

WÄRM EWENDE MIT GEOTHERMIE

Möglichkeiten und Chancen in Deutschland





Herausgeber

Leibniz-Institut für
Angewandte Geophysik (LIAG)
Stilleweg 2, 30655 Hannover
E-Mail: geothermal@leibniz-liag.de
Internet: <http://www.leibniz-liag.de>

5. deutsche Auflage
September 2019

Diese Broschüre ist nicht
für den Verkauf bestimmt

ISBN: 978-3-9817896-4-5

Cover-Foto

Beispiel zukunftsfähiger Wärmeversorgung
in urbanen Räumen: Geothermische
Heizzentrale Riem in München,
betrieben durch die Stadtwerke
München. Im Vordergrund die
Förder- und Injektionsbohrung, im
Hintergrund die Energiezentrale mit
integrierter PV-Anlage. Die Anlage ist
bereits seit 2004 in Betrieb und versorgt
die Messestadt Riem und die Neue Messe
München mit umweltfreundlicher
Fernwärme. Foto: I. Moeck

Autoren

Josef Weber
Inga Moeck

Redaktion

Josef Weber
Inga Moeck

Layout & Gestaltung

Mia Ozor
Josef Weber
Katja Tribbensee

Druck

Leibniz-Institut für
Angewandte Geophysik

Karten

Thorsten Agemar
Evelyn Suchi
Katja Tribbensee

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

1.

Energieverbrauch in Deutschland

Seite 2

2.

Wärmewende nur mit Geothermie möglich

Seite 3

3.

Einsatzmöglichkeiten der Geothermie

Seite 4

4.

Beispiele der Geothermie in Deutschland

Seite 6

5.

Geothermie in Kombination mit...

Seite 8

1

Energieverbrauch in Deutschland

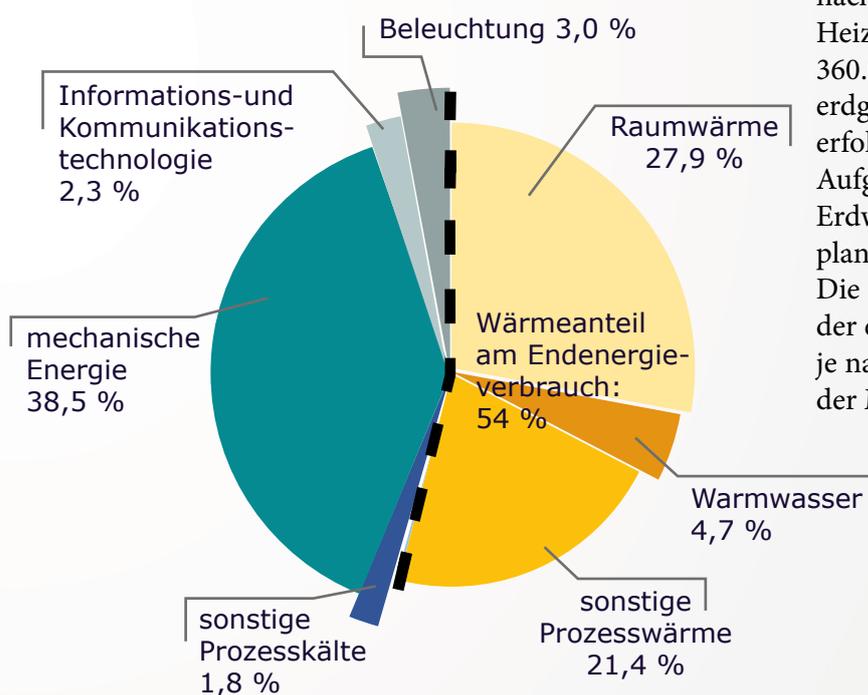
Der Endenergieverbrauch in Deutschland lag 2016 bei 9.151 Petajoule (das entspricht 2.542 Milliarden Kilowattstunden) [1]. Davon fallen allein 54 % auf den Wärmeanteil (siehe Abbildung unten).

Das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) sieht vor, dass der Anteil erneuerbarer Energien (EE-Anteil) am Bruttostromverbrauch bis 2020 auf mindestens 35 % ansteigt. Dieses Ziel wurde bereits erreicht. 2017 deckten erneuerbare Energien 36,2 % des Bruttostromverbrauchs, womit sich der Anteil seit 2010 (17,0 %) mehr als verdoppelt hat [2].

