

Was kann die Geothermie zur Wärmeversorgung beitragen, um die EU-Klimaziele für 2050 zu erreichen?

Thorsten Agemar, Evelyn Suchi & Inga S. Moeck

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover

Keywords: Erneuerbare Energie, Wärmewende, Geothermie, Deutschland

Abstract

Die Bundesregierung hat 2016 das Gesetz zur Ratifikation des Pariser Klimaabkommens beschlossen und sich damit zum Ziel gesetzt, die Treibhausgas-Emissionen bis 2050 um mindestens 80 % gegenüber 1990 zu senken. Der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch soll im gleichen Zeitraum auf 60 % steigen. In einer Studie auf Grundlage aktueller Energiestatistiken und unter Berücksichtigung der Veränderungen im Wärmesektor in den letzten zehn Jahren wurde untersucht, ob die Klimaziele für 2050 ohne Tiefengeothermie erreichbar sind, bzw. welchen Beitrag die Tiefengeothermie im Verhältnis zu anderen erneuerbaren Energien leisten könnte. Ergebnis der Studie ist ein realistisches Energieszenario für 2050 mit nur noch 40 % Wärme aus fossilen Energieträgern und einem im Vergleich zu 2016 ca. 50 % geringeren Wärmebedarf.

Die Studie betrachtet dabei neben der Tiefengeothermie vor allem Solarthermie, Biomasse und Umweltwärme und welche Ausbauziele für jede dieser Energieformen wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll sind. Da bis 2050 von einem Anstieg der Windstromproduktion auszugehen ist, wird in dem Energieszenario auch Sektorenkopplung in Form von Power-2-Heat berücksichtigt. Der mögliche Ausbau der Tiefengeothermie wurde auf Grundlage historischer Bohrleistungen der Kohlenwasserstoff-Industrie in Westdeutschland abgeschätzt.

1. Einleitung

Über die Ursachen des Klimawandels und der Rolle von Treibhausgasen wie Kohlendioxid (CO₂) und Methan (CH₄) herrscht in der Wissenschaft weitgehende Einigkeit. Deshalb war es ein wichtiger Schritt, dass die Bundesregierung 2016 das Pariser Klimaabkommens ratifiziert hat. Damit hat sich Deutschland verpflichtet, seine Treibhausgas-Emissionen bis 2050 um mindestens 80 % gegenüber 1990 zu senken. Als bevölkerungsreichster und wirtschaftsstärkster Mitgliedstaat der EU hat Deutschland eine Vorbildfunktion und trägt eine hohe Verantwortung für den Erfolg der EU-Klimapolitik. Neben der Steigerung der Energieeffizienz nimmt der Ausbau der Versorgung mit erneuerbarer Energie eine wesentliche Rolle ein. 2050 soll der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch 60 % betragen.

Dieses Ziel ist ohne eine Wärmewende, also ein Umstieg auf erneuerbare Energiequellen im Wärmesektor, nicht zu schaffen, da die Fortschritte bei der Energieeffizienz nur langsam fortschreiten können. Der Bedarf an Wärme ist in Deutschland trotz Entwicklung immer effizienterer Technologien und der Energieeinsparverordnung im Gebäudesektor sehr hoch und sinkt nur langsam (Abbildung 1). Zurzeit verbraucht Deutschland jährlich ca. 1250 TWh Wärme. Der Stromverbrauch Deutschlands über das Jahr beträgt im Vergleich dazu nur ca. 525 TWh. Der überwiegende Teil dieser Wärme wird zum Heizen verwendet. Zwar verbrauchen Neubauten deutlich weniger Energie zum Heizen als Altbauten, die Erneuerung des Gebäudebestands schreitet jedoch mit jährlich ca. 1 % viel zu langsam voran, um die CO₂-Emissionen deutlich zu senken. Zurzeit sinkt der Raumwärmebedarf der privaten Haushalte nur mit 2 % pro Jahr.

