



Holger Born und Timm Eicker

Erdwärmepumpen

Abb. 1: Das Berliner Stadtschloss wird seit 2018 mit 115 Erdwärmesonden nachhaltig geheizt und gekühlt.

© Bundesverband Geothermie

müssen zum zentralen Baustein der Wärmewende werden

Roadmap »Oberflächennahe Geothermie« der Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG

Eine erfolgreiche Energiewende in Deutschland erfordert sofort große Veränderungen im Wärmesektor und den Verzicht auf fossile Rohstoffe zur Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser. Dies ist nicht nur vor dem Hintergrund der deutschen und europäischen Klimaschutzziele geboten, auch die aktuellen politischen Verwerfungen in Osteuropa und die damit einhergehende Versorgungsunsicherheit sowie die enormen Preisanstiege für Erdgas führen dazu, dass alternative Wärmeerzeuger stärker in den Fokus rücken. Erdwärmepumpenanlagen sind dabei die vorteilhafteste Wärmepumpentechnologie, um Gebäude nachhaltig, zukunftssicher und unabhängig von Rohstoffimporten zu heizen und zu kühlen. Ihr deutschlandweites Potenzial umfasst bis zu 75 Prozent des gesamten Wärmebedarfs für Raumwärme und Trinkwarmwasser, dies entspricht in etwa 600 TWh/a.

Eine Vielzahl von Studien verschiedener Forschungseinrichtungen¹ haben in der jüngeren Vergangenheit Szenarien beschrieben, wie sich der Bestand an Wärmeerzeugern bis 2030 bzw. bis 2045/2050 ändern muss, um den Zielstellungen gerecht zu werden. Allen Veröffentlichungen ist gemein, dass Wärmepumpen dabei eine zentrale Rolle ein-

nehmen. Im Mittel unterstellen die verschiedenen Szenarien, dass bis 2030 sechs Mio. und bis 2045 12 Mio. Wärmepumpen installiert sein müssen, um nachhaltige Wärme in Deutschland bereitzustellen.

Demgegenüber steht die Realität des deutschen Wärmepumpenmarkts. Zwar stiegen die Absatzzahlen von Wärmepumpen von jährlich 50 000 Anlagen (2006) und 80 000 (Mitte der 2010er-Jahre) auf über 150 000 Wärmepumpen in 2021², dennoch braucht es eine deutliche Marktbelebung, um die Ziele mittelfristig zu erreichen.

¹ Agora Energiewende: Klimaneutrales Deutschland (2021); BDI: Klimapfade für Deutschland (2021); dena: Gebäudestudie – Szenarien für eine marktwirtschaftliche Klima- und Ressourcenschuttpolitik 2050 im Gebäudesektor(2017); Greenpeace: Heizen ohne Öl und Gas bis 2035 (2022); Fraunhofer ISE: Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem 2050 (2020); BWP: Branchenstudie 2021

² Absatzzahlen aus Erhebungen des BDH und BWP

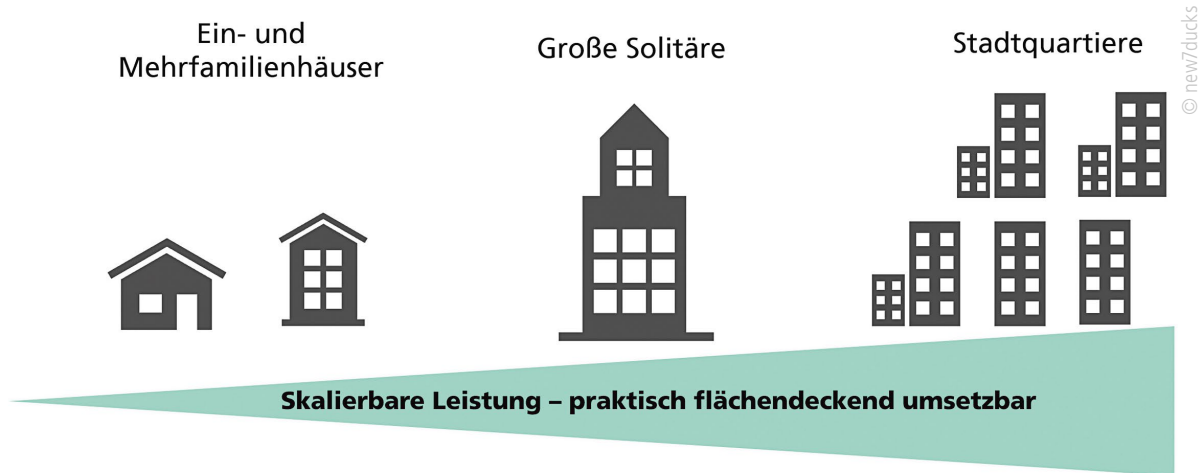


Abb. 2: Skalierbarkeit von Erdwärmepumpenanlagen

In Summe resultiert aus den Marktdaten Ende 2021 ein Bestand von rund 435 000 Erdwärmepumpenanlagen in Deutschland, die jährlich rund 10 TWh Wärme bereitstellen. Insgesamt stellen diese Systeme allerdings nur 1,3 Prozent des deutschen Energiebedarfs für Raumwärme und Trinkwarmwasser zur Verfügung. Zusätzlich umfasst der Bestand an Luftwärmepumpen rund 770 000 Anlagen (16,5 TWh Wärme jährlich)³.