Anders sieht es beim Anteil erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch aus, obwohl dieser den größeren Teil des Endenergieverbrauchs in Deutschland ausmacht. Der EE-Anteil im Wärmesektor lag in 2017 bei 12,9 %, das Ziel von 14 % bis 2020 kann nach derzeitigem Stand nicht erreicht werden. Der Anstieg seit 2010 betrug lediglich 1,5 Prozentpunkte und der EE-Anteil ging im Vergleich zu 2016 sogar um 0,3 Prozentpunkte zurück [2].

Die EE-Anteile an Strom und Wärme decken bislang nur 14,8 % des Bruttoendenergieverbrauchs [2].

Dabei leistet momentan die Biomasse mit fast 87 % den größten Beitrag zur erneuerbaren Wärme. Sie weist jedoch aufgrund ihres hohen Flächenbedarfs und weiterer Einflüsse auf die Umwelt nur beschränktes Ausbaupotenzial auf.



Im Bereich der Erdwärme (Geothermie) besteht ein enormes Ausbaupotenzial bei gleichzeitig geringem Flächenbedarf und flexiblen Einsatzmöglichkeiten. Fossile Energieträger wie Kohle, Erdöl und Erdgas können in vielen Bereichen der Wärmeerzeugung durch Geothermie substituiert werden. Als Beispiel ist hier die Stadt München zu nennen, die bis 2040 als erste deutsche Großstadt 100 % der Fernwärme aus erneuerbaren Energien bereitstellen will. Die tiefe Geothermie spielt hier eine zentrale Rolle aufgrund der günstigen geologischen Untergrundbedingungen.

Dabei ermöglicht der Ausbau der geothermalen Wärmenetze eine schnellere Umsetzung der Wärmewende als die energetische Sanierung von Bestandsgebäuden [3].

Auch im Bereich der oberflächennahen und mitteltiefen Geothermie gibt es bei den erdgekoppelten Wärmepumpen noch ein großes Ausbaupotenzial, besonders bei Neubauten. Zudem müssen in den nächsten Jahren im Privatbereich viele veraltete Heizungen ausgetauscht werden. Mit mittlerweile über 360.000 installierten Anlagen in Deutschland sind erdgekoppelte Wärmepumpen eine weit verbreitete, erfolgreiche und bezahlbare Technologie [4].

Aufgrund der marktreifen Technologie können Erdwärmepumpen für eine versorgungssichere und planbare Wärmewende eingesetzt werden.

Die Stärke der Geothermie liegt in der Bandbreite der einsetzbaren Technologien und Möglichkeiten – je nach Tiefe und Endnutzung – die im Blockbild in der Mitte dieser Broschüre dargestellt sind.

Wärmewende nur mit Geothermie möglich

Als Alternative zu fossilen Energieträgern und somit zur Umsetzung der Wärmewende stehen hauptsächlich drei erneuerbare Energieträger zur Verfügung: Geothermie, Solarthermie und Biomasse.

Dabei können sowohl Solarthermie und Biomasse als auch Geothermie für die Wärmebereitstellung in Einfamilienhäusern, Quartieren oder Gebäudekomplexen genutzt werden. Aufgrund der wetterbedingten Abhängigkeit ist mit Solarthermie allerdings eine ganzjährige Bereitstellung der Wärmegrundlast nicht realisierbar. Des Weiteren wirkt sich der große Flächenbedarf von Biomasse insbesondere in Ballungsräumen einschränkend auf deren Ausbaupotenzial aus [5]. Die Geothermie ist dagegen unabhängig von Wetterbedingungen und hat einen geringen Flächenbedarf. Daher sollte die Geothermie für die Wärmegrundlast fest eingeplant werden.

Die Nutzung der Geothermie ist nahezu überall möglich und hat daher ein großes Ausbaupotenzial. Je nach Wärmebedarf und je nach Beschaffenheit des geologischen Untergrundes stehen verschiedene geothermische Technologien bereit und bieten vielseitige Einsatzmöglichkeiten.

Diese reichen von oberflächennaher Geothermie für Einfamilienhäuser, über Thermalwasserbohrungen für Bäder bis hin zur Tiefengeothermie für die Versorgung von Fernwärmenetzen ganzer Metropolen (siehe Blockbild auf der folgenden Doppelseite).

In Kombination mit erdgebundener Wärme- und Kältespeicherung bietet die Geothermie auch noch weitere Einsatzmöglichkeiten.



