalten.

Die Geothermie kann einen bedeutenden Beitrag zur Defossilisierung der Wärmeerzeugung leisten. Auch wenn der Anteil der Geothermie an der erneuerbaren Wärmeerzeugung derzeit noch sehr niedrig ist, weisen die geologischen Strukturen in Deutschland großes Potenzial insbesondere für die Nutzung der tiefen hydrothermalen Geothermie auf. Die tiefe Geothermie kann gerade in urbanen Räumen mit hohem Wärmebedarf bestehende fossile Energieträger in signifikantem Umfang ablösen. Dabei lässt sich die Geothermie als heimische Energiequelle gut und effizient in Wärmenetze integrieren, die schon heute in urbanen, dicht besiedelten Räumen existieren und im Zuge der klimapolitisch notwendigen Wärmewende zunehmend an Bedeutung gewinnen werden. Die bereits geplanten Weiterentwicklungen der Wärmenetze hin zu sogenannten Wärmenetzen 4.0, die mit niedrigeren Temperaturen betrieben werden, erlauben dabei eine noch effizientere Nutzung geothermischer Wärmepotenziale und deren Kopplung mit anderen erneuerbaren Wärmeträgern wie Solarthermie, Biomasse oder Abwärme. Daneben können geothermische Technologien auch einen Beitrag zur Kälteversorgung leisten, die künftig angesichts des Klimawandels insbesondere in urbanen Räumen immer wichtiger werden wird.

Die Geothermie ist dabei nicht nur eine jahreszeiten- und witterungsunabhängige, klimafreundliche heimische Wärmequelle, die das Portfolio möglicher Optionen zur klimafreundlichen Wärmeerzeugung erweitert. Denn die Erschließung geothermischer Technologien bietet darüber hinaus das Potenzial, Wärme und Kälte nicht nur kurzfristig, sondern auch saisonal in geeigneten Reservoirs im Untergrund zu speichern. Diese Speichermöglichkeiten schaffen zusammen mit dem möglichen Einsatz von Groß- und Hochtemperaturwärmepumpen, mit

Auf einen Blick

- Die Wärmeerzeugung in Deutschland beruht noch immer zu rund zwei Dritteln auf fossilen Energieträgern.
- Die Geothermie ist eine jahreszeiten- und witterungsunabhängige, heimische Wärmequelle, die das Portfolio der Optionen zur klimafreundlichen Wärmeerzeugung erweitert.
- Die Erschließung und Nutzung geothermischer Potenziale zur Wärmeversorgung ist in weiten Teilen Deutschlands möglich. Die Geothermie bietet darüber hinaus die Möglichkeit im Rahmen der Sektorkopplung, Wärme und Kälte nicht nur kurzfristig, sondern auch saisonal im Untergrund zu speichern.
- Um das Potenzial zu erschließen, ist die Schaffung geeigneter politischer und regulatorischer Rahmenbedingungen erforderlich, etwa die Berücksichtigung der Geothermie im Rahmen der verpflichtenden kommunalen Wärmeplanung oder ein Abfedern der finanziellen Risiken von Geothermieprojekten für weniger finanzstarke Kommunen.