Vergleicht man die oben genannten Ziele mit dem Zubau der Vergangenheit, zeigt sich deutlich, dass ein Fortschreiben des aktuellen Wegs oder nur geringfügige Anpassungen nicht zum Ziel führen werden. Eine erfolgreiche Wärmewende ist so nicht zu erreichen. Die Bundesregierung reagierte darauf, indem sie Ende Juni zu einem Wärmepumpengipfel einlud und das Ziel postulierte, dass 500 000 Wärmepumpen jährlich neu installiert werden müssen [2].

Aktuell werden Wärmepumpen überwiegend in kleineren Wohnhäusern, und hier verstärkt im Neubaubereich, eingesetzt. So wurden 2020 zwar über 50 000 Wärmepumpen⁴ in neu errichteten Gebäuden installiert (über 50 Prozent Anteil), in Bestandsgebäuden aber lediglich knapp 70 000 Wärmepumpen. Um die Wärmewende erfolgreich zu gestalten, müssen zunehmend Bestandsgebäude und größere urbane Strukturen umgerüstet werden.

³ Die Bestandsdaten beruhen auf eigenen Berechnungen. Fortschreibung der Daten nach [1]

⁴ Absatzzahlen aus Erhebungen des BDH und BWP

KERNAUSSAGEN

- Erdwärmepumpen sind eine seit Jahrzehnten effiziente, zuverlässige und bewährte Technologie.
- Das umfassende Potenzial von Erdwärmepumpen muss für eine erfolgreiche Wärmewende stärker genutzt werden.
- Aktuell hemmende Rahmenbedingungen müssen kurz- und mittelfristig umfassend überwunden werden.

Eine Wärmepumpe ist eine Wärmepumpe ist eine Wärmepumpe

Die oben dargestellten politischen Zubauziele der Bundesregierung unterscheiden nicht nach Art der Wärmepumpe bzw. nach der Art der genutzten Wärmequelle. Die Wärmepumpentechnologie wird vielmehr pauschalisiert betrachtet und es finden sich keinerlei Aussagen über die angestrebten oder gar notwendigen Anteile, die auf die gängigen Wärmepumpensysteme Luft- und Erdwärmepumpe entfallen sollen. Die Szenarien der zugrundeliegenden Studien treffen in Teilen ebenfalls keine Annahmen bzw. divergieren bei dem unterstellten Anteil von Erdwärmepumpen von sieben bis acht Prozent (Fraunhofer ISE) [3] bis hin zu 50 Prozent (Agora) [4]. Dabei hat die zukünftige Marktaufteilung sowohl Auswirkungen auf den einzelnen Anlagenbetreiber, als auch auf den gesamten Energiemarkt.

Vorteile von Erdwärmepumpen

Erdwärmepumpenanlagen bieten eine Vielzahl von spezifischen Vorteilen (siehe Abb. 3), im Einzelnen sind dies:

- **Skalierbarkeit.** Erdwärmepumpen sind in ihrer Leistung nahezu beliebig skalierbar und können sowohl Wohn- als auch Nichtwohngebäude beheizen und kühlen. Die Bandbreite reicht dabei von einzelnen kleinen Wohnhäusern, über größere Solitäre bis hin zur Versorgung ganzer Stadtquartiere.
- **Heizen und Kühlen mit einem System.** Erdwärmepumpen nutzen die geothermische Wärme aus dem Untergrund und stellen auf dieser Basis ein höheres Temperaturniveau zur Gebäudebeheizung und Wassererwärmung bereit. Mithilfe desselben Systems kann aber auch wirtschaftlich und effizient gekühlt werden (natürliche / passive Kühlung direkt über die Untergrundtemperaturen oder aktive Kühlung unter Einsatz der Wärmepumpe als Kältemaschine). Die Nutzung der Kühloptionen und die damit verbundene künstliche Regeneration des Untergrunds führt außerdem zu einer höheren Effizienz des Gesamtsystems.
- **Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit.** In Deutschland sind Ende 2021 fast 435 000 Erdwärmepumpenanlagen installiert und haben ihre Leistungsfähigkeit bewiesen. Die notwendigen Systemkomponenten, d. h. Erdwärmepumpen,

Erdwärmepumpensysteme zeichnen sich durch zahlreiche Vorteile und Alleinstellungsmerkmale aus

- 1 **Skalierbarkeit** – nahezu beliebig skalierbar und sowohl Wohn- als auch Nichtwohngebäude können beheizt und gekühlt werden
- 2 **Heizen und Kühlen mit einem System** – passive oder aktive Kühlmöglichkeit
- 3 **Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit** – Ende 2021 ca. 435.000 Anlagen erfolgreich installiert
- 4 **Umweltverträglichkeit** – keine Abgase, Feinstaub- oder Schallemissionen im Betrieb
- 5 **Flächenverbrauch** – durch die untertägige Wärmequellenschließung findet kein Flächenverbrauch statt
- 6 **Effizienzvorteile & Wirtschaftlichkeit** – hohe JAZ und steigende Gaspreise sichern wirtschaftlichen Betrieb
- 7 **Sektorenkopplung** – Effizienter Umwandlungspfad von elektrische Energie zu thermischer Energie, systemdienlicher Betrieb
- 8 **Unabhängigkeit** – Geothermie ist ein heimischer und regenerativer Bodenschatz. Keine Energieimporte notwendig