Entwicklung des Wärmeverbrauchs 1990-2014

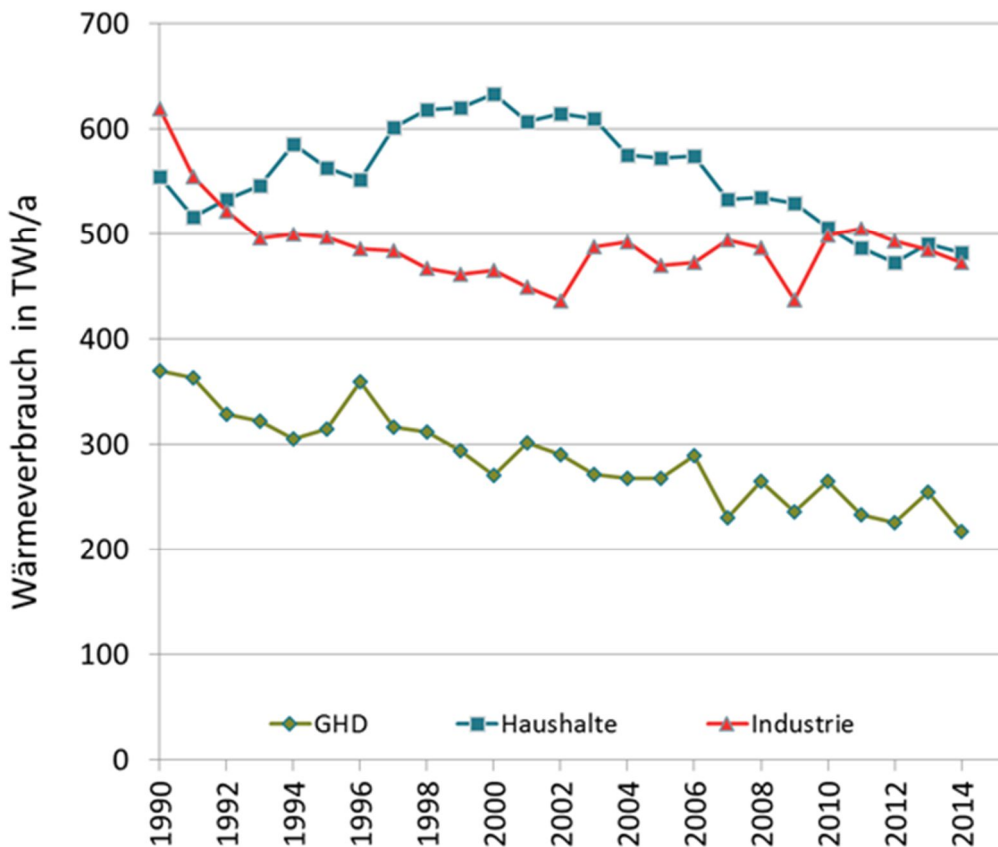


Abb. 1: Entwicklung des Wärmeverbrauchs 1990 bis 2014 für Gewerbe/Handel/Dienstleistung (GHD), private Haushalte und Industrie in Deutschland. Quelle: HRI 2014

In der Industrie werden knapp 500 TWh Prozesswärme pro Jahr für die Herstellung von Produkten verwendet. Zwar investiert die Industrie in effizientere Technologien, der Wärmeverbrauch folgt jedoch primär der Konjunktur. Bei anhaltendem Wirtschaftswachstum ist daher eher mit gleichbleibenden Treibhausgasemissionen in diesem Bereich zu rechnen.

Der Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistung zeigt dagegen ähnlich wie die privaten Haushalte eine Tendenz zu sinkenden CO₂-Emissionen.

