



ROADMAP OBERFLÄCHENNAHE GEOHERMIE

Erdwärmepumpen für die Energiewende –
Potenziale, Hemmnisse und
Handlungsempfehlungen

ROADMAP OBERFLÄCHENNAHE GEOTHERMIE

Erdwärmepumpen für die Energiewende –
Potenziale, Hemmnisse und Handlungsempfehlungen

Die vorliegende Studie wurde durch die Fraunhofer IEG, Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG, mit Unterstützung des Bundesverbandes Geothermie (BVG), des Bundesverbandes Wärmepumpe (BWP) und der Erdwärme Gemeinschaft Bayern erstellt.

Bochum, Juni 2022

Autoren

Holger Born, Rolf Bracke, Timm Eicker, Michael Rath

<https://doi.org/10.24406/publica-70>

Vorwort

Oberflächennahe Geothermie – die Zukunft für Gebäudeheizung und -kühlung

Die Nutzung der oberflächennahen Geothermie kann mit ihren diversen und skalierbaren Anwendungsmöglichkeiten effizient zu einem klimafreundlichen und preisstabilen Wärmemarkt der Zukunft beitragen. Vorrangig bietet die regenerative Erdwärme die Möglichkeit, Wohn- und Nichtwohngebäude klimafreundlich zu heizen und zu kühlen. Mit einer Kilowattstunde Strom können bis zu fünf Kilowattstunden Erdwärme bereitgestellt werden. In einem zukünftig zu 100 Prozent aus erneuerbaren Energien bestehenden Strommarkt, kann so eine klimaneutrale Beheizung erfolgen. Erdwärme kann in den wärmeren Jahreszeiten auch zur besonders effizienten passiven Gebäudekühlung eingesetzt werden. Die solare Wärme wird im Erdboden gespeichert und eine jahreszeitlich ausgeglichene Energiebilanz erreicht.

Der Flächenverbrauch und die Emissionslast der oberflächennahen Geothermie-Anlagen sind außerordentlich gering. Dies zeigen die regelmäßig erhobenen Daten des Umweltbundesamtes zur Emissionsbilanz Erneuerbarer Energien. Bei der Nutzung von Erdwärme entstehen weder Feinstaub noch Stickoxide. Die geringen Geräuschemissionen verbleiben im Heizungsraum bzw. der Energiezentrale.

Ein weiterer fundamentaler Vorteil der Erdwärme-Nutzung rückte in diesem Jahr in den Vordergrund und steigerte die Nachfrage nach Erdwärmepumpen erheblich: Oberflächennahe Geothermie stellt eine grundlastfähige und heimische Wärmequelle dar, die unabhängig von internationalen Krisen und Rohstoffimporten den natürlichen Wärmestrom nutzt, der an jedem Ort zu jeder Tageszeit und zu jeder Jahreszeit zur Verfügung steht.

Oberflächennahe Geothermie-Anlagen stabilisieren darüber hinaus das europäische Energiesystem, indem sie, vor allem bei Leistungsspitzen in den Wintermonaten, den erneuerbaren Strom besonders effizient nutzen. Erdwärmepumpen stellen dem Netzbetreiber ein hohes Maß an Flexibilität bereit, diese netzstabilisierende Wirkung besitzt nicht nur energiepolitische, sondern auch sicherheitspolitische Relevanz.

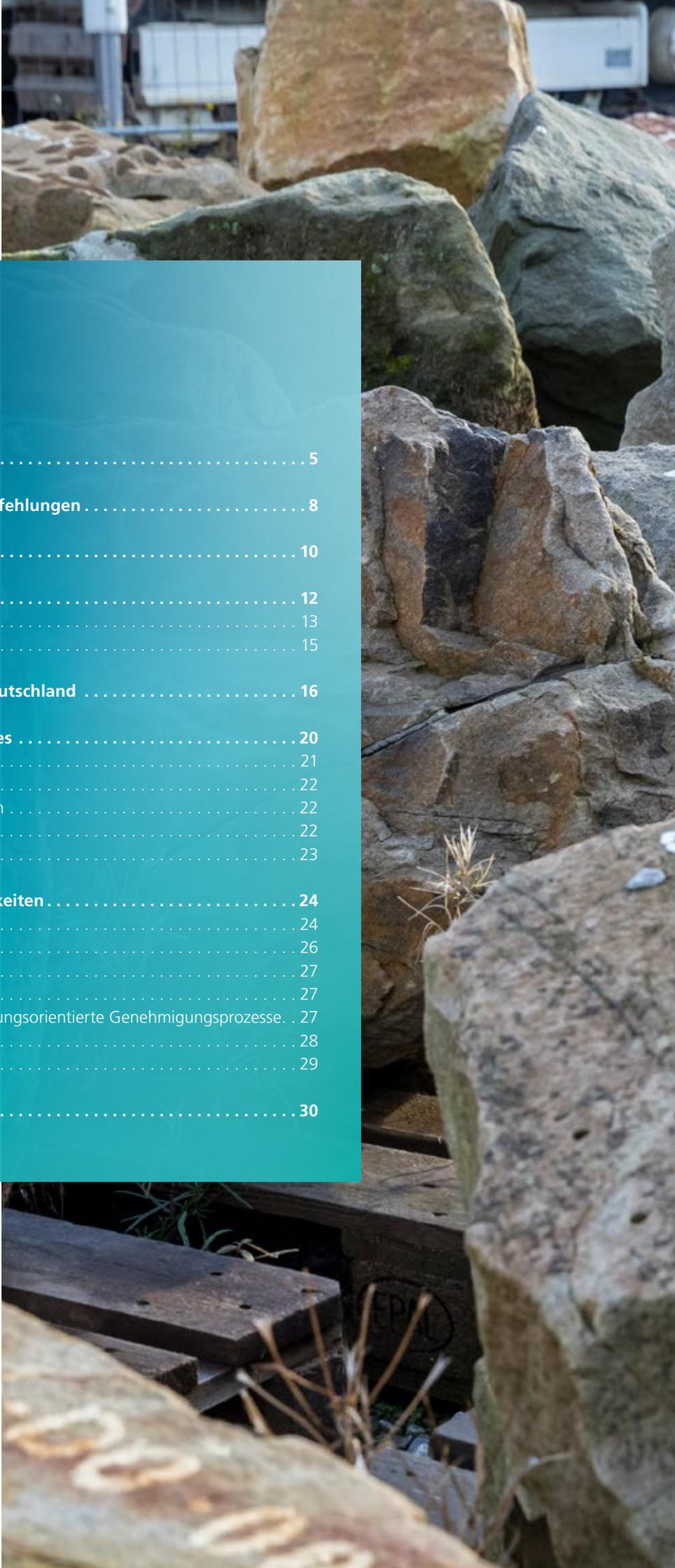
Die oberflächennahe Geothermie hat sich in den vergangenen Jahrzehnten als effiziente und zuverlässige Technologie bewährt. Durch die staatliche Förderung fossiler Technologien und günstiger Energierohstoffimporte konnte die Erdwärmepumpe sich bisher noch nicht im deutschen Wärmemarkt etablieren. Die dringend überfällige Umgestaltung des Wärmemarktes kann jedoch durch gezielte Anpassung der Rahmenbedingungen und Förderkulissen mittelfristig erreicht werden. Als eine der dringlichsten Herausforderungen ist der Fachkräftemangel anzusehen.

Die von der Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG vorgelegte Studie zeigt das herausragende Potenzial der oberflächennahen Geothermie auf und bietet Handlungsoptionen für deren umweltverträglichen Ausbau.

Dr. Martin Sabel
Geschäftsführer BWP

Dr. André Deinhardt
Geschäftsführer BVG

Christoph Knepel
Erdwärme Gemeinschaft Bayern



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen	8
Einleitung	10
Erdwärmesysteme	12
Vorteile und Alleinstellungsmerkmale	13
Marktentwicklung	15
Potenziale für Erdwärmepumpen in Deutschland	16
Entwicklung des Wärmepumpenmarktes	20
Strombedarf	21
CO ₂ -Emissionen	22
Ausbau von Niedertemperaturwärmenetzen	22
Wärmewende in (teilsanierten) Altbauten	22
Kühlung	23
Hemmnisse und Handlungsnotwendigkeiten	24
Fachkräfte und Kompetenzentwicklung	24
Ökonomische Aspekte	26
Regulatorischer Rahmen	27
Bewusstseinsbildung und Referenzprojekte	27
Umfassende Datengrundlagen und umsetzungsorientierte Genehmigungsprozesse	27
Kommunale Wärmeplanung	28
Forschung und Entwicklung	29
Roadmaps	30



Zusammenfassung & Handlungsempfehlungen

In Deutschland hinkt die Wärmewende der Stromwende deutlich hinterher. Während Wind und Sonne in guten Jahren schon mehr als die Hälfte der Stromenergie nachhaltig liefern, decken regenerative Wärmequellen wie Biomasse, Solarthermie und Erdwärme deutlich weniger als ein Fünftel des deutschen Wärmebedarfs - und das, obwohl Wärme mit 56% den größten Teil des deutschen Energieumsatzes ausmacht. Eine erfolgreiche Energiewende erfordert sofort große Veränderungen im Wärmesektor. Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Bürger müssen heute die Weichen für die Zukunft stellen, damit nachhaltige Technologien Fahrt aufnehmen. Den vielversprechendsten Ansatz bildet die Integration von Wärmepumpen in das Energiesystem. Bis 2030 müssen sechs Millionen Wärmepumpen, bis 2045 zwölf Millionen Wärmepumpen nachhaltige Wärme in Deutschland bereitstellen, um die Klimaschutzziele zu erreichen.