© Fraunhofer IEG

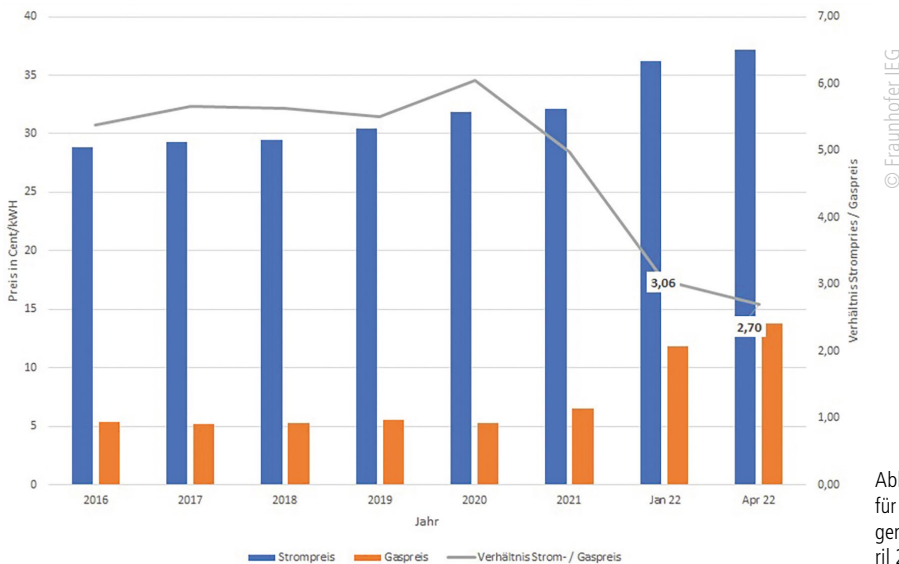
Abb. 3: Vorteile von Erdwärmepumpenanlagen

Erdwärmesonden und -kollektoren sowie Grundwasserbrunnen, sind durch viele Anbieter am Markt verfügbar und ein deutlicher Ausbau im Rahmen der Wärmewende könnte umgehend beginnen.

- ▶ **Umweltverträglichkeit.** Durch den Betrieb von Erdwärmepumpen entstehen keine schädlichen Umwelteinwirkungen, wie Abgase, Feinstaub- oder Schallemissionen. Über den verstärkten Ausbau von erneuerbarem Strom entsprechend den Klimazielen der Bundesregierung sinken die CO₂-Emissionen, die mit der notwendigen elektrischen Antriebsenergie verknüpft sind, perspektivisch auf Null.
- ▶ **Flächenverbrauch.** Durch die untertägige Wärmequellenschließung findet kein Flächenverbrauch und keine Beeinträchtigung des Stadt- oder Landschaftsbilds statt. Zu-

sätzlich sind Erdwärmesonden überbaubar, sodass die Flächen für weitere Nutzungen in Anspruch genommen werden können.

- ▶ **Wirtschaftlichkeit.** Das Verhältnis des Strompreises zum Gaspreis ist der maßgebliche Faktor für den wirtschaftlichen Betrieb von Erdwärmepumpen. Bis Anfang 2022 hat sich das Verhältnis bereits so gewandelt, dass Wärmepumpen mit einer Jahresarbeitszahl (JAZ) von 3,5 deutliche monetäre Einsparungen im Betrieb erzielen (Abb. 4). Die geopolitischen Entwicklungen und Verwerfungen auf dem deutschen und europäischen Gasmarkt im weiteren zeitlichen Verlauf verstärken diese Tendenz signifikant.
- ▶ **Sektorenkopplung.** Wärmepumpen bieten die Option der Sektorenkopplung zwischen Strom und Wärme, in dem elektrische Energie thermisch gespeichert werden kann.



© Fraunhofer IEG

Abb. 4: Verhältnis des Bruttogas- und Bruttostrompreises für Endkunden in Deutschland inklusive Abgaben und Umlagen (Eigene Darstellung nach BDEW-Strompreisanalyse April 2022 und BDEW-Gaspreisanalyse April 2022)

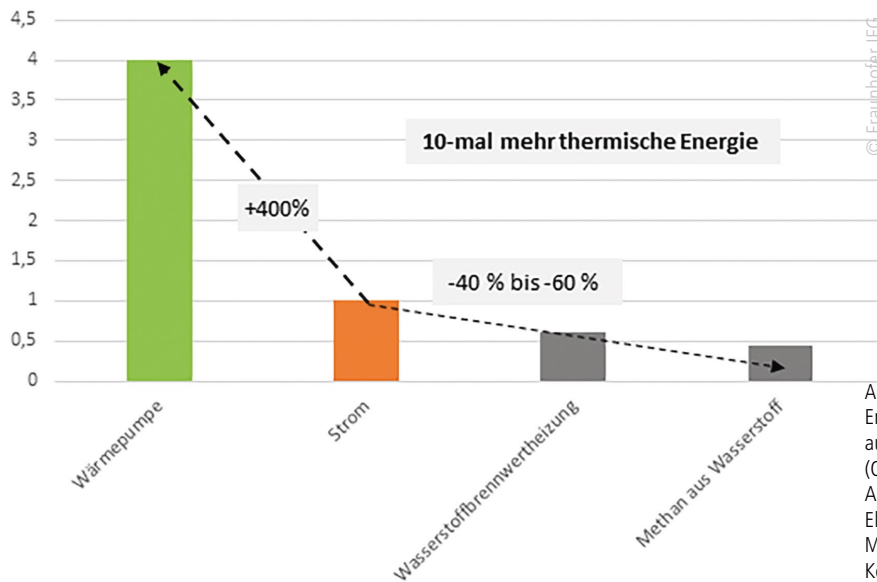


Abb. 5: Nutzbare thermische Energie aus elektrischer Energie, Vergleich Erdwärmepumpe zu Wasserstoff aus Elektrolyse bzw. anschließender Methanisierung (Quelle: Eigene Darstellung, Annahmen Wirkungsgrade: Elektrolyse: 65 %, Methanisierung: 80 %, Kompression: 85 %, Heizung: 90 %) [7], [8]