Leider stagniert der Anteil erneuerbarer Wärme seit 2010 bei rund 160 TWh pro Jahr, was ungefähr 13 % des Wärmeverbrauchs entspricht. Erneuerbare Wärme wird in Deutschland bisher fast ausschließlich aus Holz und Biogas gewonnen. Ähnlich wie bei der Verfeuerung fossiler Brennstoffe entstehen aber auch hier gesundheitsschädliche Emissionen, in erster Linie Feinstaub und Stickoxide (Abbildung 2). Eine verstärkte Holz- oder Biogasverfeuerung würde außerdem nur auf Kosten anderer landwirtschaftlicher Produkte oder durch zusätzliche Importe möglich sein. Langfristig ist jedoch davon auszugehen, dass Ackerböden weiterhin hauptsächlich für die Nahrungsproduktion eingesetzt werden. Darüber hinaus werden vermutlich immer mehr Agrarprodukte seitens der chemischen Industrie und des Verkehrssektors (z. B. als Ersatz für Kerosin) nachgefragt. Eine Steigerung im Wärmesektor ist nicht zu erwarten.

Während die oberflächennahe Geothermie für Anwendungen auf relativ niedrigem Temperaturniveau und geringem Bedarf in Frage kommt, kann die tiefe Geothermie für ganz verschiedene An-

wendungen genutzt werden. Je nach Temperatur des geförderten Thermalwassers, kann die geothermische Energie nicht nur zum Heizen von Gebäuden genutzt werden, sondern z. B. auch in der Lebensmittelproduktion, wie zum Beispiel in Rittershofen, Unterhaching oder Greinberg.