Vielseitigkeit der geothermischen Nutzung

Bei geothermischen Anlagen werden offene von geschlossenen Systemen unterschieden. Bei **offenen** Systemen wird über eine Bohrung das Thermalwasser **direkt** als Trägermedium für Wärme genutzt (**Brunnensystem** oder **Dublette**). Bei **geschlossenen** Systemen ist die Bohrung vollständig verrohrt und ein Arbeitsmittel nimmt die Wärme aus dem Untergrund über die Bohrlochwand auf (**Erdwärmesonde**). Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass bei der erfolgreichen Nutzung von tiefen offenen Systemen, wie z. B. im Münchener Raum, geeignete Untergrundbedingungen vorherrschen müssen. Die Planung von tiefen Geothermieprojekten muss daher eine Untersuchung des geologischen Untergrunds beinhalten.

Damit verbundenen, vergleichsweise hohen Anfangsinvestitionen bei tiefen Geothermievorhaben stehen jedoch geringe Betriebskosten gegenüber.

Das interkommunale Geothermieprojekt der Gemeinden Aschheim, Feldkirchen und Kirchheim (AFK) bei München zur Wärmeversorgung von bislang fünf Ortsteilen verdeutlicht die Gründe, warum sich Kommunen gemeinsam für die Geothermie als Wärmegrundlast entscheiden:

- gemeinsame Gewinnung von klimaschonender und preiswerter Wärmeenergie
- regenerative Wärmeversorgung unabhängig von Tages- und Jahreszeit sowie Witterung
- keine Lärmemissionen
- Minimierung des Einsatzes fossiler Brennstoffe, niedriger Primärenergiefaktor
- komfortabel und hohe Preisstabilität
- Versorgungssicherheit, hohe Betriebssicherheit und zuverlässige Funktionalität
- beschleunigte Umsetzung der Energiewende gegenüber der Gebäudesanierung

Einsatzmöglichkeiten der Geothermie

Flache Erdwärmesonde

System:	geschlossen, WP*
Tiefe:	Ø 100 m
Temperatur:	10–15 °C
Leistung:	Ø 8 kW Wärme
Anwendung:	Eigenheim (Heizen/Kühlen)

Tiefe Erdwärmesonde

System:	geschlossen, WP*
Tiefe:	400–3000 m
Temperatur:	20–60 °C
Leistung:	100–350 kW Wärme
Anwendung:	Bürogebäude, Gewerbe (Heizen)

Erdwärmesondenfeld

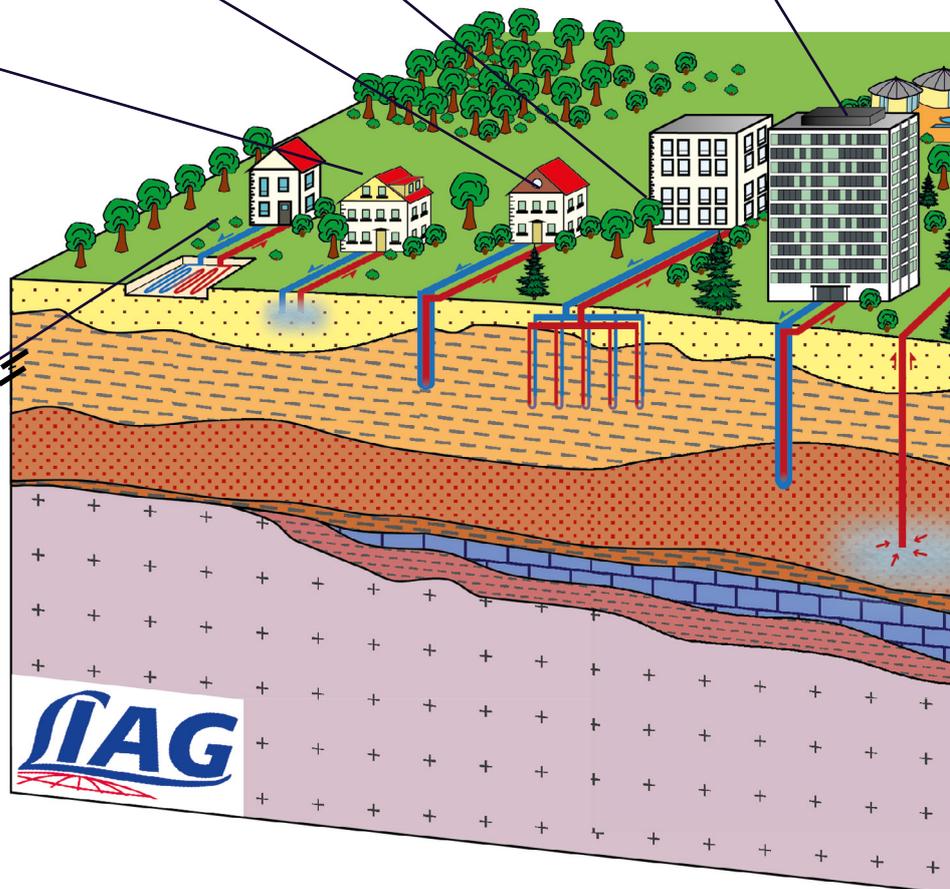
System:	geschlossen, WP*
Tiefe:	Ø 100 m
Temperatur:	10–15 °C
Leistung:	100 kW bis > 1 MW Wärme
Anwendung:	Bürogebäude, Gewerbe (Heizen/Kühlen)