Wärmepumpen, die Oberflächennahe Geothermie als Wärmequelle nutzen (Erdwärmepumpen), stellen die vorteilhafteste Option dar, um Gebäude nachhaltig, zukunftssicher und unabhängig von Rohstoffimporten zu heizen und zu kühlen. Auf Grund der jahreszeitlich konstanten und hohen Untergrundtemperatur gewährleisten Erdwärmepumpen einen wirtschaftlichen Betrieb, sowohl für Neubauten als auch für Bestandsgebäude, und es fallen weder Feinstaub noch Schallemissionen an.

Erdwärmepumpen sind heute bei vielen Herstellern am Markt verfügbar. Die Systeme arbeiten äußerst effizient, decken ein breites Leistungsspektrum ab und bieten erprobte Lösungen für die klimafreundliche Bereitstellung von Wärme und Kälte.

Der kumulierte Nutzwärmebedarf für Raumwärme und Warmwasser in Deutschland liegt aktuell bei 780 bis 800 Terawattstunden im Jahr (TWh/a). Erdwärmepumpen bieten

das Potenzial, bis zu 75 Prozent dieses Wärmebedarfes, dies entspricht in etwa 600 TWh/a, zu decken. Außerdem können dieselben Systeme große Teile des steigenden Kühlbedarfs bereitstellen.

Um die klimapolitischen Ziele zu erreichen, muss dieses bisher größtenteils ungenutzte Potenzial flächendeckend erschlossen werden. Zur Erfüllung der Klimaschutzziele sind bereits im Jahre 2045 12 Mio. installierte Wärmepumpen notwendig. Bei gleichbleibend wachsendem Zubau wie in den vergangenen Jahren fehlen im Jahr 2030 knapp 5 Mio. Wärmepumpen, im Jahr 2045 sogar über 7 Mio. Anlagen. Das Fortschreiben des aktuellen Weges oder nur geringfügige Anpassungen werden nicht zum Ziel führen und eine erfolgreiche Wärmewende wird verpasst. Aufgrund der deutlichen höheren Effizienz von Erdwärmepumpen im Vergleich zu Luftwärmepumpen könnte durch eine Verschiebung des Feldbestandes von 20% Erdwärmepumpen auf 50% im Jahr 2030 bei 5 Mio. Wärmepumpen 375.000 Tonnen CO₂ jährlich eingespart werden. Bei einer weiteren Erhöhung des Bestandes auf 15 Mio. Wärmepumpen ergäbe sich durch die genannte Verschiebung der Anteile in Richtung von Erdwärmepumpen eine Reduzierung des Strombedarfes um 7,5 TWh/a.

Einem breiten Ausrollen von Erdwärmepumpen in den Markt stehen jedoch Hemmnisse im Wege: die unzureichenden politischen und regulatorischen Rahmenbedingungen sowie die mangelnde Investitionsbereitschaft der Wohnungswirtschaft, der privaten und öffentlichen Immobilieneigentümer und der Energieversorgungsunternehmen. Neben der Förderung des Einsatzes von Erdwärmepumpe wären die Integration von saisonalen (Untergrund-)Wärmespeichern einschließlich eines zugehörigen Rechtsrahmens, der Ausbau von (kalten) Wärmenetzen auf der Quartiersebene und innovative Betreibermodelle (z.B. Bürgerenergiemodelle im Wärmesektor) hilfreiche Instrumente. Ein Flaschenhals ist die voraussehbare unzureichende Verfügbarkeit von Fachkräften im Bereich der Brunnenbau- bzw. Bohrbranche und dem Sanitär-, Heizungs- und Klima-Handwerk. Zum vermehrten Einbau von Wärmepumpen müssten Installationsbetriebe vermehrt Kompetenzen von der fossilen Verbrennungstechnik in den Bereich der strombasierten regenerativen Wärmeerzeugung überführen.

Das vorliegende Strategiepapier stellt den Sachstand zum Thema Erdwärmepumpen in Deutschland zusammen. Es führt die technischen Vorteile und gesellschaftlichen Potenziale aus und benennt die regulatorischen und volkswirtschaftlichen Hemmnisse, die einem flächendeckenden Einsatz in Deutschland im Wege stehen. Aus dieser Zusammenschau entwickeln die Autoren die Handlungsempfehlungen für die beteiligten Akteure, um die Klimaziele zu erreichen.



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

Handlungsempfehlungen:

- 1. Genehmigungsverfahren:** Die Bundesländer sollen ihre Restriktionen reduzieren und idealerweise vereinheitlichen. Erdwärmebohrungen bis 400 m Tiefe sollen generell von der Verpflichtung zur bergrechtlichen Bewilligung befreit werden. Insbesondere der vorgeschobene Widerspruch von Gewässerschutz und Geothermie entspricht nicht dem Stand der Technik. Genehmigungen müssen nach transparenten Kriterien, zuverlässig und zeitnah erteilt werden. Der Betrieb von Erdwärmepumpen darf nicht durch zeitlich befristete Genehmigungen erschwert werden. Die Genehmigungspflicht für Erdwärmepumpen mit bis zu 30 Kilowatt Heizleistung sollte im Standardfall durch eine Anzeigepflicht ersetzt werden.
- 2. Fachkräfte:** Die Ausbildung im Sanitär-, Heizungs- und Klima-Handwerk muss die Wärme-wende inhaltlich fokussieren, die Kammern müssen den knapp 400.000 Handwerkern zeitnah entsprechende Weiterbildung verpflichtend anbieten. Auch das Bohrhandwerk braucht mehr Kapazitäten, es fehlen kurzfristig 2.500 Bohrgeräte und über 6.000 Fachkräfte. Hierzu bedarf es mehr überbetrieblicher Ausbildung, einen erleichterten Quereinstieg und einer inhaltlichen Weiterentwicklung der Ausbildungscurricula.
- 3. Verwaltung:** Die Genehmigungsbehörden müssen sich in die Lage versetzen, ziel- und umsetzungsorientiert zu agieren, etwa durch eine vorrausschauende Anpassung der Stellenpläne und die konsequente Besetzung dieser Stellen. Weiterbildungsangebote für die Verwaltungsmitarbeiterinnen und -mitarbeiter müssen etabliert werden.
- 4. Erneuerbar, statt fossil fördern:** Der Einbau fossiler Heizungen muss so schnell wie möglich untersagt werden. Bestandsanlagen müssen deutlich vor dem Jahr 2045 ausgetauscht werden. Bund und Länder müssen entsprechende Anreizprogramme jetzt entwickeln. Parallel soll der Gesetzgeber elektrische Energie für Wärmepumpen von Steuern und Abgaben entlasten.
- 5. Daten:** Die vorhandenen Datengrundlagen müssen in ihrem Umfang durch die jeweiligen geologischen Landesdienste weiterentwickelt werden. Analog zum Zertifizierungsumfang des DVGW-Arbeitsblattes W 120-2 müssen die Landesdienste die Daten des Untergrundes bis 200 m kurzfristig und diejenigen bis 400 m mittelfristig flächendeckend bereitstellen.
- 6. Gesellschaftliche Akzeptanz:** Die Vorteile der Erdwärmepumpe haben es noch nicht ins Bewusstsein der Immobilieneigentümer geschafft. Oft schrecken die anfänglich höheren Investitionskosten ab und versperren die Sicht auf die geringen langjährigen Betriebskosten, die die Wirtschaftlichkeit der Anlagen dominieren. Aufklärung und gezielte Informationskampagnen durch geeignete Multiplikatoren sind notwendig. Mit einer Modernisierungsoffensive für öffentliche Gebäude sollen Kommunen, Länder und Bund vorangehen und Referenzen für Nachahmer schaffen. Auch private und öffentliche Wohnungsgesellschaften mit großem Bestand müssen motiviert werden, ihren Investitionsbedarf schnell umzusetzen.