Weiterhin können Wärmepumpen elektrische Energie im direkten Systemvergleich deutlich effizienter thermisch nutzen als z. B. die Wärmeversorgung über den Transformationspfad elektrische Energie → Wasserstoff → Methanisierung → Brennwertheizung (siehe Abb. 5). Wärmepumpen können weiterhin einen signifikanten systemdienlichen Beitrag leisten, indem sie prognosebasiert und flexibel auf das fluktuierende Angebot des regenerativen Stroms reagieren [5], [6].

Auswirkungen auf den deutschen Energiemarkt

Neben den skizzierten Vorteilen für den einzelnen Anlagenbetreiber hat der Marktanteil von Erdwärmepumpen direkte Auswirkungen auf das gesamte Energiesystem, insbesondere die Stromerzeugung respektive die Auswirkungen auf das Stromverteilnetz und die CO₂-Emissionen. Diese sind in Abhängigkeit der jeweiligen Marktanteile von Erdwärmepumpen gegenüber Luftwärmepumpen nicht unerheblich (siehe Abb. 6).

Während der Marktanteil geothermischer Wärmepumpen 2021 unter 20 Prozent betrug, würde eine Trendumkehr und die Erhöhung des Marktanteils auf 50 Prozent – wie in den Jahren vor 2015 – eine signifikante Entlastung des Stromsektors und die damit verbundene CO₂-Emissionsreduzierung bedeuten.

Grundsätzlich verstärkt werden diese Effekte, unter Berücksichtigung der aktuellen und zukünftig steigenden Kühlbedarfe von Wohn- und Nichtwohngebäuden, die in den oben genannten Szenarienbetrachtungen praktisch nicht thematisiert werden. Gelingt es im Jahr 2030 ein Viertel der Gebäudekühlung passiv über Erdwärmesysteme (Energy Efficiency Ratio (EER) > 25) anstatt über herkömmliche Klimageräte (EER ~ 3) bereitzustellen, würden in Summe zusätzliche 13,2 TWh/a Strom eingespart und knapp zwei Mio. Tonnen CO₂ weniger emittiert werden.

Zusammenfassend bietet der Einsatz von Erdwärmepumpen für den einzelnen Anlagenbetreiber ebenso wie für das Gesamtenergiesystem vielfältige Vorteile, sodass bei

dem vorhandenen immensen Potenzial mittelfristig Marktanteile von bis zu 50 Prozent Erdwärmepumpen am gesamten Wärmepumpenmarkt angestrebt werden sollten. Dies umfasst alle Nutzungsvarianten zum Heizen und Kühlen, kleine Neubauten, Bestandsgebäude sowie auch neu zu errichtende Wärmenetze auf Quartiersebene.

Potenziale für Erdwärmepumpen in Deutschland

Unabhängig von den technischen und ökologischen Vorteilen der Erdwärmepumpe ist es wichtig zu wissen, welchen Beitrag diese Technik tatsächlich zur Wärmewende leisten kann. Wie viele konventionelle Heizsysteme können durch Erdwärmepumpen ersetzt werden? Welche Energiemenge kann transformiert werden?

Diese Frage muss im Kontext des Gebäudebestands in Deutschland beantwortet werden. Erdwärmepumpen sind eine lokale Energiequelle, welche nicht über weite Strecken transportiert werden kann. Das Potenzial des Untergrunds ist also nur dort zu bewerten, wo es unmittelbar zu Heiz-

- 1 Strombedarf**
 Die geringe Effizienz von Luftwärmepumpen gegenüber Erdwärmepumpen bedingt einen höheren Strombedarf. Ein Anteil von 50 % statt 20 % an Erdwärmepumpen bei 15 Mio Wärmepumpen gesamt führt zu einer Reduzierung des Strombedarfes um 7,5 TWh/a (1,35 % des gesamten Bruttostromverbrauchs in Deutschland 2020)
- 2 CO₂-Emissionen**
 Durch die Verschiebung des Feldbestands von 20 % Erdwärmepumpen auf 50 % im Jahr 2030 (Gesamtbestand: 5 Mio. Wärmepumpen) können so 375.000 t CO₂ jährlich eingespart werden. Sinkende spezifische CO₂-Emissionen je kWh elektrischer Energie bis 2050 zeigen vor allem die kurzfristige Relevanz, zunehmend Erdwärmepumpenanlagen zu nutzen.
- 3 Lastspitzen**
 Luftwärmepumpen werden i.d.R. so dimensioniert, dass die Spitzenlast bei besonders niedrigen Außentemperaturen über direktelektrische Heizstäbe geleistet wird. Dies führt zu signifikant erhöhten Lastspitzen in den elektrischen Verteilnetzen, wofür diese entsprechend zusätzlich ertüchtigt werden müssten.