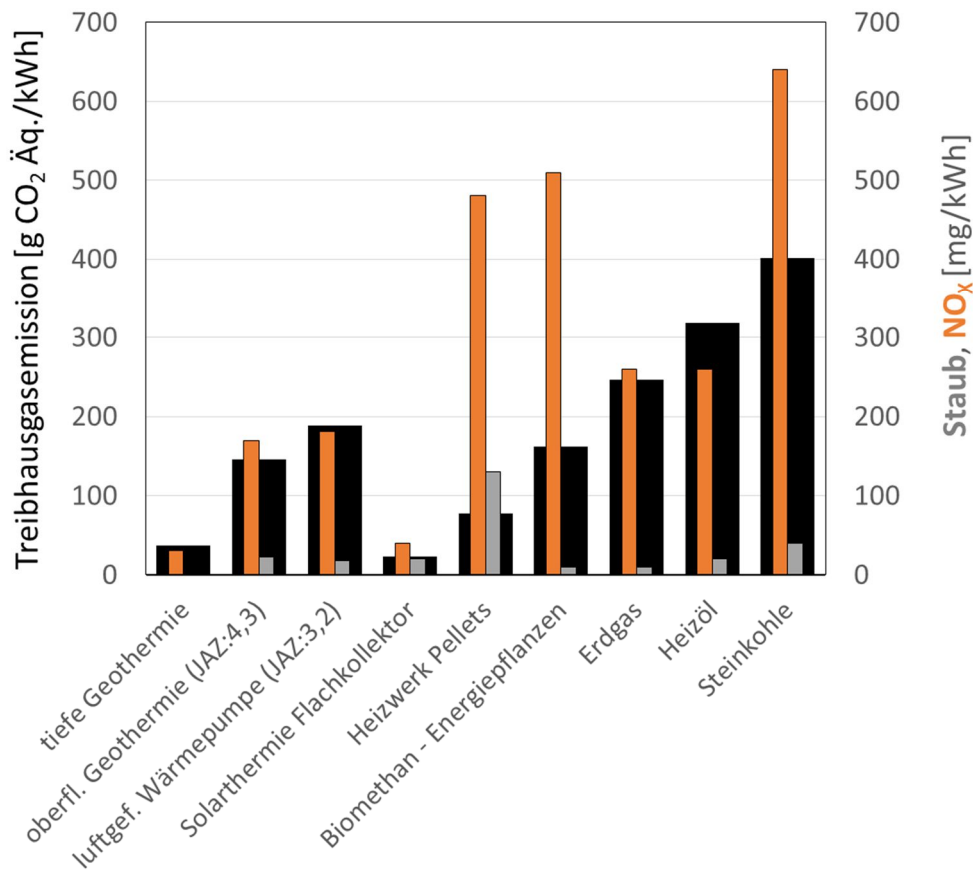


Abb. 2: Feinstaub-, Stickoxid- und Treibhausgasemission pro Kilowattstunde für verschiedene Wärme-Technologien. Quelle: UBA 2017, Umweltwärme neu berechnet.

2016 wurden ca. 1,3 TWh geothermische Energie in Deutschland gefördert. Der größte Teil wurde in Fernwärmenetze eingespeist. Einen Überblick über die derzeitige Nutzung der tiefen Geothermie in Deutschland und teilweise auch in angrenzenden Gebieten bietet das Internet-Portal GeotIS (<https://www.geotis.de>). Über dieses geothermische Informationssystem können sowohl aktuelle Zahlen zur geothermischen Energiegewinnung als auch Statistiken über die letzten Jahre abgerufen werden. Einen Überblick der verfügbaren geothermischen Ressourcen in Deutschland bietet die Karte in Abbildung 3.

2. Wie könnte der Wärmemix 2050 in Deutschland aussehen?

Auf Grundlage statistischer Daten haben wir unter Berücksichtigung der Entwicklung des Wärmeverbrauchs insgesamt und anderer regenerativer Wärmequellen untersucht, wie sich die tiefe Geothermie in ein Szenario „60 % Erneuerbare Wärme“ einfügen könnte. Betrachtet man die bisherige Entwicklung des Wärmeverbrauchs in Deutschland, so erscheinen jährliche Einsparungen von 2 % durchaus realistisch, vorausgesetzt, die Sanierung des Gebäudebestands und die energetische Optimierung industrieller Prozesse werden verstärkt vorangetrieben. Eine jährliche Einsparung von 2 % würde bewirken, dass sich der Wärmebedarf von 2016 bis 2050 in etwa halbiert.