Einleitung

Deutschland steht gesellschaftlich und energiepolitisch vor großen Herausforderungen, um die Klimaschutzziele bis 2045 zu erreichen. Forciert wird die Diskussion um den Ausstieg aus fossilen Energieträgern zusätzlich durch die weltpolitischen Ereignisse in Russland und Osteuropa. Zugleich besteht jedoch eine starke Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen am Endenergieverbrauch (67%). Den überwiegenden Anteil am Endenergiebedarf in Deutschland hat der Wärmesektor mit 56% bzw. ca. 1.400 TWh/a (2019). Nicht zuletzt aufgrund des Imports billiger fossiler Brennstoffe stand dieser Sektor bisher allerdings nicht im Fokus der Energiewende.

Der Wärmeverbrauch in Deutschland für Raumwärme (641 TWh/a in 2020) und Warmwasser (131 TWh/a in 2020) liegt zusammengenommen langjährig bei 780 - 800 TWh/a (Abbildung 1) und wird überwiegend in den dicht besiedelten Regionen benötigt (Abbildung 2).

Klimaschutz. Der besonders wärmeintensive Gebäudesektor hat auf Grundlage des Bundes-Klimaschutzgesetzes (KSG 2021) die Aufgabe, seine CO₂-Emissionen sukzessive von 2020 bis 2030 um 43% zu senken² und bis 2045 dann komplett zu vermeiden. Während eine Reduzierung des Energiebedarfes für Raumwärme vor allem durch die Sanierung von Bestandsgebäuden möglich ist, kann die komplette Vermeidung von Treibhausgasemissionen nur durch eine Abkehr von den fossilen Energieträgern Erdgas und Öl erreicht werden. Von über 900.000 verkauften Wärmeerzeugern waren in 2021 immer noch rund 70% Gasheizungen und ca. 5% Ölheizungen³; zugleich hatten erneuerbare Energien lediglich einen Anteil von 16,5% am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte in Deutschland.⁴

Damit kommt der Umstellung der Energieversorgung von Bestandsimmobilien und dem Neubau von Quartieren der



Abbildung 1: Nutzwärmebedarf (Raumwärme und Warmwasser) in Deutschland. Absoluter langjähriger Bedarf in TWh/a, Prognose 2050 (Eigene Darstellung).¹

¹ BMWI: Zahlen und Fakten: Energiedaten, 2021; Prognose 2050: Fraunhofer IEE: Energiewende Barometer, 2018

² Erstes Gesetz zur Änderung des Klimaschutzgesetzes vom 18.08.2021 (BGBl. I S. 3905)

³ BDH: Marktentwicklung Wärmeerzeuger Deutschland 2012-2021

⁴ BMWK: Erneuerbare Energien 2021 Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien – Statistik (AGEE-Stat), 2022



Bestandsanlagen müssen deutlich vor dem Jahr 2045 ausgetauscht werden. Bund und Länder müssen entsprechende Anreizprogramme jetzt entwickeln. Parallel soll der Gesetzgeber elektrische Energie für Wärmepumpen von Steuern und Abgaben entlasten.

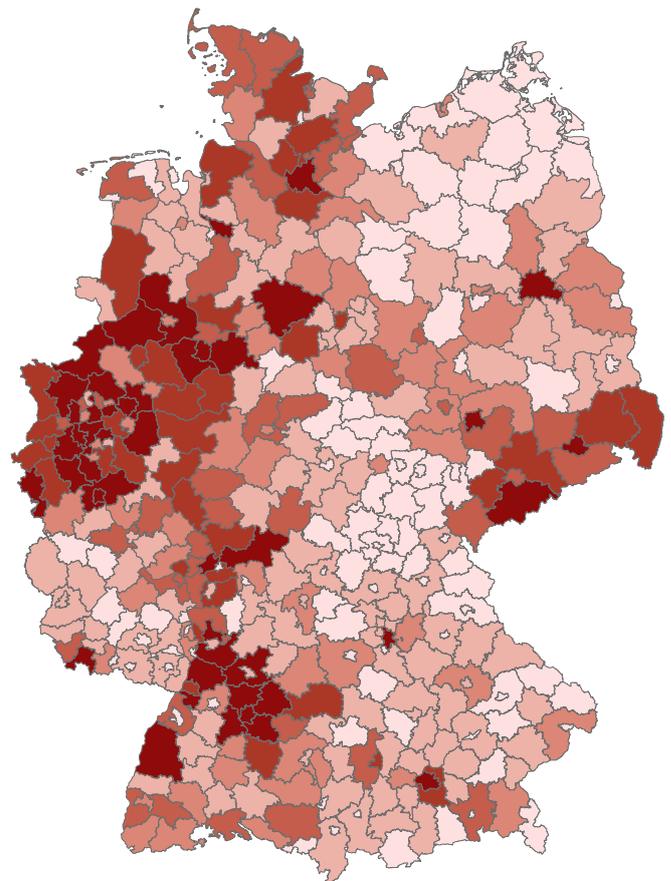
Wohnungswirtschaft eine Schlüsselrolle bei der Wärmewende zu. Heizsysteme auf Basis erneuerbarer Energien werden bei der Umstellung zur Schlüsseltechnologie. Erdwärmepumpen, die als Wärmequelle den oberflächennahen Untergrund nutzen, sind eine der effizientesten Optionen und müssen zukünftig einen signifikanten Beitrag für die Wärme- und Energiewende leisten. Die Bedarfstemperatur für Heizungen liegt zwischen 30°C und 70°C und lässt sich durch Erdwärmepumpen in der Regel gut abdecken. Bei durchschnittlichen Nutzungsdauern von 20 Jahren für neu installierte Wärmeerzeuger legen heutige Investitionen die CO₂-Emissionen bis 2040 fest.

Abbildung 2:
Regionale Bedarfsverteilung des Wärmebedarfes für private Haushalte (PHH) und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD); ohne industrielle Prozesswärme (Referenzjahr 2014; Grafik: Fraunhofer IFAM)

Nutzwärmebedarf der Sektoren PHH und GHD (TWh/a)

- < 1,0
- > 1,0 – 1,5
- > 1,5 – 2,0
- > 2,0 – 2,5
- > 2,5 – 3,0
- > 3,0

0 50 100 km



Erdwärmesysteme

Das vorliegende Papier adressiert die Ausbaupotenziale von Systemen der oberflächennahen Geothermie zur Wärme- und Kälteversorgung von Gebäuden und Quartieren mit Wärmepumpen. Dafür wird der Untergrund bis in Tiefen von bis zu 400 m als Wärmequelle erschlossen und mit Wärmepumpen zu einem effizienten und nachhaltigen Gesamtsystem kombiniert. Bei größeren Anlagen wird der Untergrund häufig auch als saisonaler thermischer Speicher genutzt. Die Mehrzahl der bisher realisierten Systeme mit Erdwärmepumpen erreichen aktuell Bohrtiefen von unter 100 m bis zu 200 m. Dabei sind verschiedene technische Möglichkeiten nutzbar, um Wärme und Kälte zu gewinnen (siehe Abbildung 3, Varianten 1 bis 3).

Oberflächennahe Erdwärme liegt in Abhängigkeit von der Bohrtiefe auf Temperaturen von ca. 5°C bis zu ca. 15°C vor.

Geschlossene Systeme - vertikale Erdwärmesonden oder horizontale Erdwärmekollektoren - nutzen U-förmige Kunststoffrohre, meist aus PE, in Bohrungen oder in Gräben. In den wärmeübertragenden Rohren zirkuliert eine Flüssigkeit, die die dem Untergrund entnommene Wärme an die Oberfläche fördert. Wärmepumpen entziehen dem Fluid die Wärme und erhöhen diese mittels eines Kompressors auf die gewünschte Nutztemperatur. Anschließend führt das Leitungssystem das Fluid wieder zurück, um es im Untergrund erneut zu erwärmen.