Erdwärmebrunnensystem

System:	offen, WP*
Tiefe:	< 15 m
Temperatur:	8–15 °C
Leistung:	Ø 14 kW Wärme
Anwendung:	Eigenheim (Heizen/Kühlen)

Erdwärmekollektoren

System:	geschlossen, WP*
Tiefe:	< 5 m
Temperatur:	8–15 °C
Leistung:	~ 5 kW Wärme
Anwendung:	Eigenheim (Heizen/Kühlen)





Hydrothermale Bohrungsdulette

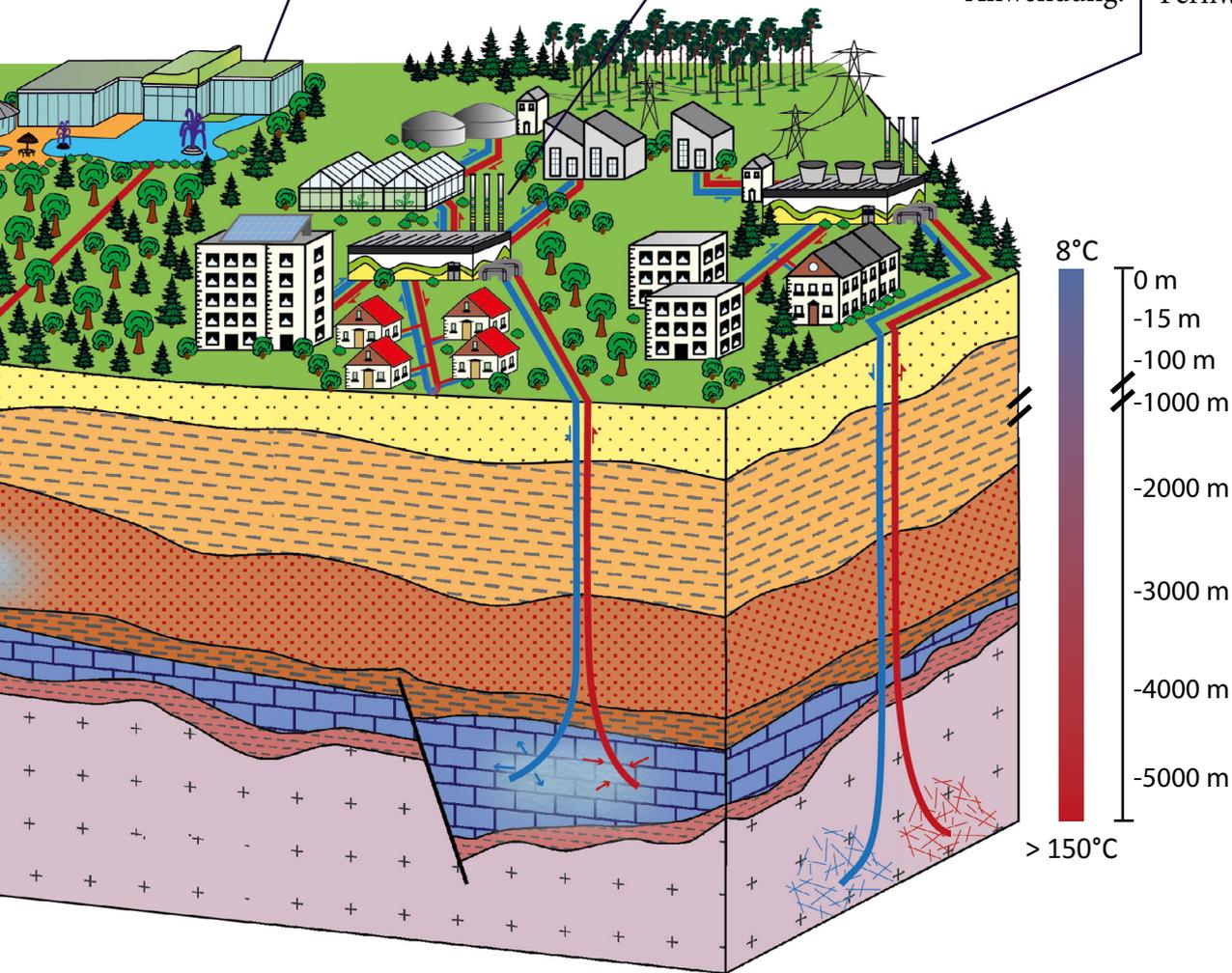
System: offen, Tauchpumpe
 Tiefe: 1000–4500 m
 Temperatur: 40–150 °C
 Leistung: ~ 25 MW Wärme
 ≙ 2,5 MW Strom
 Anwendung: Fernwärme, Strom