Abb. 6: Auswirkungen auf das Energiesystem

Tab. 1: Übersicht der technischen Optionen zur Steigerung des Deckungspotenzials von Erdwärmepumpen aus oberflächennaher Geothermie (ONG) (© Fraunhofer IEG)

Berücksichtigung aktueller Datengrundlagen und technischer Ausbauoptionen	Erhöhung des Deckungsanteils in Prozentpunkten
Der Wärmebedarf der Gebäude im LANUV-Fachbericht [9] wurde sehr bewusst sehr konservativ berechnet und liegt deutlich über den aktuellen Zahlen des BMWi (2021). Über die Bevölkerungsverteilung der Bundesländer wurden die Daten des BMWi auf NRW übertragen und der Wärmebedarf als entscheidende Bezugsgröße entsprechend reduziert. Der geringere Wärmebedarf führt automatisch zu einer Erhöhung des Deckungsanteils.	+10
Der LANUV-Fachbericht hat ausschließlich Sondenlängen von maximal 100 m betrachtet (aufgrund der verfügbaren Datenlage für den Untergrund). Der aktuelle Stand der Ausführung schließt Sondenlängen von 150 m bis 250 m ein. Im Rahmen dieser Potenzialermittlung wurden daher die maximale Sondenlänge auf 200 m angehoben. Daraus ergibt sich in Abhängigkeit der Sondenfeldkonfiguration eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Wärmequelle um 80 % bis 110 %.	+6
Je nach Bebauungsdichte stehen auf einem Grundstück große Teile der Fläche und damit des Untergrunds nicht für das Abteufen von senkrechten Erdwärmesonden zur Verfügung. Der erschließbare Untergrund kann allerdings bei geringem Flächenangebot im Bestand durch Schrägbohrungen (»GeoStar«-Prinzip) unter die bestehenden Gebäuden signifikant erhöht werden.	+3
Neben den klassischen Erdwärmesonden als geschlossenes System stehen natürlich auch offene Systeme (Brunnenanlagen) für die Erschließung des Untergrunds zur Verfügung. Diese können in hydrogeologisch günstigen Regionen berücksichtigt werden.	+2
Der lokale Zusammenhang zwischen Grundstück, Gebäude und untertägiger Wärmequellenerschließung ist gelebte Praxis, allerdings nicht zwingend notwendig. Zusätzlich zur grundstücksbezogenen Nutzung können (Niedertemperatur-)Wärmenetze mit geothermischen Quellenanlagen berücksichtigt werden. Gebäude und Wärmequellenanlage müssen dadurch nicht auf demselben Grundstück verortet sein.	+2

und Warmwasserbereitungszwecken eingesetzt werden kann. Eine pauschale Bewertung des Untergrunds ist demnach nicht zielführend.

Grundsätzlich muss konstatiert werden, dass der Untergrund keine spezifische Leistung oder Ergiebigkeit besitzt, sondern immer auf die Anforderungen der Wärmesenke, in der Regel die Wärmepumpe respektive das Gebäude, reagiert. Somit muss bei der Ermittlung des Potenzials der Erdwärmepumpen immer der Dreiklang aus Eigenschaften des Untergrunds, Betriebsweise der Wärmepumpe und Lastanforderung der Wärmesenke betrachtet werden. Aus diesem Grund wurde das Potenzial von Erdwärmepumpen zur Bereitstellung von Heizwärme und Trinkwarmwasser in Deutschland bisher nicht flächendeckend ermittelt.

Die einzelnen Bundesländer stellen in ihren Onlineportalen zwar wichtige Planungsdaten und -grundlagen bereit, verschneiden diese Daten jedoch nicht mit den lokalen Gebäudebedarfen. Daher ist das tatsächliche Potenzial der Erdwärmepumpen für den jeweiligen Standort (Gebäude, Grundstück, Quartier etc.) nicht bekannt.

Das tatsächliche Potenzial beschreibt neben dem lokalen geothermischen Potenzialen des Untergrunds ebenso die zur Verfügung stehende Freifläche des Grundstücks, die Bedarfscharakteristik des zu versorgenden Gebäudes, den Standort der Anlage (Klima), die Art der Wärmequellenerschließung und die lokalen regulatorischen Randbedingungen.

Diese detaillierte Analyse unter Berücksichtigung der oben genannten Parameter erfolgte bisher flächendeckend ausschließlich für Nordrhein-Westfalen (NRW). Der LANUV-Fachbericht 40/4 »Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW Teil 4 – Geothermie« stellt die landesweite und flurstückscharfe Analyse

für oberflächennahe geothermische Nutzungsoptionen dar [9]. Diese Potenzialstudie dient daher als Referenzszenario für die hier vorgenommene Ermittlung des deutschlandweiten Potenzials.

Methodik der Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW Teil 4 – Geothermie

Eingangsgröße der Potenzialstudie sind die städtebaulichen Bestandsdaten aus NRW:

- alle Flurstücke in NRW,
- alle Gebäudegrundrisse des Liegenschaftskatasters mit Nutzungskennzeichnung nach dem Liegenschaftskataster sowie Gebäudehöhenangaben.

Der bauliche/lokale Zusammenhang zwischen Gebäude und Grundstück wurde über die Ermittlung von Besitzeinheiten (Flurstücke gleicher Besitzverhältnisse und Zuordnung der entsprechenden Gebäude) berücksichtigt. Im Ergebnis wurden die Gebäudegrundrisse aus den bebauten

Besitzeinheiten geometrisch herausgeschnitten, um die geothermisch nutzbaren und bohrtechnisch erschließbaren Grundstücksflächen zu erhalten. Über neun Mio. Gebäude mit einer Gebäudegrundfläche von insgesamt über 1000 km² wurden untersucht. Ausgeschlossen wurden unbeheizte Bauwerke, z. B. Garagen, Silos, Hallen etc.