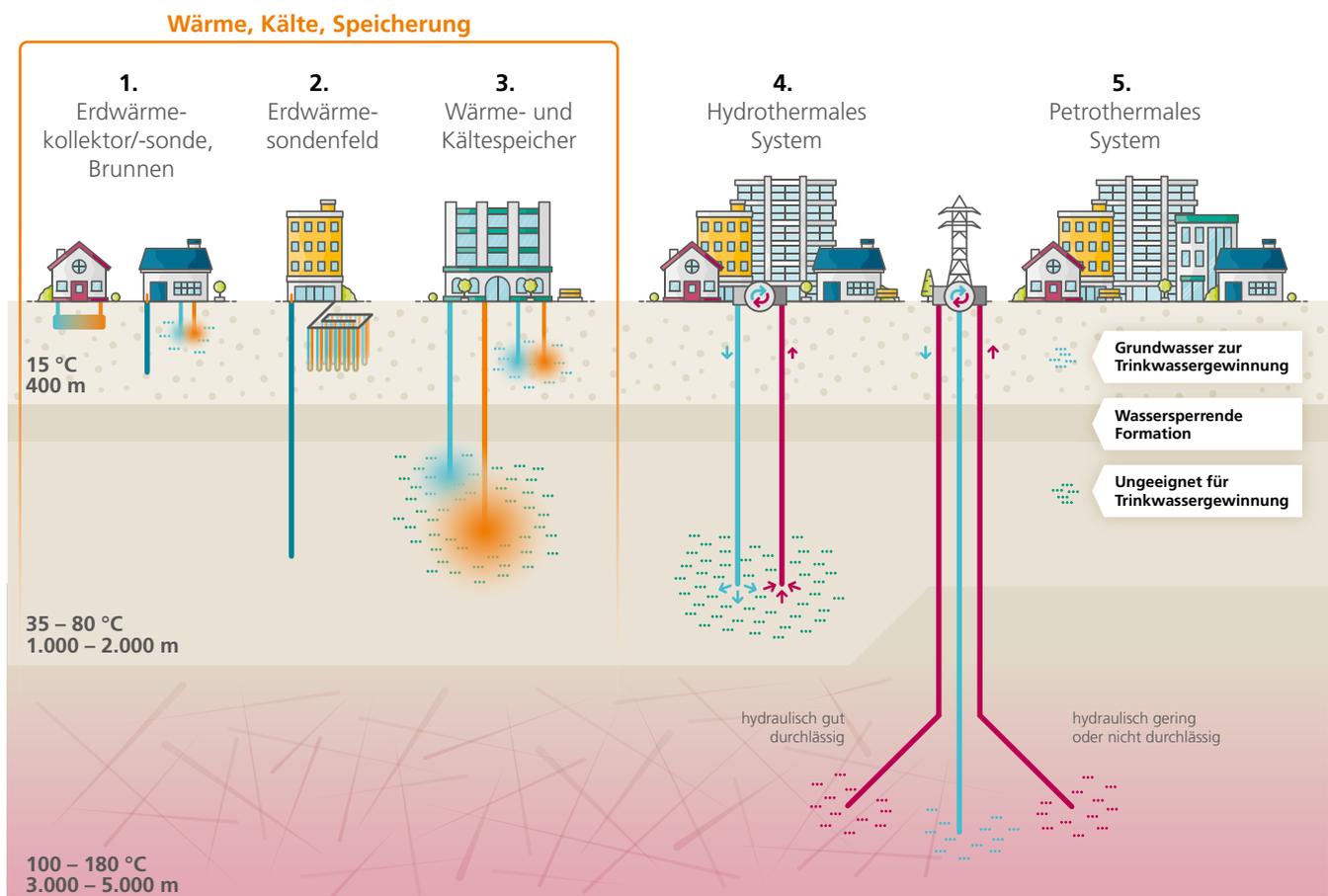


Abbildung 3:

Erdwärmesysteme: Erdwärmesonden / Erdwärmekollektoren / Grundwasserbrunnen zur Gewinnung und Speicherung Wärme und Kälte aus oberflächennahen geologischen Formationen bis 400 m (Varianten 1 bis 3) für Einzelobjekte und die Quartiersversorgung (Gegenstand dieses Papiers). Tiefengeothermische hydrothermale und petrothermale Systeme (Varianten 4 und 5) reichen bis in 5.000 m Tiefe und werden für großtechnische Anwendungen genutzt.

Offene Systeme pumpen dagegen Grundwasser aus Brunnen an die Oberfläche. Nach dem Wärmeentzug durch eine Wärmepumpe wird das abgekühlte Wasser über einen zweiten Brunnen wieder in den Grundwasserleiter zurückgeführt. Die Entscheidung zugunsten geschlossener Erdwärmesonden oder für offene, brunnenbasierte Lösungen hängt von der lokalen geologischen und hydrogeologischen Beschaffenheit des Untergrundes ab. Während Erdwärmesonden in nahezu jeder geologischen Formation zum Einsatz kommen können, bedürfen Brunnen einer ausreichend Grundwasser führenden Schicht.

Vorteile und Alleinstellungsmerkmale

Skalierbarkeit. Erdwärmepumpen können in verschiedenen Dimensionen Wohn- und Nichtwohngebäude beheizen und kühlen. Die Bandbreite reicht von einzelnen kleinen Wohnhäusern, über größere Solitäre (z.B. größere Büroimmobilien, Krankenhäuser, Geschosswohnungsbau, öffentliche Liegenschaften) bis hin zur Versorgung ganzer Stadtquartiere.



Abbildung 4: Einsatzoptionen von Erdwärmepumpen

Mit einem größeren Leistungsbedarf gehen größere Wärmequellenanlagen einher. Während für ein Einfamilienhaus in der Regel ein bis zwei Erdwärmesonden ausreichen, nutzen größere Infrastrukturen Erdwärmesondenfelder mit bis zu mehreren hundert Erdwärmesonden.

Heizen und Kühlen mit einem System. Erdwärmepumpen nutzen die Wärme des Untergrundes und heben diese auf ein höheres Temperaturniveau zur Beheizung von Gebäuden und zur Wassererwärmung. Dasselbe System kann die Gebäude aber auch wirtschaftlich und effizient kühlen. Entweder direkt über die im Untergrund vorherrschenden Temperaturen

(natürliche / passive Kühlung) oder indem die Wärmepumpe als Kältemaschine zum Einsatz kommt (aktive Kühlung). Ein separates System zur Gebäudekühlung ist nicht notwendig. Darüber hinaus sorgt die Gebäudekühlung für eine künstliche Regeneration des Untergrundes und führt zu einer Reduzierung der Bohrmeter oder zu einer Erhöhung (und somit Effizienzsteigerung) der Vorlauftemperatur in der Heizperiode.

Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit. Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen sind seit Jahrzehnten in vielen europäischen Ländern erprobte Systeme, alleine in Deutschland haben fast 435.000 Anlagen ihre Leistungsfähigkeit bewiesen. Alle Systemkomponenten, d.h. Erdwärmepumpen, Erdwärmesonden und -kollektoren sowie Grundwasserbrunnen, sind durch viele Anbieter am Markt verfügbar und ein deutlicher Ausbau im Rahmen der Wärmewende könnte also umgehend beginnen.

Umweltverträglichkeit. Erdwärmepumpen verursachen im Betrieb lokal keine Emissionen. Es entstehen keine schädlichen Umweltwirkungen durch Abgase, Feinstaub- oder Schallemissionen. Solange Strom aus fossilen Quellen stammt, fallen jedoch am Kraftwerksstandort CO₂-Emissionen für den Betrieb der elektrischen Wärmepumpe an. Über die verstärkte Nutzung von erneuerbarem Strom entsprechend der Klimaziele der Bundesregierung sinken diese perspektivisch bis auf null in 2045. Oder schneller, wenn die Betreiber entsprechende Anreize haben, sofort nur Stromtarife aus nachhaltigen Quellen zu nutzen.

Flächenverbrauch. Die Wärmequelle wird unterirdisch erstellt und bedarf in der Regel keines Baukörpers an der Oberfläche. Eine Beeinträchtigung des Stadt- oder Landschaftsbildes findet nicht statt. Insbesondere Erdwärmesonden, wie auch große Erdwärmesondenfelder, sind überbaubar, so dass eine städtebaulich zu vernachlässigende Flächeninanspruchnahme stattfindet.

Wirtschaftlichkeit. Der wirtschaftliche Betrieb von Erdwärmepumpen im Vergleich zu fossilen Gasheizungen ergibt sich in erster Linie aus dem Verhältnis des Strompreises zum Gaspreis. Die Entwicklung zeigt, dass bereits heute Wärmepumpen mit einer Jahresarbeitszahl (JAZ) von 3,5 deutliche monetäre Einsparungen im Betrieb erzielen (Abbildung 5). Die geopolitischen Entwicklungen und Verwerfungen auf dem deutschen und europäischen Gasmarkt verstärken diese Tendenz signifikant.