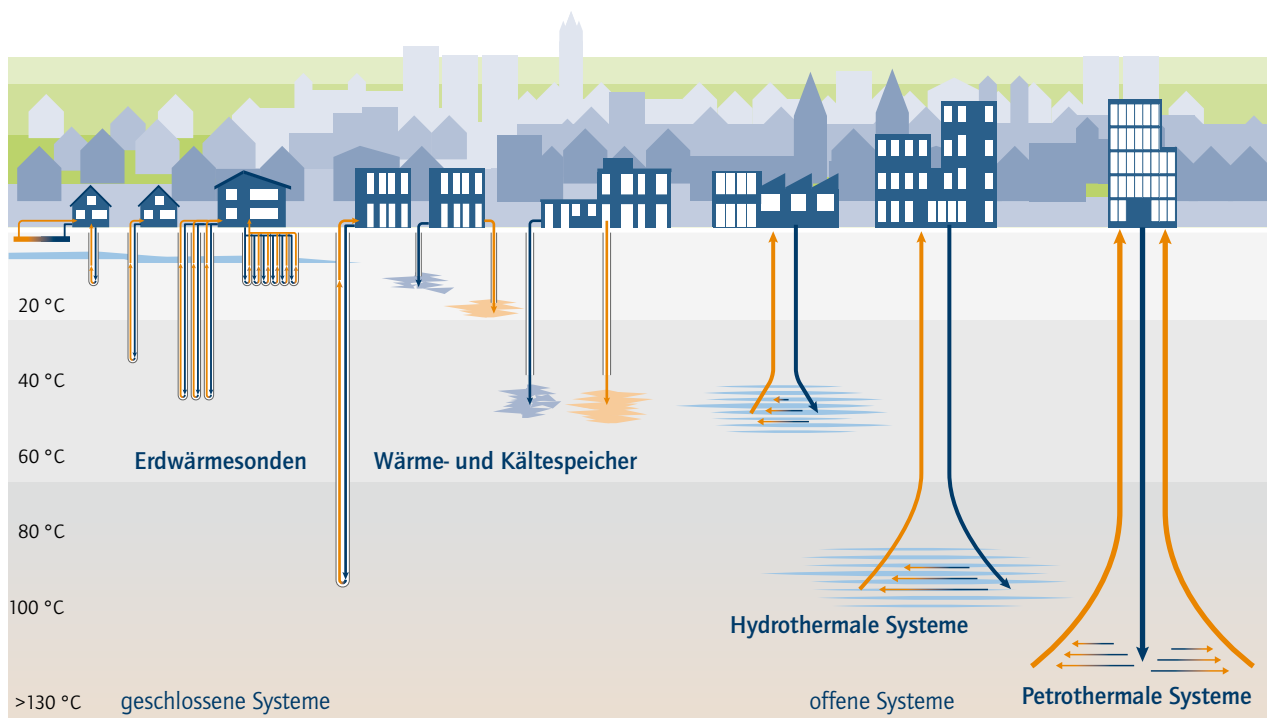
deren Hilfe die Wärme aus der Geothermie bei Bedarf auf benötigte höhere Vorlauftemperaturen gebracht werden kann, mehr Flexibilität für das Energiesystem. Die Erschließung der Geothermie kann daher zu einer stärkeren sowie effizienteren Kopplung von Strom- und Wärmesektor beitragen und volatile Wind- und Sonnenenergie besser für das Energiesystem nutzbar machen. Die bereits bestehenden Beispiele für die Nutzung geothermischer Systeme in urbanen Räumen zeigen: Eine umfangreiche Nutzung geothermischer Systeme ist möglich. Sie können wirtschaftlich betrieben werden und erfahren bei adäquater Einbindung der lokalen Bevölkerung während der Planung, der Errichtung und des Betriebs breite Akzeptanz.

Die technischen Entwicklungen der letzten Jahre ermöglichen es, das Potenzial der Geothermie wesentlich besser zu erschließen als bisher. Dank ausgereifter Erkundungsmethoden können hydrothermale geothermische Reservoirs sicherer identifiziert und Fündigkeitsrisiken für heißes Wasser reduziert werden. In Verbindung mit detailliertem Monitoring und immer effizienterer Bohrtechnik haben sich somit die technischen und finanziellen Rahmenbedingungen für den Erfolg von Geothermieprojekten deutlich verbessert. Darüber hinaus profitieren Geothermieprojekte vom technischen Fortschritt bei Groß- und Hochtemperaturwärmepumpen: Diese können optional eingesetzt werden

und ermöglichen breite Variabilität bei den Einspeisetemperaturen und somit eine flexible Integration der Geothermie in vorhandene Wärmenetze.

Für den intensiveren Einsatz von Geothermie im Wärmesektor sind allerdings geeignete politische und regulatorische Rahmenbedingungen erforderlich. Gezielte Weichenstellungen sind deshalb bereits heute notwendig, damit Geothermie zur Wärmewende und zur Umsetzung der klimapolitischen Ziele in Deutschland beitragen kann. Eine gute Gelegenheit für entsprechende Anpassungen ist die kommunale Wärmeplanung, die alle Kommunen bis spätestens 2028 erstellen müssen. Diese Planung sollte den Blick verstärkt und systematisch auf die weitere Entwicklung von Wärmenetzen sowie die dort eingesetzten Wärmequellen lenken. Bund, Länder und Kommunen sollten sicherstellen, dass Geothermie in diesem Zuge standardmäßig als wesentliches Element der Wärmeversorgung in Betracht gezogen wird.

Die CO₂-Bepreisung im Wärmesektor und die Erwartung steigender CO₂-Preise wirken generell als positiver Anreiz für klimaneutrale Energieträger und tragen entsprechend auch dazu bei, dass der Einsatz von geothermischen Technologien wirtschaftlicher wird. Zugleich bleiben hohe Investitionskosten in Verbindung mit Fündigkeitsrisiken ein wesentliches Hemmnis von Geothermieprojekten.