Thermalwasserbohrung

System: offen, Tauchpumpe
 Tiefe: 100–3000 m
 Temperatur: 20–100 °C
 Leistung: 0,02–4 MW Wärme
 Anwendung: Thermalbad

Petrothermale Bohrungsdulette

System: offen, Tauchpumpe
 Tiefe: 4000–6000 m
 Temperatur: > 150 °C
 Leistung: ~ 25 MW Wärme
 ≙ 2,5 MW Strom
 Anwendung: Fernwärme, Strom



4.

Beispiele der Geothermie in Deutschland

Thermalbäder

Thermalbäder sind in Deutschland im Bereich geothermischer Direktnutzung zahlenmäßig am weitesten verbreitet. In Bad Bevensen zum Beispiel wird bereits seit den 1970er Jahren Heilwasser über eine Bohrung an die Oberfläche gefördert. 1987 konnte über eine zweite Bohrung auch Sole mit einer Temperatur von über 20 °C erschlossen werden und darf somit laut Definition als Thermalwasser bezeichnet werden [6]. Durch den Aufbau eines Bäderbetriebes und die Ansiedlung verschiedener Kliniken entwickelte sich Bad Bevensen zu einem Kurort mit **regionaler Wertschöpfung**.

Fernwärme

Ein optimales Einsatzgebiet für die Geothermie stellt die Nutzung zur Versorgung von Fernwärmenetzen zu Heizzwecken und zur Warmwasserbereitstellung dar. Als Beispiel soll hier stellvertretend das Heizwerk Riem in München genannt werden. Die Stadtwerke München, die das Heizwerk betreiben, planen, die Stadt bis 2040 komplett mit Fernwärme aus erneuerbaren Energien zu versorgen. Die Geothermie soll zum Erreichen dieses Ziels einen großen Beitrag liefern. Die **Nachhaltigkeit** der Geothermie zeigt sich in Waren (Müritz), wo bereits seit 1984 das dortige Fernwärmenetz mit erneuerbarer Erdwärme versorgt wird.

Aquiferspeicher

Geothermische Lagerstätten können auch als Wärmespeicher genutzt werden. In Neubrandenburg wird die im Sommer anfallende Überschusswärme eines Gas- und Dampfturbinen-Heizkraftwerks über ein geothermisches Heizwerk in tieferen Erdschichten gespeichert und im Winter zur Versorgung eines Fernwärmenetzes verwendet. Durch diese Kopplung kann ein Großteil ansonsten notwendiger fossiler Energieträger eingespart werden, da auf einen gasbetriebenen Heizkessel für Spitzenlasten im Heizwerk verzichtet werden kann.

Gewächshäuser

In den geothermisch beheizten Gewächshäusern in Kirchweidach werden auf einer Fläche von ca. 20 Hektar nahezu ganzjährig Tomaten und Paprika **regional, nachhaltig** und **CO₂-frei** produziert. Im Vergleich zu einem konventionellen mit Heizöl beheizten Gewächshaus ergibt sich pro Jahr eine **Einsparung von 16,5 Millionen kg CO₂**. Des Weiteren werden durch den regionalen Anbau jährlich **1,5 Millionen LKW-Kilometer** gegenüber Importen aus Spanien vermieden [7]. Auch in den Niederlanden werden immer mehr Gewächshäuser erfolgreich mit geothermischer Wärme beheizt.