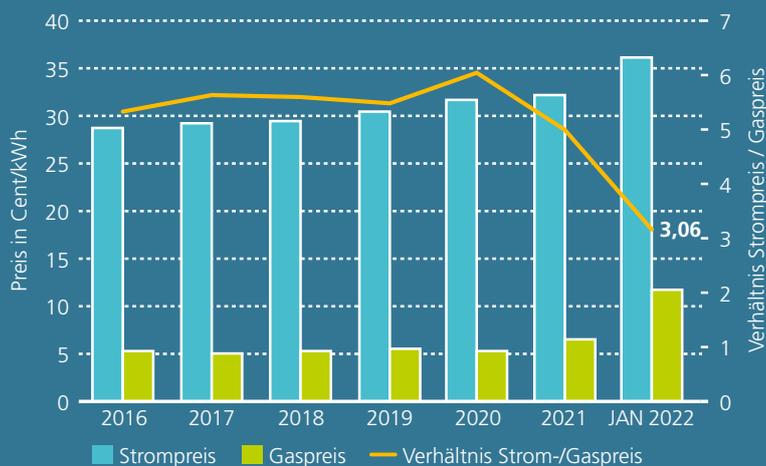


Abbildung 5: Verhältnis des Bruttogas- und Bruttostrompreises für Endkunden in Deutschland inklusive Abgaben und Umlagen (Eigene Darstellung nach BDEW-Strompreisanalyse Januar 2022 und BDEW-Gaspreisanalyse Januar 2022)

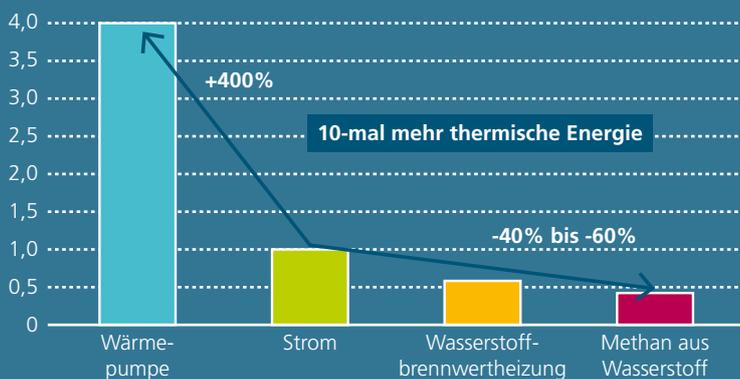


Abbildung 6: Nutzbare thermische Energie aus elektrischer Energie, Vergleich Erdwärmepumpe zu Wasserstoff aus Elektrolyse bzw. anschließender Methanisierung (Quelle: Eigene Darstellung, Annahmen Wirkungsgrade: Elektrolyse: 65%, Methanisierung: 80%, Kompression: 85%, Heizung: 90%).⁷

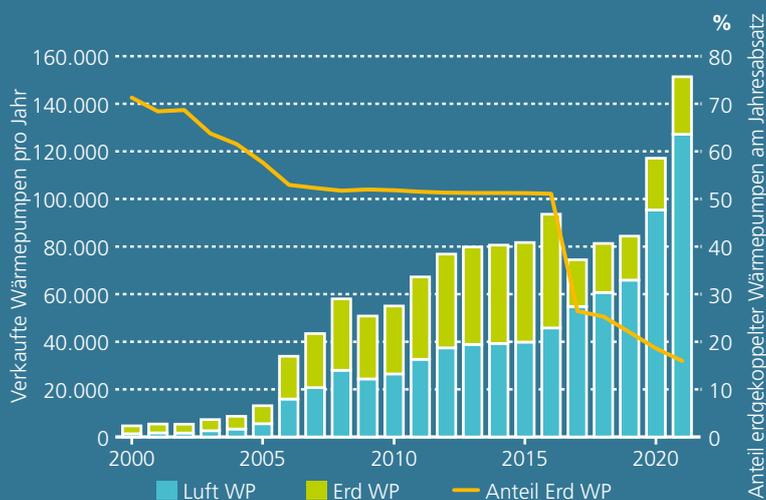


Abbildung 7: Jährlicher Wärmepumpenabsatz in Deutschland (Eigene Darstellung)¹⁰

Sektorenkopplung. Wärmepumpen bilden die Schnittstelle zwischen den Energiesektoren Strom und Wärme. Bereits heute sind Wärmepumpen technisch in der Lage, elektrische Energie über den aktuellen Bedarf hinaus thermisch in Pufferspeichern zu speichern. Die Wärmeversorgung auf Basis von Erdwärmepumpen ist, verglichen mit dem Transformationspfad elektrische Energie ↔ Wasserstoff ↔ Methanisierung ↔ Brennwertheizung, besonders effizient. Abbildung 6 verdeutlicht, dass auf Basis einer Kilowattstunde elektrischer Energie bis zu 10-mal mehr thermische Energie im direkten Systemvergleich genutzt werden kann. Im einem zum Großteil auf erneuerbarem, volatilen Strom basierendem Energiesystem werden Wärmepumpensysteme auch einen signifikanten systemdienlichen Beitrag leisten, wenn sie prognosebasiert und flexibel auf das fluktuierende Angebot des regenerativen Stroms reagieren und diesen vorausschauend in Wärme wandeln.^{5,6}

Unabhängigkeit. Geothermie ist ein heimischer und regenerativer Bodenschatz. Der Betrieb von Erdwärmepumpen erfordert keine Energieimporte, da die benötigte elektrische Energie durch einheimisch produzierten Strom – idealerweise aus erneuerbaren Quellen – bereitgestellt werden kann.

Effizienzvorteile. Erdwärmepumpen haben im Vergleich zu Luftwärmepumpen höhere Kapitalkosten aufgrund der notwendigen Bohrungen. Dementgegen stehen niedrigere Betriebskosten, die auf den jahreszeitlich vergleichsweise konstanten und hohen Untergrundtemperaturen beruhen. Daraus resultiert eine deutlich höhere Effizienz von Erdwärmepumpen im Vergleich zu Wärmepumpen, die

5 Wärmepumpen in Bestandsgebäuden: Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt »WPsmart im Bestand« (Abschlussbericht), Fraunhofer ISE, Freiburg 2020
 6 Beuker, S., H. Doderer, A. Funke, C. Koch, H. Kondziella, J. Hartung, S. Maeding, H. Medert, G. Meyer-Braune, M. Rath, N. Rogler: Synthesebericht Flexibilität, Markt und Regulierung, 2021
 7 Sarah Milanzi, Carla Spiller, Benjamin Grosse, Lisa Herrmann, Johannes Kochems, Joachim Müller-Kirchenbauer: Working Paper Energie und Ressourcen Technischer Stand und Flexibilität des Power-to-Gas-Verfahrens, Berlin, 2018; Dr. Vladimir von Schnurbein: Die Speicherung überschüssigen EE-Stroms durch Synthetisches Methan (SNG)

Umgebungsluft als Wärmequelle nutzen (siehe Infokasten^{8,9}). Diese höhere Effizienz führt zu folgenden Vorteilen:

- der geringere Strombedarf je erzeugter Kilowattstunde Wärme erhöht die Wirtschaftlichkeit und die Umweltverträglichkeit (weniger CO₂-Emissionen) des Anlagenbetriebs.
- aufgrund der höheren Quellentemperaturen sind höhere Heizungsvorlauftemperaturen möglich: daraus resultieren Versorgungsoptionen auch für Bestandsgebäude.
- geringere Lastspitzen an kalten Tagen wirken sich positiv auf den Betrieb des Stromnetzes aus.

Marktentwicklung

Erdwärmepumpen sind eine seit Jahrzehnten etablierte und marktreife Technologie für die Wärme- und Kältebereitstellung in Wohn- und Nichtwohngebäuden. Nach einem ersten Boom Anfang der 1980er Jahre, etablierten sich Wärmepumpen seit der Jahrtausendwende auf dem deutschen Heizungsmarkt. Seit 2006 werden jährlich über 50.000 Anlagen verkauft. Wie Abbildung 7 zeigt, stiegen die Absatzzahlen auf rund 80.000 Wärmepumpen jährlich Mitte der 2010er Jahre und auf über 150.000 Wärmepumpen in 2021.

Deutlich ist zuletzt eine Trendverschiebung von Erdwärmepumpen hin zu Luftwärmepumpen. Betrug der prozentuale Anteil der Erdwärmepumpe bis 2016 noch mehr als 50%, konnten die Absatzzahlen der Luftwärmepumpe in der jüngeren Vergangenheit deutlich gesteigert werden, so dass der Anteil der Erdwärmepumpen auf unter 20% sank.

In Summe resultiert aus den Marktdaten Ende 2021 ein Feldbestand von rund 435.000 Erdwärmepumpenanlagen in Deutschland, die jährlich rund 10 TWh Wärme bereitstellen. Dabei nutzen knapp über 10% der Anlagen direkt das Grundwasser über Brunnen als Wärmequelle, 90% erschließen den Untergrund über Erdwärmesonden oder -kollektoren, wobei die Erdwärmesonde die dominierende Technologie ist.¹¹ In Summe stellen diese Systeme allerdings nur 1,3% des deutschen Energiebedarfes für Raumwärme und Trinkwarmwasser zur Verfügung. Demgegenüber umfasst der Bestand an Luftwärmepumpen rund 770.000 Anlagen (16,5 TWh Wärme jährlich)¹².