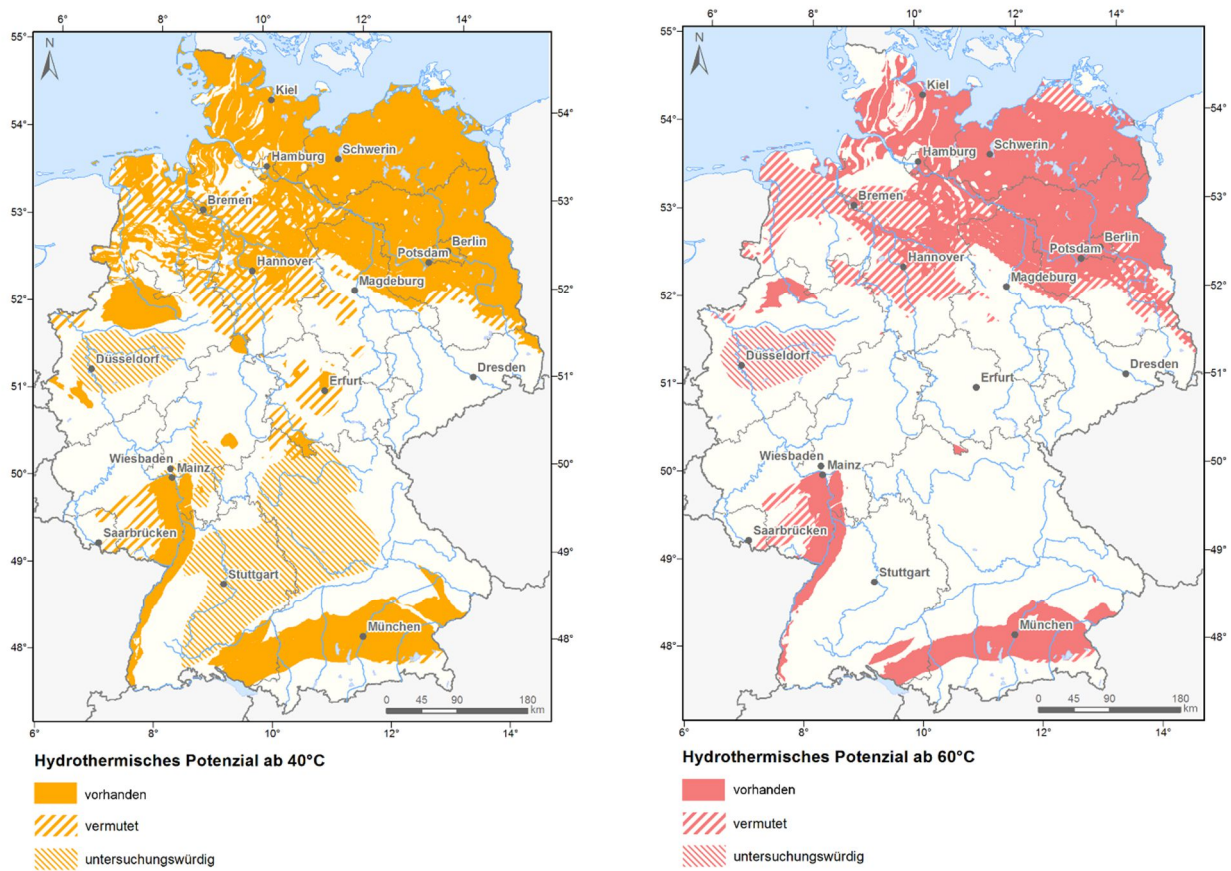


Abb. 3: Gebiete mit geothermischen Ressourcen in Deutschland für zwei Mindesttemperaturen.

Tab. 1: Berechnung des jährlichen Zuwachses für tiefe Geothermie bei 790 Bohrkilometer (wie 1959) und 3000 Vollbenutzungsstunden (VBh) Fernwärme pro Jahr.

Region	Jahresproduktion pro Anlage bei 3000 VBh [GWh]	Berechnete Jahresproduktion pro Bohrkilometer [GWh/km]	Berechneter Zuwachs der Jahresproduktion für 790 Bohrkilometer pro Jahr [TWh]
Norddeutschland	8,8	2,4	1,9
Süddeutschland	40,3	7,4	5,8
Mittelwert aus Nord- und Süddeutschland:			3,9
10% nicht fründige Bohrungen:			-0,4
Zuwachs pro Jahr nach Abzug nichtfründiger Bohrungen:			3,5

Die Unterschiede in der Wärmeleistung können bei Geothermieanlagen sehr groß sein und lassen sich nicht exakt planen. Die Erfahrung aus vielen Projekten hat gezeigt, dass in Süddeutschland im Schnitt mit höheren Energieerträgen als in Norddeutschland pro Dublette zu rechnen ist. Für die Abschätzung der zukünftigen Entwicklung der geothermischen Wärmenutzung wird hier von der durchschnittlichen installierten geothermischen Leistung aller Anlagen zur Fernwärme und Gebäudeheizung mit Förderraten von >10 l/s in Nord- bzw. Süddeutschland auszugehen. Ein durchschnittliches Geothermie-Heizwerk verfügt über 2 Tiefbohrungen mit einer Gesamtlänge von 5,1 km. Dabei zeigt sich im statistischen Mittel, dass in Norddeutschland etwa 2,4 GWh und in Süddeutschland etwa 7,4 GWh pro Jahr und Bohrkilometer erzielt werden können, wenn man 3000 Vollbenutzungsstunden annimmt (Tabelle 1).