Die wichtigsten Systeme zur Nutzung des geothermischen Wirtschaftsraums in der oberflächennahen Geothermie bis circa 20 Grad Celsius, der mitteltiefen Geothermie bis circa 60 Grad Celsius und der tiefen Geothermie (Quelle: eigene Darstellung nach Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches Geoforschungszentrum GFZ: *Geothermie – Regenerative Wärme aus der Erde*, 2023.)



Eine detaillierte Erkundung der geothermischen Potenziale und ein vereinfachter Zugang zu vorhandenen Geodaten können helfen, dieses Risiko zu begrenzen. Insbesondere bei kleineren, weniger finanzstarken Akteuren könnte die Bereitschaft zur Erschließung der Geothermie deutlich steigen, wenn die finanziellen Risiken angesichts der notwendigen hohen Anschubinvestitionen stärker begrenzt wären. In der Diskussion befinden sich bereits Versicherungsangebote zur Absicherung des Fündigkeitsrisikos, die gegebenenfalls staatlich unterstützt werden. Sie stellen einen vielversprechenden Ansatz dar, um der Nutzung geothermischer Technologien Vorschub zu leisten.

Insgesamt gilt es, analog zu anderen klimaneutralen Energiequellen, auf Bundesebene eine Strategie zu entwickeln, die eine breite und nachhaltige Implementierung der Geothermie unterstützt und ganzheitlich in die Transformation des Energiesystems eingebunden ist. Hierfür bedarf es langfristiger Planungen und Investitionen in die Infrastruktur, darunter den Ausbau von Wärmenetzen sowie deren Transformation in den Niedrigtemperaturbereich.

Die vorliegende acatech STUDIE nimmt die Geothermie zur Wärmeversorgung in urbanen Räumen, die mit ihr verbundenen Voraussetzungen und Möglichkeiten, aber auch Herausforderungen und Vorbehalte in der Öffentlichkeit in den Blick. Die unterschiedlichen Nutzungsoptionen und Technologien sowie der Untergrund als Energiequelle werden in Kapitel 2 und 3 diskutiert. Dieses Wissen und die bisherigen Erfahrungen bei der Umsetzung geothermischer Projekte bilden die Grundlage für die in Kapitel 4 behandelten Potenziale der Geothermie und ihre Einsatzmöglichkeiten zur Defossilisierung der Wärmeversorgung inklusive ihrer Fähigkeit, mittels geothermischer Speicher wichtige Beiträge zur effizienteren Sektorkopplung zwischen Strom- und Wärmeversorgung zu leisten. Damit zusammenhängende wirtschaftliche Aspekte sowie Akzeptanzfragen werden in Kapitel 5 beleuchtet. Nationale und internationale Beispiele für die Nutzung geothermischer Technologien in Ballungsräumen werden in Kapitel 6 beschrieben. Das abschließende Fazit in Kapitel 7 zeigt die politischen Handlungsfelder auf, die für einen systemdienlichen Beitrag der Geothermie zur Energiewende von wesentlicher Bedeutung sind.



Reihenherausgeber: acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2024

Geschäftsstelle

Karolinenplatz 4
80333 München
T +49 (0)89/52 03 09-0

Hauptstadtbüro

Georgenstraße 25
10117 Berlin
T +49 (0)30/2 06 30 96-0

Brüssel-Büro

Rue d'Egmont/Egmontstraat 13
1000 Brussels | Belgien
T +32 (0)2/2 13 81-80

www.acatech.de

info@acatech.de

acatech folgen: @ X | LinkedIn | Instagram

Geschäftsführendes Gremium des Präsidiums: Prof. Dr. Ann-Kristin Achleitner, Prof. Dr. Ursula Gather, Dr. Stefan Oschmann, Manfred Rauhmeier, Prof. Dr. Christoph M. Schmidt, Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber, Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner

Vorstand i.S.v. § 26 BGB: Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner, Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber, Manfred Rauhmeier

Diese Kurzfassung entstand auf Grundlage von: Emmermann, R./Schulz, R./Stober, I./Wenzel, F./Lauterjung, J./Bracke, R./Henning, H.-M./Chur, C./Müller-Ruhe, W./Sass, I./Reinicke, K. M./Knapek, E./Krawczyk, Ch.: *Geothermische Technologien in Ballungsräumen. Ein Beitrag zur Wärmewende und zum Klimaschutz* (acatech STUDIE), München 2024. DOI: https://doi.org/10.48669/aca_2024-6.