- 8** Wärmepumpen in Bestandsgebäuden: Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt »WPsmart im Bestand« (Abschlussbericht), Fraunhofer ISE, Freiburg 2020
- 9** Die Studien kommen im Mittel zu dem Ergebnis, dass die JAZ von Luftwärmepumpen im Bestand bei ~ 3,1, bei Erdwärmepumpen bei ~4,1 liegt. Im weiteren Verlauf dieser Studie werden vergleichende Betrachtungen unter der Annahme JAZ Luft=3 und JAZ Erdwärme=4 getroffen.
- 10** Absatzzahlen aus Erhebungen des BDH und BWP
- 11** Jensen & Pester, 2019, geben den Anteil für Niedersachsen z.B. mit 80% an. Regional kann es durchaus unterschiedliche Ausprägungen geben
- 12** Die Bestandsdaten beruhen auf eigenen Berechnungen. Fortschreibung der Daten nach Born et al.: Analyse des deutschen Wärmepumpenmarktes, 2017

Effizienz von Wärmepumpen

Die Effizienz einer Wärmepumpe wird durch die Jahresarbeitszahl (JAZ) ausgedrückt. Die JAZ beschreibt das Verhältnis von nutzbarer Wärmeenergie zur eingesetzten elektrischen Energie. Je höher die JAZ, desto effizienter arbeitet die Wärmepumpe. Das Fraunhofer ISE hat in umfangreichen Feldteststudien die JAZ von Wärmepumpen untersucht. Im Ergebnis ist die JAZ von Erdwärmepumpen um 1 größer als bei Wärmepumpen mit der Wärmequelle Luft.

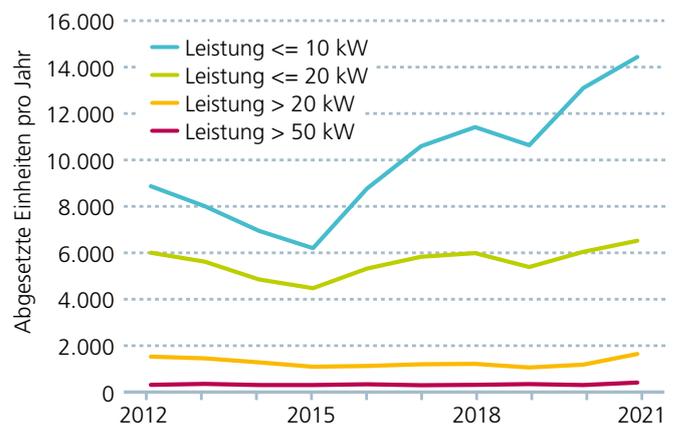


Abbildung 8: Leistungsklassen des Absatzes von Erdwärmepumpen (Eigene Darstellung)¹³

Weiterhin ist der Trend festzustellen, dass überwiegend Erdwärmepumpen verhältnismäßig kleiner Leistungsklassen verbaut werden (Leistungen kleiner 20 kW, Abbildung 8).

Dies liegt vor allem daran, dass Wärmepumpen überwiegend in kleineren Wohnhäusern, und hier verstärkt im Neubaubereich, eingesetzt werden. 2020 wurden in über 50% der neu errichteten Gebäude eine Wärmepumpe installiert (über 50.000 Anlagen).¹⁴ Im selben Jahr wurden in Bestandsgebäuden knapp 70.000 Wärmepumpen installiert.¹⁵

Notwendig ist daher eine Marktumkehr, die

- die Quantität der verkauften und installierten Erdwärmepumpen kurz- und mittelfristig signifikant erhöht und
- zunehmend Bestandsgebäude und größere urbane Strukturen adressiert, um einen messbaren Beitrag zur Wärmewende zu leisten.

- 13** Daten aus Absatzerhebungen des BDH und BWP
- 14** Absatzzahlen aus Erhebungen des BDH und BWP
- 15** Statistisches Bundesamt (Baufertigstellungen)

Potenziale für Erdwärmepumpen in Deutschland

Die geologischen Landesämter stellen in der Regel kartenbasierte Datengrundlagen für die geothermische Erschließung des Untergrundes bereit. Die Kartenwerke liegen in unterschiedlicher Qualität und Detailschärfe vor. Die dargestellten Inhalte reichen von pauschalen genehmigungsrechtlichen Einschränkungen oder Restriktionen über geothermische Ergiebigkeiten von Kleinanlagen mit standardisierten Randbedingungen bis hin zu tiefenaufgelösten Wärmeleitfähigkeiten. Diese Daten stellen wichtige Grundlagen für die Planung und Dimensionierung von Erdwärmepumpen dar.

Diese Kartenwerke bilden jedoch in keiner Weise ein geothermisches Potenzial, das heißt die tatsächlich nutzbare Wärmeenergie des Untergrundes verschnitten mit dem lokalen Wärmebedarf der Bestandsgebäude, ab.

Das geothermische Potenzial zur Bereitstellung von Nutzwärme mittels Erdwärmepumpen für Bestandsgebäude ist komplex und hängt von fünf grundlegenden Einflussgrößen ab:

- 1. Thermohydraulische Eigenschaften des Untergrundes:** Wärmeleitfähigkeit des Gesteins, Wärmekapazität des Untergrundes, Formationstemperatur, konvektiver d.h. grundwassergetriebener Wärmetransport.
- 2. Thermische Eigenschaften der Bestandsgebäude:** Bauphysikalische Eigenschaften der Gebäude / Dämmstandard, Nutzungsart der Gebäude, Standort der Gebäude, Heizungsverteilsystem.
- 3. Eigenschaft des Gebäudegrundstücks:** grundstücksspezifisch nutzbare Freiflächen für die bohrtechnische Erschließung des Untergrundes.
- 4. Technische Wärmequellenerschließung:** Anzahl von Erdwärmesonden, Tiefe der Bohrungen, Abstände zwischen den Sonden.
- 5. Regulatorische Rahmenbedingungen:** naturschutz-, wasserschutz- und baurechtliche Ausschluss- und Restriktionsflächen für die Wärmequellenerschließung, geologische Hemmnisse.

Eine detaillierte, integrierte Potenzialanalyse unter Berücksichtigung von Gebäudecharakteristik, Grundstücksrahmenbedingungen, genehmigungsrechtlichen Randbedingungen und lokalem geothermischem Potenzial 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 oberflächennahen geothermischen Nutzungsoptionen dar¹⁶. Diese Potenzialstudie dient daher als Referenz für die Ermittlung des deutschlandweiten Potenzials sowie für die Berücksichtigung des aktuellen Standes der Technik in der Erschließung geothermischer Ressourcen.

Im Folgenden wird die Systematik zur Ermittlung des Deckungspotenzials für Erdwärmepumpenanlagen am Beispiel von NRW dargelegt. Anschließend wird dieses Potenzial auf das gesamte Bundesgebiet zur Abschätzung des Gesamtpotenzials in Deutschland hochskaliert. Folgende städtebaulichen Bestandsdaten aus NRW wurden für die Ermittlung der theoretischen Deckungsanteile von Oberflächennaher Geothermie für die kommunale Nutzwärmeversorgung verwendet:

- Alle Flurstücke in NRW
- Gebäude: Alle Gebäudegrundrisse des Liegenschaftskatasters mit Nutzungskennzeichnung nach dem Liegenschaftskataster sowie Gebäudehöhenangaben.

Im Ergebnis wurden die Gebäudegrundrisse aus den bebauten Besitzeinheiten geometrisch herausgeschnitten, um die geothermisch nutzbaren und bohrtechnisch erschließbaren Grundstücksflächen zu erhalten (»unbebaute Fläche der bebauten Besitzeinheiten« als Resultat). Über 9 Mio. Gebäude mit einer Gebäudegrundfläche von über 1.000 km² wurden untersucht. Ausgeschlossen wurden unbeheizte Bauwerke (Garagen, Silos, Hallen etc.).

Zur Bestimmung des Potenzials für den grundstücksspezifischen geothermischen Deckungsanteil fand eine umfangreiche Erhebung statt, die die vorgenannten Einflussgrößen einer Liegenschaft und den Wärmebedarf des Gebäudebestands sowie die Kopplung dieser Parameter unter Beachtung regulatorischer Randbedingungen betrachtete.

Limitierende Faktoren für das ausgewiesene Potenzial waren der komplette Ausschluss von Restriktionsgebieten

¹⁶ Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW LANUV-Fachbericht 40 (2015): Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW Teil 4 – Geothermie, 78 S.; Autoren: Bracke, R.; Rocholl, W.; Schmidt, B.; Bussmann, B.; Eicker, T.; Kelz, B.

(Wasserschutzgebiete und Heilquellenschutzgebiete) bzw. eine Bohrtiefenbegrenzung auf 40 m in geologisch kritischen Gebieten, eine grundsätzliche maximale Länge von Erdwärmesonden von 100 m, die Nichtberücksichtigung von Brunnenanlagen sowie die Tatsache, dass nur Versorgungsoptionen betrachtet wurden, bei denen Besitzeinheit und Gebäude eine Einheit bildeten.

Die Gebäudedaten wurden mit den standortspezifischen Entzugsleistungen für Erdwärmesonden (Geothermisches Potenzial) auf Basis der Datensätze des Geologischen Dienstes NRW 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 (Basisszenario) in den anteiligen Freiflächen aller bebauten Grundstücke im Bundesland.