Gebäudeheizung

In Arnsberg wird Geothermie genutzt, um das Freizeitbad NASS mit **CO₂-freier** und **lokaler** Wärme für die Beheizung des Gebäudes und zur Erwärmung des Bade- und Brauchwassers zu versorgen. An diesem Standort wurde die Nutzung der Erdwärme mit Hilfe einer tiefen Erdwärmesonde (2.835 m) umgesetzt, wodurch auch ohne Stoffaustausch im Untergrund ca. 55 °C heißes Wasser an der Oberfläche genutzt werden kann.

Stromerzeugung

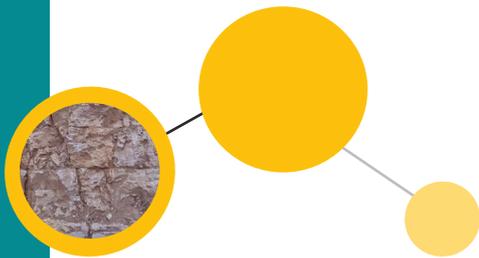
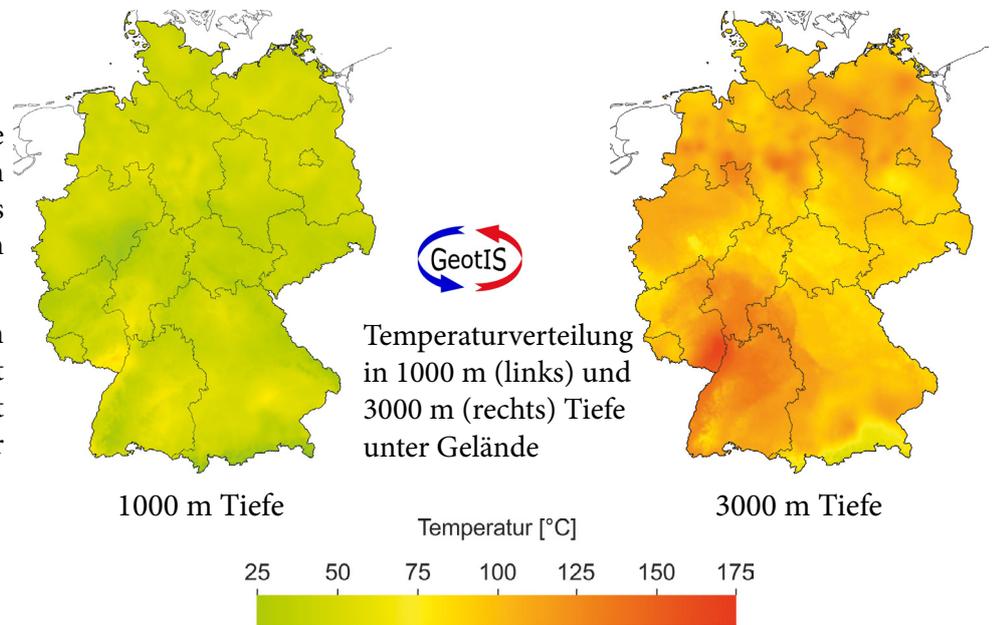
Mit einer Temperatur von 165 °C wird in Insheim im Rheingraben das bisher heißeste Thermalwasser in Deutschland aus einer Tiefe von 3.600 m gefördert. Die Erdwärme wird an diesem Standort momentan zur Stromproduktion genutzt, eine zusätzliche Fernwärmeversorgung ist jedoch geplant und energetisch sinnvoll.

Lebensmittelverarbeitung

Ein Beispiel aus dem grenznahen Standort Geinberg in Österreich zeigt die **vielseitige und effiziente** Nutzung der Geothermie. Dort wird die Erdwärme zunächst in einer Molkerei genutzt und anschließend in ein Fernwärmenetz eingespeist. Die Restwärme wird danach noch zur Versorgung eines Thermalbades und eines Gewächshauses verwendet (sog. **Kaskadennutzung**).