Zur Bestimmung des Potenzials für den grundstücksspezifischen geothermischen Deckungsanteil (welcher Anteil des Wärmebedarfs kann über Erdwärmepumpen abgedeckt werden) fand eine umfangreiche Erhebung statt, die die vorgenannten Einflussgrößen einer Liegenschaft und den Wärmebedarf des Gebäudebestands sowie die Kopplung

Erdwärmepumpen bieten das Potenzial, bis zu 75 Prozent des Raumwärme- und Warmwasserbedarfs Deutschlands zu decken.

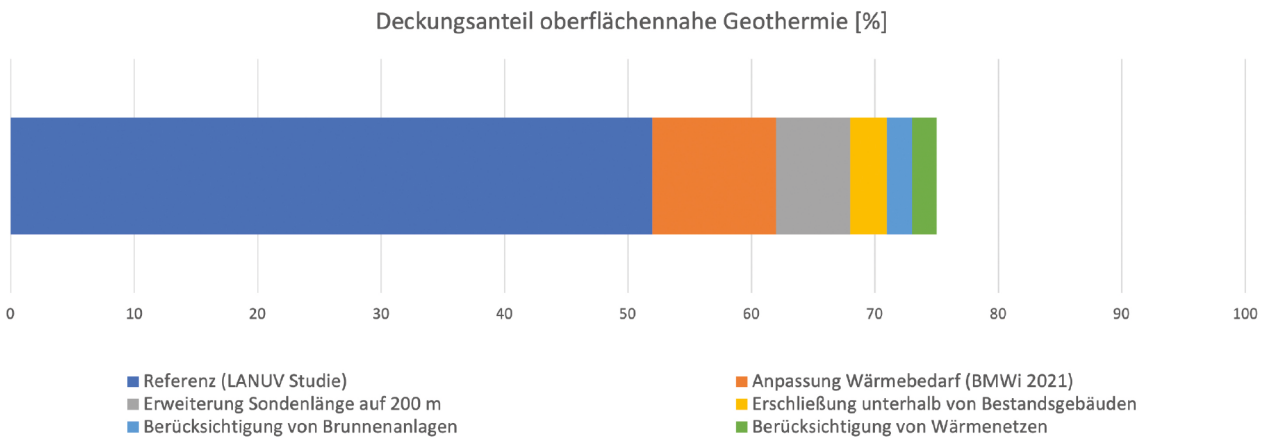


Abb. 7: Variantenbetrachtung des Deckungsanteils

dieser Parameter unter Beachtung regulatorischer Randbedingungen betrachtete.

Die Gebäudedaten wurden mit den standortspezifischen Entzugsleistungen für Erdwärmesonden (geothermisches Potenzial) auf Basis der Datensätze (Wärmeleitfähigkeiten) des Geologischen Dienstes NRW und entsprechender Simulationen verschnitten. Abschließend erfolgte eine Verrechnung des grundstücksspezifisch anteilig bebauten Eigentums mit den gebäudespezifischen Bedarfen und den geothermischen Potenzialen.

Unter den getroffenen Annahmen und Rechenroutinen ergibt sich ein konservativer Nutzwärmebedarf von 271,1 TWh/a für alle beheizten Gebäude in NRW. Dem gegenüber steht ein tatsächlich nutzbares geothermisches Potenzial von 141,5 TWh/a aus Erdwärmesonden bis zu 100 m Tiefe in den anteiligen Freiflächen aller bebauten Grundstücke im Bundesland.

In der Summe ergibt sich für ganz NRW ein prozentualer geothermischer Deckungsanteil von rund 52 Prozent.

Damit ein Übertrag der Ergebnisse der LANUV-Potenzialstudie (geothermischer Deckungsanteil 52 % für NRW) auf ganz Deutschland erfolgen kann, wurden die Grundannahmen geprüft, auf den aktuellen Stand der Technik bzw. der Ausführung gebracht und um weitere Ausbauoptionen ergänzt.

Auf Basis des Referenzszenarios wurden die Potenziale der Erdwärmepumpen unter Berücksichtigung der aktualisierten Wärmebedarfszahlen und der verschiedenen technischen Ausbauoptionen dargestellt (siehe Tab. 1).

Die vorgenannten Anpassungen und Maßnahmen führen zu einem aktualisierten und deutlich höheren Potenzial der Erdwärmepumpen für die Transformation der konventionellen Wärmeversorgung im Bestand. Abb. 7 zeigt die rechnerischen Effekte der Optionen zum Ausbau der Deckungsanteile.

Zusätzlich zum immensen Potenzial für die Wärmeversorgung kann die Erdwärmepumpe ebenso Kälte für die Temperierung von Gebäuden bereitstellen. Beim Betrieb einer passiven Kühlung (direkte Nutzung der Temperaturen aus den Erdwärmesonden) ist dieses zudem nahezu kosten- und CO₂-frei und trägt zudem zu einer Optimierung der Wärmequelle bei (künstliche Regeneration des Untergrunds in den Sommermonaten). In Zeiten des Klimawandels und

deutlich steigender Kühlbedarfe wird dieses Potenzial zukünftig an Bedeutung gewinnen.

Die LANUV-Potenzialstudie weist für NRW auf über 50 Prozent der Landesfläche Restriktionen aus. Diese Restriktionsflächen sind zur einen Hälfte Ausschlussflächen (keine Bohrungen erlaubt) und zur anderen Hälfte Bohrtiefenbegrenzungen (40 m). Diese massiven Restriktionsflächen stellen für Deutschland insgesamt einen konservativen Ansatz dar. Die Skalierung der NRW-Daten auf das gesamte Bundesgebiet erscheint daher als plausibel.