Mit der Potenzialerhebung wurde deutlich, dass unterschiedliche Bebauungs- sowie Bevölkerungsdichten (Großstädte

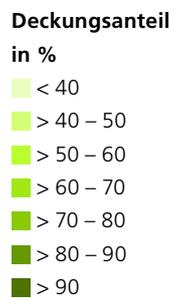
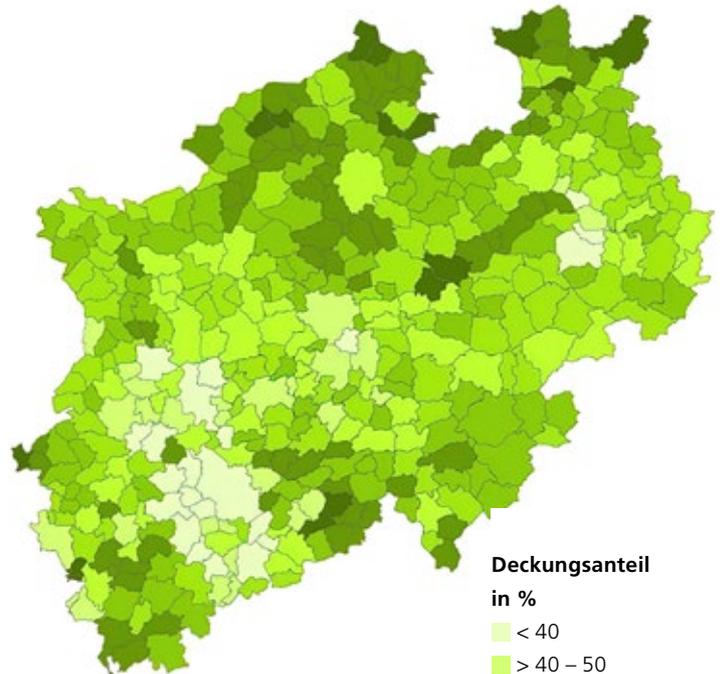


Abbildung 9: Deckungspotenziale für Erdwärmepumpensysteme mit Unterschieden für städtische und ländliche Räume am Beispiel NRW¹⁷

vs. ländlicher Raum) zu sehr unterschiedlichen Deckungspotenzialen führen. Großstädte (z.B. Köln, Düsseldorf) weisen einen hohen Wärmebedarf auf, gleichzeitig limitieren die hohe Bebauungsdichte und mangelnde Platzverhältnisse auf dem Baugrund in vielen innerstädtischen Liegenschaften die Möglichkeiten, Erdwärmesonden in der nötigen Anzahl abzutiefen. Dies führt zu einem geringeren Deckungspotenzial. In einigen ländlicheren Gemeinden hingegen werden Deckungspotenziale von über 95% erreicht (geringer Wärmebedarf bei großer Grundstücksfläche).

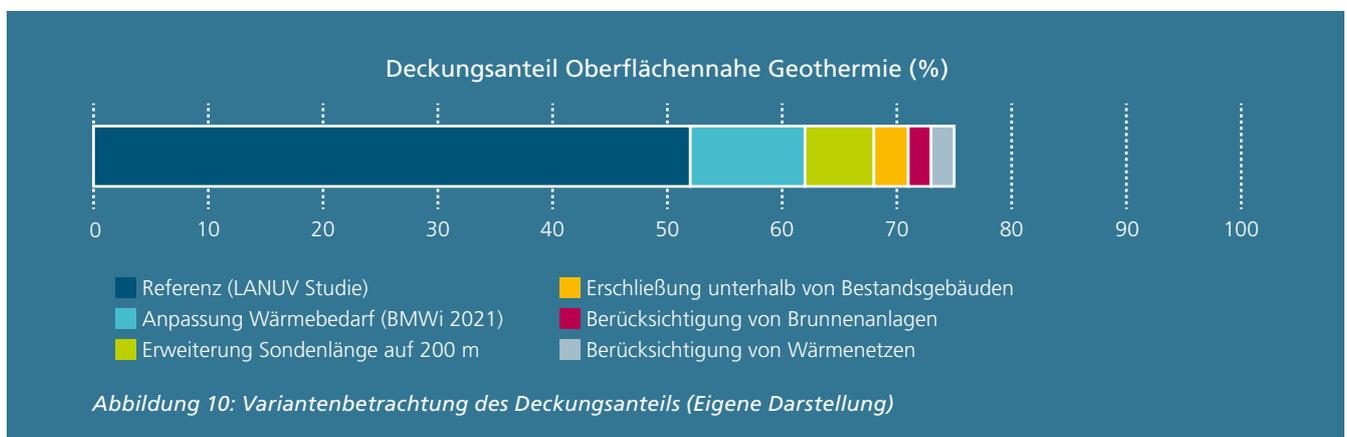


Abbildung 10: Variantenbetrachtung des Deckungsanteils (Eigene Darstellung)

¹⁷ Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW LANUV-Fachbericht 40 (2015): Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW Teil 4 – Geothermie, 78 S.; Autoren: Bracke, R.; Rocholl, W.; Schmidt, B.; Bussmann, B.; Eicker, T.; Kelz, B.

In der Summe ergibt sich für ganz NRW ein prozentualer Deckungsanteil von rund 52% (ohne Wasserschutzzonen I bis III). Dies bedeutet, dass im Grundszenario über die Hälfte des Wärmebedarfs aller Gebäude über Oberflächennahe Geothermie gedeckt werden könnte.¹⁸

Ausgehend von den Restriktionen, Vereinfachungen und Annahmen, die im LANUV-Fachbericht 40/4 getroffen wurden, können Grundannahmen aktualisiert und verschiedene Ausbauoptionen berechnet und abgeleitet werden, welche den Stand der Technik und die daraus resultierenden zusätzlichen Potenziale zur Steigerung des geothermischen Deckungsanteils widerspiegeln.

Die Berechnung des Deckungsanteils der Erdwärmepumpen im Rahmen des Fachberichtes beruht auf einer bewusst konservativen Annahme des Wärmebedarfs aller Bestandsgebäude in NRW. Diese Grundannahme kann durch Bedarfszahlen des BMWi von 2021 für ganz Deutschland aktualisiert werden. Anhand der Einwohneranzahl der einzelnen Bundesländer wurde der Gesamtbedarf auf NRW heruntergebrochen. Daraus ergibt sich ein Deckungsanteil der Erdwärmepumpen für NRW von 65%. Dieser Deckungsanteil dient als Basisszenario für die weiteren Berechnungen und Abschätzungen dieser Roadmap.

Wichtige Ausbauoptionen und somit Potenzialerhöhung ist die Erweiterung der Tiefe von Bohrungen für

Ausbauszenarien	Beschreibung	Ausbaupfad	Deckungsanteil
Referenzszenario	LANUV NRW Fachbericht 40, Teil 4	Referenz	52%
Anpassung des Wärmebedarfs an aktuelle Zahlen des BMWi	Reduzierung des Wärmebedarfes als Bezugsgröße, da dieser Fachbericht sehr konservativ berechnet wurde. Über die Bevölkerungsverteilung der Bundesländer wurden die Daten des BMWi auf NRW übertragen.	Basisszenario	62% (eigene Berechnung)
Erhöhung der mittleren Länge von Erdwärmesonden	Erweiterung der Sondenlänge von 100 m auf 200 m, daraus ergibt sich in Abhängigkeit der Sondenfeld-konfiguration eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Wärmequelle um 80% bis 110%.	Erhöhung des geothermischen Deckungsanteils durch ergänzende technische Erschließungsmaßnahmen 	Steigerung des Deckungsanteils auf 68% (eigene Berechnungen)
Bohrtechnische Vergrößerung des erschließbaren Erdreichvolumens	Erweiterung des erschließbaren Untergrunds bei geringem Flächenangebot im Bestand durch Schrägbohrungen unter die bestehenden Gebäude.		Steigerung des Deckungsanteils auf 71% (eigene Berechnungen)
Berücksichtigung von Brunnenanlagen	Zusätzliche Berücksichtigung von Brunnenanlagen als Wärmequelle, die in hydrogeologisch günstigen Regionen nutzbar sind.		Steigerung des Deckungsanteils auf 73% (Abschätzung)
Neubau von (Niedertemperatur-) Wärmenetzen	Zusätzliche Berücksichtigung von (Niedertemperatur-) Wärmenetzen mit geothermischen Quellenanlagen. Gebäude und Wärmequellenanlage müssen dadurch nicht auf einem Grundstück verortet sein.		Steigerung des Deckungsanteils auf ca. 75% (Abschätzung)

Tabelle 1: Übersicht der technischen Optionen zur Steigerung des Deckungspotenzials von Erdwärmepumpen aus ONG (Eigene Darstellung)