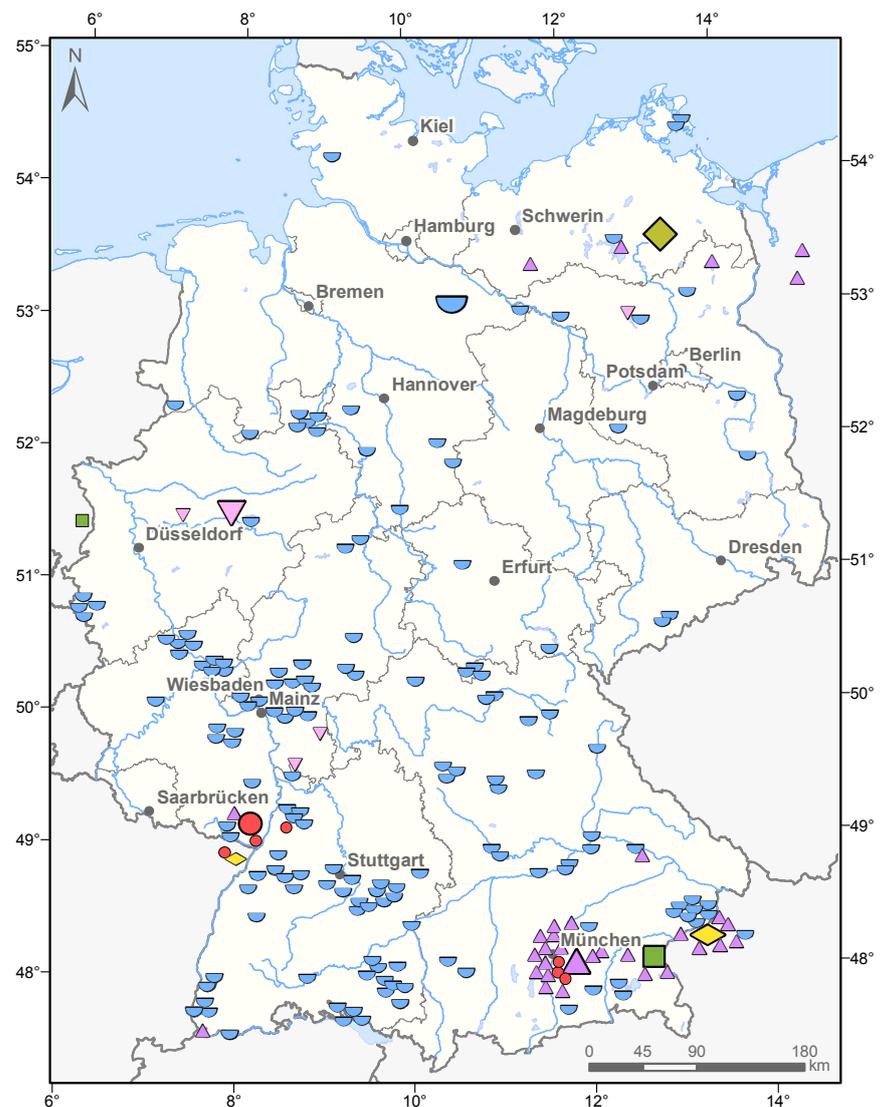
Die Karten zeigen, dass die Temperatur in einer bestimmten Tiefe, je nach Eigenschaften des Untergrunds, unterschiedlich ist.

Diese Temperaturstufen können auf verschiedene Weise genutzt werden. Die Karte unten zeigt die Einsatzorte unterschiedlicher geothermischer Nutzung.



Einsatzorte der mitteltiefen und tiefen Geothermie in Deutschland

-  Thermalbad
-  Fernwärme
-  Stromerzeugung
-  Gebäudeheizung
-  Gewächshaus
-  Aquiferspeicher
-  Lebensmittelverarbeitung



Stand September 2018
www.geotis.de



IAG Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik

Die jeweils größeren Symbole zeigen die Lage der Beispiele auf Seite 6.

Geothermie in Kombination mit...

...Biomasse

In Zukunft wird eine **verstärkte Nachfrage** nach **Biotreibstoffen** und Rohstoffen für die chemische Industrie entstehen, welche nur durch **Biomasse** in größerem Maßstab befriedigt werden kann (der Anteil an erneuerbaren Energien im Verkehrssektor lag 2017 nur bei 5,2 % [2]).

Biomasse kann aber auch **effizient** mit **Geothermie gekoppelt** werden. Pflanzenreste aus einem geothermisch beheizten Gewächshaus können beispielsweise in einer Biogasanlage verwertet werden. Die dabei gewonnene Wärme kann wiederum in ein geothermisch betriebenes Fernwärmenetz eingespeist werden, um z. B. **Spitzenlasten** abzudecken.