Entscheidend für den künftigen Ausbau der tiefen Geothermie ist daher auch der Zeitraum, in dem die vorhandenen geothermischen Ressourcen und Reserven erschlossen werden können. Dieser wird maßgeblich von der Zahl der Bohrkilometer pro Jahr bestimmt. Hier lohnt sich ein Blick in die Vergangenheit. Betrachtet man mit welchem Tempo in den 1950er Jahren Tiefbohrungen zur Erkundung und Förderung von Kohlenwasserstoffen niedergebracht wurden, so erscheint eine Vervielfachung der geothermischen Energiegewinnung in den nächsten 30 Jahren machbar. Im Jahr 1959 wurden Tiefbohrungen mit einer Gesamtlänge von ca. 790 km in Westdeutschland abgeteuft. Würde man diese jährliche Bohrleistung auf die tiefe Geothermie heute übertragen, könnten jedes Jahr etwa 140 geothermische Heizwerke errichtet werden. Damit wäre ein jährlicher Zuwachs von 3,5 TWh geothermischer Energie möglich. In 30 Jahren stünden dann etwa 104,5 TWh Wärme aus dem tiefen Untergrund pro Jahr zum Heizen, für Warmwasser oder als Prozesswärme zur Verfügung.

In einer aktuellen Studie des UBA von 2018 wurden Karten der geothermischen Ressourcen mit Karten der Siedlungsflächen verschnitten und darüber hinaus Natur- und Wasserschutzgebiete als auch Nationalparks abgezogen. Danach stünden für die Gebäudeheizung und Fernwärme immer noch geothermische Ressourcen in Norddeutschland von etwa 158 TWh und in Süddeutschland von etwa 121 TWh pro Jahr für eine nachhaltige Wärmeversorgung zur Verfügung, also mehr als das Doppelte des geschilderten Ausbauszenarios für 2050.

Um für das Jahr 2050 auf 60 % erneuerbare Energien im Wärmesektor zu kommen, müssten auch durch Wärmepumpen bereitgestellte Wärme und Solarthermie zunehmen. Für das Szenario wurde die Entwicklung der letzten Jahre als Grundlage für die Prognose für das Jahr 2050 genommen. Von 2005 bis 2015 lagen die jährlichen Zuwächse bei Wärmepumpen relativ konstant bei etwa 0,84 TWh und bei Solarthermie bei etwa 0,48 TWh. Würde man diese Entwicklung fortschreiben, käme man im Jahr 2050 auf 36,5 TWh Wärme durch Wärmepumpen und 22,2 TWh Solarthermie. Aufgrund des großen Flächenbedarfs bei der Erzeugung von Biomasse und der Nutzungskonkurrenz mit den Bereichen Nahrung, Verkehr und Chemie wird in dem Szenario mit keiner Steigerung der Biomassenutzung bis 2050 gerechnet.

Nach unserem Szenario können knapp 50% erneuerbare Wärmeenergie erreicht werden. Die fehlenden 10% (ca. 72,5 TWh) könnten durch eine weitere Reduzierung des Wärmeverbrauchs, Wärmespeicherung oder Nutzung von regenerativ erzeugtem Strom gedeckt werden, idealerweise durch Verwendung von überschüssigem Windstrom zum Befüllen von Wärmespeichern in Heizwerken, zur Warmwasserbereitung in Gebäuden oder in der Industrie zur Erzeugung von Hochtemperatur-Prozesswärme. Derzeit ist ein Betrieb von Power-to-Heat-Anlagen aufgrund der geringen Anzahl von Stunden mit negativen Strompreisen und der weiteren Strompreiskomponenten nicht wirtschaftlich.