In Abhängigkeit der zusätzlichen technischen Erschließungsmaßnahmen ergibt sich für ganz Deutschland ein grundsätzlicher technischer und umsetzbarer Deckungsanteil von bis zu 75 Prozent. Um das Potenzial nutzen zu können, ist es dabei unerheblich, ob dezentrale Wärmequellen zur Versorgung einzelner Gebäude oder Einheiten erschlossen oder ob größere zentrale Wärmequellenanlagen für die Versorgung von Nahwärmenetzen genutzt werden.

Roadmap »Oberflächennahe Geothermie«

Im Juni 2022 hat die Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG, mit Unterstützung des Bundesverbands Geothermie (BVG), des Bundesverbands Wärmepumpe (BWP) und der Erdwärme Gemeinschaft Bayern, die Roadmap »Oberflächennahe Geothermie« veröffentlicht, die neben den Potenzialen auch die Hemmnisse identifiziert, die einer stärkeren Nutzung dieses Potenzials entgegenstehen. Daraus abgeleitet wurden kurz- und mittelfristige Handlungsempfehlungen (»Roadmaps«) entwickelt, um die Hemmnisse zu überwinden.

Für die ambitionierten Zubauziele, drei Mio. Erdwärmepumpen bis 2030 und acht Mio. Anlagen bis 2050, entsprechend einem Marktanteil von 50 Prozent am Wärmepumpenmarkt, müssen die aktuellen Marktbedingungen angepasst werden. Unter den aktuellen Bedingungen können die Klimaschutzziele des Wärmesektors nicht erreicht werden. Die Roadmap »Oberflächennahe Geothermie« benennt die kurz- und mittelfristigen Maßnahmen, die notwendig sind, um die bestehenden Hemmnisse zu überwinden, aufgeschlüsselt in die vier Handlungsfelder

- ▶ Politik,
- ▶ Markt,

- › Kapazität und Akzeptanz sowie
- › Innovation und Technologie.

Folgende zentrale Handlungsnotwendigkeiten und -empfehlungen sind gegeben:

- › **Genehmigungsverfahren.** Überwindung des vorgeschobenen Widerspruchs von Gewässerschutz und Geothermie und somit deutliche Reduzierung der technisch überholten Restriktionen in den Bundesländern. Transparente, zuverlässige Genehmigungen ohne zeitliche Befristung. Anzeige- statt Genehmigungspflicht für Erdwärmepumpen bis zu 30 kW Heizleistung im Standardfall.

- › **Fachkräfte.** Fachkräfte sind auf allen Ebenen notwendige Voraussetzung. Daher müssen kurzfristig die Kapazitäten im Bohrbereich um 2 500 Bohrergeräte und über 6000 Fachkräfte ausgebaut werden. Dezentrale überbetriebliche Ausbildung, erleichterter Quereinstieg und Weiterentwicklung der Ausbildungscurricula sind notwendig. Das SHK-Handwerk muss in der Aus- und Weiterbildung die Wärmewende inhaltlich fokussieren.
- › **Erneuerbar, statt fossil fördern.** Verbot des Einbaus fossiler Heizungen, Verbot von Bestandsanlagen und Austauschpflicht deutlich vor dem Jahr 2045.
- › **Daten.** Flächendeckende Weiterentwicklung der Datengrundlagen durch die jeweiligen geologischen Landes-

Sektor	Roadmap für ...	Aktivität / Indikator	2025	2030	2040+
Politik	Ausbauziele (Anzahl installierter Erdwärmepumpen)	Anzahl		3 Mio.	6 Mio.
	Anteil Erdwärmepumpen am Gesamtbestand der Wärmepumpen	Anteil		50%	50%
	Verwaltung	Genehmigungspraxis vereinfachen und vereinheitlichen	ONG bis 400m Bohrtiefe ohne bergrechtliche Genehmigung durchführbar, Vereinfachte und umsetzungsorientierte Genehmigung etabliert, Kommunale Wärmeplanung gesetzlich verankert, Wasserrechtliche Genehmigungen werden unbefristet erteilt.	Kommunale Wärmeplanung flächendeckend etabliert. Im Standardfall ist die Genehmigung einer Erdwärmepumpene durch eine Anzeige ersetzt	
	Marktanzreize	Strombezugspreis für Wärmepumpenanlagen	Belastungen und Steuern des Strombezugspreis für Wärmepumpenanlagen reduziert. Großanlagen unterliegen BEW-Förderung		
Markt	Regulierung	CO ₂ -Bepreisung, Verbot fossiler Wärmeerzeuger, Minimierung Restriktionen	Ausbau der CO ₂ -Bepreisung als Lenkungsfunktion, Verbot fossiler Wärmeerzeuger im Neubau, Beginn des Abbaus großflächiger undifferenzierter Restriktionen	Kompletter Abbau großflächiger undifferenzierter Restriktionen, Verbot der Neuinstallation fossiler Wärmeerzeuger im Bestand	Komplettausstieg aus der fossilen Wärme-erzeugung
	Wohnungswirtschaft / Immobilienwirtschaft	Projektumsetzung	Zahlreiche Vorzeigebjekte in Bestandsquartieren		
	Gebäudebestand	Reallabor »Erdwärmepumpen in Bestandsquartieren«	5% Bestand auf Erdwärmepumpe umgestellt	20% Bestand auf Erdwärmepumpe umgestellt	40% Bestand auf Erdwärmepumpe umgestellt
	Wärme- und Kältenetze	Ausbau kalter Nahwärmenetze auf Basis von Erdwärme	Geschäfts- und Betreibermodelle weiterentwickeln, Bewirtschaftung öffentlicher Flächen etablieren		