...Solarthermie

Solarthermie kann im Privatsektor einen wertvollen Beitrag zur Wärmewende leisten, ist jedoch für eine **großflächige Wärmeversorgung ungeeignet**. Aufgrund der tages- und jahreszeitlichen Abhängigkeit steht hier Wärme vor allem im Sommer zur Verfügung, wenn der Bedarf eher gering ist. Jedoch kann auch hier eine **Kombination mit Geothermie** sinnvoll sein.

Die im Sommer gewonnene Wärme kann über erdgekoppelte Systeme **im Boden gespeichert** werden und dann mit Hilfe einer **Erdwärmepumpe** im Winter zu Heizzwecken genutzt werden.

...Photovoltaik und Windenergie

Auch eine Kopplung mit erneuerbaren Stromerzeugern ist möglich. **Photovoltaikanlagen** können Strom für den **Eigenbedarf** einer **Geothermieanlage** liefern, um Pumpen eines Fernwärmenetzes zu betreiben.

Erneuerbarer Strom kann aber auch für den Betrieb von Erdwärmepumpen genutzt werden um diesen effizient in die Wärmeversorgung zu integrieren (Power-to-Heat).



Referenzen

[1] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2018): Energieverbrauch nach Anwendungsbereichen in Deutschland 2016. In: Energiedaten: Gesamtausgabe. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Stand August 2018, 79 S.

[2] BMWi (2018): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland – unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat). Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Stand Februar 2018, 46 S.

[3] Moeck, I. & Kuckelkorn, J. (2015): Tiefengeothermie als Grundlastwärmequelle in der Metropolregion München. Forschung für die Wärmewende, Beiträge zur FVEE-Jahrestagung 2015, S. 91-93.

[4] Born, H., Schimpf-Wellenbrink, S., Lange, H., Busmann, G. & Bracke, R. (2017): Analyse des deutschen Wärmepumpenmarktes – Bestandsaufnahme und Trends. Studie des Internationalen Geothermiezentrums Bochum, 119 S.

[5] Nitsch, J. et al. (2012): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Schlussbericht, BMU-FKZ 03MAP 146, 345 S.

[6] Käß, W. & Käß, H. (2008): Deutsches Bäderbuch, 2. Auflage. Schweizerbart, Stuttgart, 1232 S.

[7] Gemüsebau Steiner GmbH & Co. KG: Image-Folder. https://www.gemuesebau-steiner.de/wp-content/uploads/2016/04/IMAGE-Folder_A4_hoch_4-seitig_2016_Gemuesebau-Steiner_Blaettern.pdf. Abgerufen am 01.11.2018.



Ausblick

Wärmewende wurde bislang nur unzureichend angegangen

Der Blick auf die Energiewende zeigt:

Modernisierung und/oder Ausbau der städtischen Wärmenetze mit Geothermie ist möglich

Verstärkte Nutzung der Geothermie in Industrie, Landwirtschaft und Lebensmittelverarbeitung (beispielsweise Gewächshäuser wie in den Niederlanden)

Individuelle Anforderungen im Wärmesektor können erfüllt werden durch:

Nutzung der Wärmespeicherung untertage, gerade in Verbindung mit Solarthermie oder Gaskraftwerken und zur saisonalen Wärmespeicherung

Nutzung gering temperierten Thermalwassers durch Temperaturerhöhung mittels Wärmepumpen, betrieben durch erneuerbaren Strom

Kaskadennutzung mit Nutzung von Restwärme

Geothermie kann effizienter als bisher genutzt werden durch:

Verstärkt direkte Nutzung von Thermalwasser, beispielsweise in kommunalen oder gewerbemäßigen Wärmenetzen

Lange Planungsphasen

Bohren in den geologischen Untergrund mit teils unbekanntem Eigenschaften (= Fündigkeitsrisiko)

Bislang hohe Investitionskosten bei der tiefen Geothermie mit langen Amortisationszeiten, ein Hindernis gerade für Kommunen

Der Ausbau der Geothermie wird aus Sicht der Wissenschaft gehemmt durch:

Zielorientierte politische Steuerungsinstrumente zur Umsetzung der Wärmewende bei gleichzeitiger Reduzierung von klimaschädlichen Emissionen, beispielsweise durch eine CO₂-Abgabe

Der Ausbau der Geothermie kann aus Sicht der Wissenschaft gefördert werden durch:

Weitere Forschungsförderung für tiefe Geothermieprojekte, Forschungsbedarf steigt mit zunehmender Tiefe

ISBN 978-3-9817896-4-5



9 783981 789645

Mehr Informationen unter:
www.leibniz-liag.de
www.geotis.de