Abbildung 4 zeigt das Ergebnis des Szenarios „60 % erneuerbare Wärme“ als Veränderung des Wärmemixes in Deutschland bis 2050. Danach sind die deutschen Klimaschutzziele für 2050 mit einer Steigerung des Anteils erneuerbarer Energie im Wärmesektor von derzeit 13 % auf 60 % erreichbar, wenn entsprechende Änderungen in der Steuer-, Abgaben- und Förderpolitik sofort umgesetzt werden. Vor allem müsste gezielt in den Ausbau von Nah- und Fernwärmenetzen investiert

werden, da vermutlich nur ein Teil der bestehenden Fernwärmenetze auf Geothermie umgerüstet werden kann.

Mit durchschnittlich 5 ct/KWh sind die Nettowärmegestehungskosten der geothermisch erzeugten Fernwärme deutlich höher als die überwiegend aus fossilen Energieträgern erzeugte Fernwärme, die bei 2-3 ct/KWh liegt. Im Vergleich zu Einzelfeuerungsanlagen sind aber selbst Nettowärmegestehungskosten von 7-8 ct/KWh marktfähig.

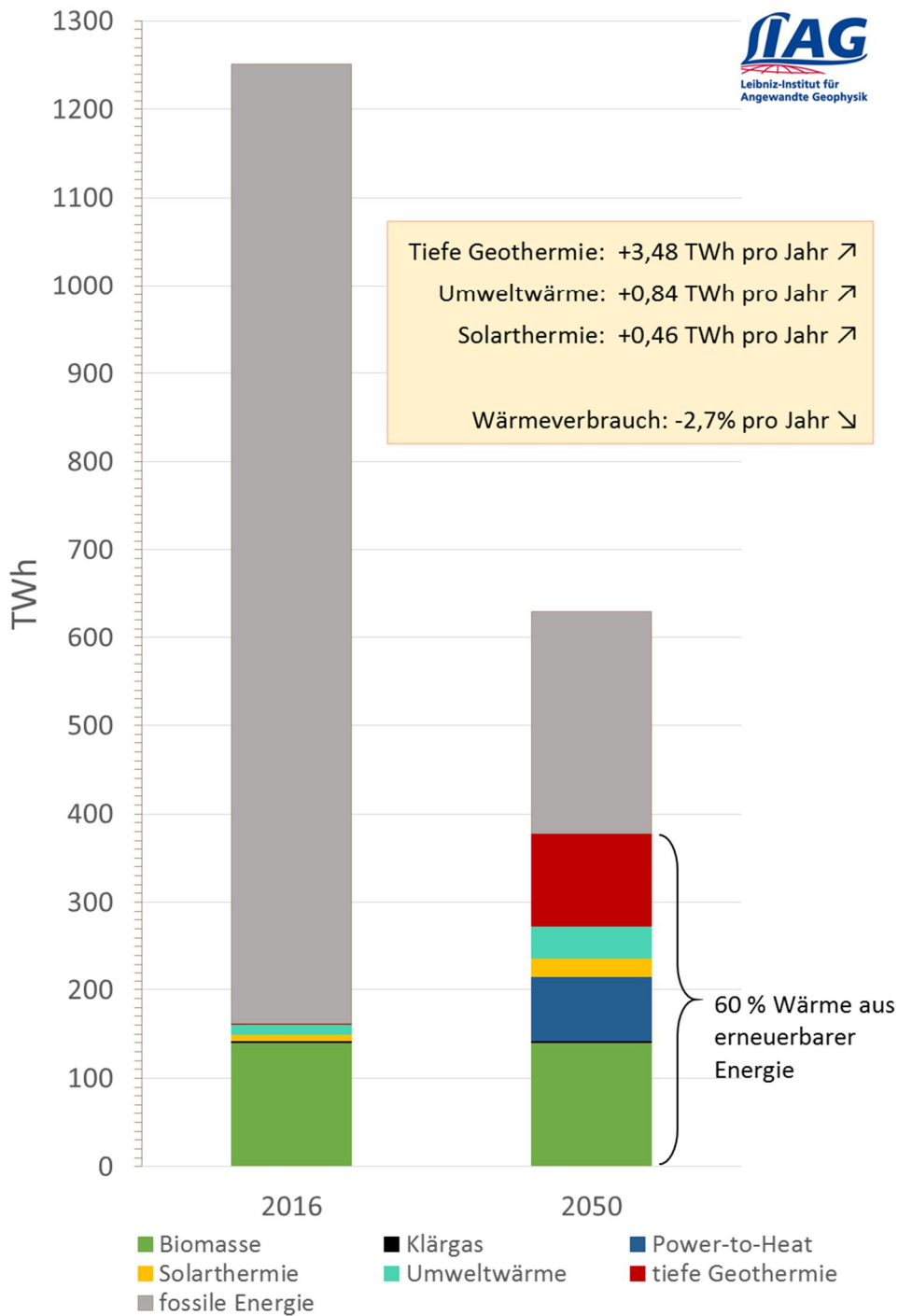


Abb. 4: Szenario „60 % erneuerbare Wärme“: Mögliche Entwicklung des Wärmemixes in Deutschland bis 2050.

3. Fazit

Die energetische Gebäudesanierung schreitet zu langsam voran, um die Klimaschutzziele der Bundesregierung für 2050 zu erfüllen. Fernwärmenetze stellen effiziente Versorgungssysteme für Heiz- und Prozesswärme dar. Geothermische Systeme könnten bedeutend schnelleren Fortschritt bei der Reduzierung der Kohlendioxidemissionen bei der Wärmebereitstellung ermöglichen und sollten durch gezielte Förderung überall dort zum Einsatz kommen, wo zum einen der lokale Wärmebedarf hoch genug ist und zum anderen auch tiefegeothermische Ressourcen wirtschaftlich erschlossen werden können.