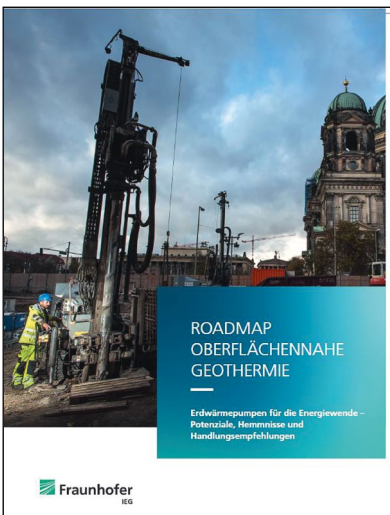
© Fraunhofer IEG

Abb. 8: Auszug aus den Roadmaps

dienste bis 200m kurzfristig und mittelfristig bis 400m als erweiterte Planungsgrundlage für Erdwärmeeinrichtungen.

- Gesellschaftliche Akzeptanz.** Aufklärung und gezielte Informationskampagnen sind notwendig, um die objektiven Vorteile bekannt zu machen und verstärkt Bestandsgebäude zu adressieren. Die Option der passiven Kühlung muss stärker betont werden. Eine Modernisierungsoffensive für öffentliche Gebäude schafft Referenzen für Nachahmer. Private und öffentliche Wohnungsgesellschaften mit großem Bestand müssen unterstützt werden.

Abschließend lässt sich festhalten, dass Erdwärmepumpen das Umsetzungspotenzial haben, einen Marktanteil von 50 Prozent auf dem Wärmepumpenmarkt zu erreichen. Nachhaltiges Heizen und Kühlen von Gebäuden mit Erdwärmepumpenanlagen bietet dabei eine Vielzahl von Vorteilen im Mikro- wie auch Makromaßstab. Um dieses Potenzial umfänglich ausschöpfen zu können, sind regulatorische und volkswirtschaftliche Hemmnisse zu überwinden. Die Handlungsnotwendigkeiten sind klar benannt und müssen kurzfristig angegangen werden.



Hinweis

Download der Roadmap »Oberflächennahe Geothermie« auf der Webseite des Fraunhofer IEG:
<https://s.fhg.de/IEG-RoadmapOberflaechennaheGeothermie>



Literatur

- Born, Holger et al.: Analyse des deutschen Wärmepumpenmarktes – Bestandsaufnahme und Trends. Bochum: Internationales Geothermiezentrum (GZB), 2017
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (Hrsg.): Gemeinsame Absichtserklärung, Mehr Tempo bei der Transformation der Wärmeversorgung: Wir brauchen schneller mehr Wärmepumpen (10.08.2022), URL: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/A/absichtserklaerung-waermepumpen.pdf?__blob=publicationFile&v=20. [Stand: 13.09.2022]
- Sterchele, Philipp et al.: Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem – Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen. (2020) URL: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/wege-zu-einem-klimaneutralen-energiesystem.html> [Stand: 13.09.2022]
- Agora Energiewende (Hrsg.): Wärmewende 2030 – Schlüsseltechnologien zur Erreichung der mittel- und langfristigen Klimaschutzziele im Gebäudesektor (2017). URL: <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/waermewende-2030-1/> [Stand: 13.09.2022]
- Günther, Danny et al.: Wärmepumpen in Bestandsgebäuden: Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt »WPsmart im Bestand«. Abschlussbericht. (2020) URL: https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/downloads/pdf/Forschungsprojekte/BMWi-03ET1272A-WPsmart_im_Bestand-Schlussbericht.pdf [Stand: 13.09.2022]
- Beuker, Severin et al.: Synthesebericht Flexibilität, Markt und Regulierung. Berlin: WindNODE-Verbundkoordination, 2021
- Milanzi, Sarah et al.: Working Paper Energie und Ressourcen. Technischer Stand und Flexibilität des Power-to-Gas-Verfahrens. Berlin: Technische Universität Berlin, 2018
- von Schnurbein, Vladimir: Die Speicherung überschüssigen EE-Stroms durch Synthetisches Methan (SNG) – Eine kritische Analyse der Potentiale. Essen: VIK Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V., 2012
- Bracke, Rolf et al.: Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW Teil 4 – Geothermie. LANUV-Fachbericht 40. Recklinghausen: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, 2015

DIE AUTOREN

Dipl.-Ing. Holger Born
 holger.born@ieg.fraunhofer.de



Timm Eicker, M.Sc.
 timm.eicker@ieg.fraunhofer.de



Holger Born und Timm Eicker sind Mitarbeiter des Competence Centers Oberflächennahe Geothermie am Fraunhofer IEG. Sie beschäftigen sich seit über 10 Jahren mit der Weiterentwicklung, Optimierung und Implementierung von geothermischen Wärmepumpensystemen und sind mit Beteiligung von Prof. Rolf Bracke sowie Prof. Michael Rath maßgebliche Autoren der Roadmap »Oberflächennahe Geothermie«.

Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG | Competence Center Oberflächennahe Geothermie
 Am Hochschulcampus 1 | 44801 Bochum | www.ieg.fraunhofer.de