Um die Wärmewende zu schaffen, ist es erforderlich, dass tiefe Geothermie in Zukunft sowohl in bestehende als auch in neue Fernwärmenetze vorrangig eingespeist wird und auch Industriebetriebe tiefe Geothermie vermehrt als Prozesswärme einsetzen. Wenn dies konsequent umgesetzt wird, könnte bis 2050 tiefe Geothermie rund 17 % des Wärmebedarfs in Deutschland decken. Damit würde die tiefe Geothermie die drittgrößte Wärmequelle im nationalen Wärmemix darstellen. Eine Vernachlässigung der tiefen Geothermie zugunsten anderer regenerativer Energien bei der Wärmewende hätte gravierende wirtschaftliche und ökologische Folgen. Eine Ausweitung der Holzverfeuerung kann bereits heute angesichts des begrenzten jährlichen Holzzuwachses nicht als nachhaltig angesehen werden. Flüssige und gasförmige Biomasse sollten zukünftig verstärkt fossile Energieträger in anderen Sektoren (Verkehr, Chemie) ersetzen. Sonnenenergie kann aufgrund der Angebotsschwankungen nur einen kleinen Teil des Wärmebedarfs mit vertretbarem Aufwand decken. Das Szenario „60 % erneuerbare Wärme“ zeigt einen Weg, wie die deutschen Klimaschutzziele noch erreicht werden können, wenn wir sparsamer mit Wärme umgehen, regenerative Wärme viel breiter einsetzen und fossile Energieträger durch CO₂-Abgaben unattraktiver machen. Letztlich gilt es Anreize für eine schnellere Reduktion klimaschädlicher Emissionen zu schaffen und die Kosten dafür gerecht zu verteilen.

Danksagung

Wir danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie für die Förderung dieser Studie im Rahmen des Geofaces-Projekts (FKZ 0324025).

Eine ausführliche Darstellung dieser Studie einschließlich einer Liste der verwendeten Quellen ist über das Internet abrufbar:

https://www.leibniz-liag.de/fileadmin/user_upload/s4/downloads/positionspapier_waermewende.pdf



Leibniz Institut für Angewandte Geophysik, Stilleweg 2, Hannover.
Thorsten.Agemar@leibniz-liag.de