¹⁸ ebenda

Erdwärmesonden von 100 m auf 200 m. Diese kann – ggf. auch in Kombination mit saisonalen Wärmespeichern - die Leistungsfähigkeit einer Erdwärmesonde verdoppeln. Neue Bohrtechniken ermöglichen unter beengten Platzverhältnissen geänderte innerstädtische Bohrungsdesigns, indem z.B. schräg unter Bestandsgebäude gebohrt wird (»Geo-Star«-Prinzip). Auch der Bau von Brunnenanlagen in hydrogeologisch geeigneten Regionen oder der Ausbau von Nahwärmenetzen in Kombination mit oberflächennahen Erdwärmeanlagen und Wärmespeichern können wichtige Technologietreiber für die Steigerung des Deckungsanteils sein. Abbildung 10 zeigt die rechnerischen Effekte der vorgenannten Optionen zum Ausbau der Deckungsanteile:

Eine Übertragung der ermittelten Potenziale auf das gesamte Bundesgebiet ist in grober Annäherung grundsätzlich möglich. Zwar gibt es zwischen den einzelnen Bundesländern Unterschiede hinsichtlich der regionalen geologischen Verhältnisse und der Potenziale für oberflächennahe geothermische Nutzungen, sowie der Siedlungs- und Bebauungsdichte oder der Anteile von Restriktionsflächen. Jedoch stellen die erheblichen Restriktionsflächen von über 50% der Landesfläche in NRW einen konservativen Ansatz dar, welcher gemittelt über die gesamte Bundesrepublik ausgerollt werden kann (siehe Infokasten).

In Abhängigkeit der zusätzlichen technischen Erschließungsmaßnahmen ergibt sich für ganz Deutschland ein grundsätzlicher technischer und umsetzbarer **Deckungsanteil von bis zu 75%**.

Für ganz Deutschland ergibt sich somit ein Potenzial von bis zu 600 TWh pro Jahr zur Deckung des Nutzwärmebedarfs (Heizung und Warmwasser) mittels Erdwärmepumpen. Um das Potenzial nutzen zu können, ist es dabei unerheblich, ob dezentrale Wärmequellen zur Versorgung einzelner Gebäude oder Einheiten erschlossen werden oder ob größere zentrale Wärmequellenanlagen für die Versorgung von Nahwärmenetzen genutzt werden.

Restriktionsflächen in NRW

Laut der Potenzialstudie Geothermie Nordrhein-Westfalen sind gut die Hälfte der Landesflächen mit genehmigungsrechtlichen Auflagen versehen. Diese Flächen verteilen sich ungefähr hälftig auf Ausschlussflächen (Schutzzone von Wasser- und Heilquellenschutzgebieten und Gebäudeflächen) und Restriktionsflächen (Bohrtiefenbegrenzung in hydrogeologisch kritischen Bereichen). Lediglich knapp 50% der Landesfläche stehen für eine uneingeschränkt Nutzung zur Verfügung (im Sinne der Studie).



(Eigene Darstellung)

Entwicklung des Wärmepumpenmarktes

Eine Vielzahl von Studien verschiedener Forschungseinrichtungen haben in der jüngeren Vergangenheit Szenarien beschrieben, wie sich der Bestand an Wärmeerzeugern bis 2030 bzw. bis 2045 / 2050 ändern muss, um die klimapolitischen Ziele Deutschlands zu erreichen. Allen

Veröffentlichungen ist gemein, dass Wärmepumpen dabei eine zentrale Rolle einnehmen.

Die verschiedenen Szenarien, wie in Abbildung 11 dargestellt, postulieren gemittelt (Zielpfad Zubau) einen Bestand von 6 Mio.

Wärmepumpen im Jahr 2030 und 16 Mio. im Jahr 2050. Die jüngste Veröffentlichung von Greenpeace (2022) kommt sogar zu dem Ergebnis, dass 2035 bereits 12 Mio. installierte Wärmepumpen notwendig sind. Vergleicht man diese Ziele mit dem Trendszenario, welches einen gleichbleibenden wachsenden Zubau wie im Mittel von 2016 bis 2021 unterstellt, wird deutlich, dass bereits in acht Jahren knapp 5 Millionen Wärmepumpen fehlen würden, im Jahr 2045 sogar über 7 Millionen. Das Fortschreiben des aktuellen Weges oder nur geringfügige Anpassungen werden demzufolge nicht zum Ziel führen. Eine erfolgreiche Wärmewende ist auf dem aktuellen Weg nicht zu erreichen.

In den Studien wird die Wärmepumpe teilweise als pauschales System betrachtet und nicht nach den verschiedenen Wärmequellen (Erde, Wasser und Luft) unterschieden. Agora, dena und Fraunhofer ISE treffen hierzu (widersprüchliche) Aussagen.

Anteil Erdwärmepumpen am Feldbestand (2050)

- 7% bis 8% (Fraunhofer ISE)
- 33% bis 50% (dena)
(in Abhängigkeit der Gebäudegröße und Bestand / Neubau)
- Über 50% (Agora)²⁰

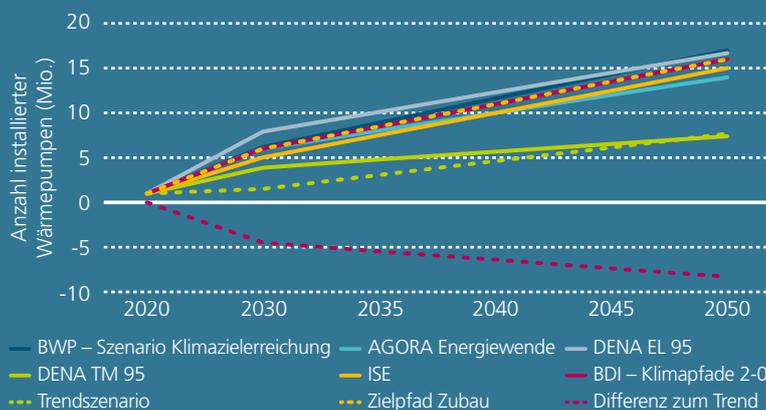


Abbildung 11: Szenarien für den Wärmepumpenbestand bis 2050 (Eigene Darstellung)¹⁹

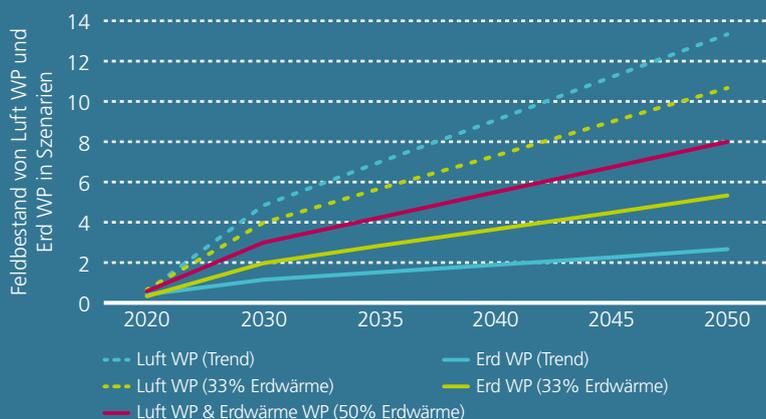


Abbildung 12: Anteil Erdwärmepumpen am zukünftigen Feldbestand (Szenarien). Szenario Trend: Zubau teilt sich wie im Referenzjahr 2021 auf – 85% Luft WP & 15% Erd WP; Szenario 33% Erdwärme: Erdwärme WP haben einen Anteil von 1/3 am Anlagenbestand; Szenario 50% Erdwärme: Gleichverteilung des Bestandes zwischen Luft WP und Erdwärme WP (Eigene Darstellung)

¹⁹ Agora Energiewende: „Klimaneutrales Deutschland“ (2021); BDI: „Klimapfade für Deutschland“ (2021); dena: „Gebäudestudie – Szenarien für eine marktwirtschaftliche Klima- und Ressourcenschutzpolitik 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

²⁰ Agora – Wärmewende 2030, 2017

Dabei hat der konsequente Zubau von Erdwärmepumpen unter Nutzung der dargestellten Potenziale bzw. das Verhältnis zwischen Erdwärmepumpen und Luftwärmepumpen direkte Auswirkungen auf das gesamte deutsche Energiesystem.

Anhand verschiedener Szenarien (Abbildung 12) bezüglich der Anteile von Luftwärmepumpen und Erdwärmepumpen und unter der Annahme, dass die notwendigen Zubauziele erreicht werden, ergeben sich folgende Entwicklungen:

- **Szenario Trend** – Der Zubau erfolgt analog zu dem Zubau und dem Verhältnis der vergangenen Jahre.
- **Szenario 33% Erdwärme** – 1/3 des Zubaus fällt auf die Erdwärmepumpe, 2/3 auf Luftwärmepumpen.
- **Szenario 50% Erdwärme** – Der Zubau erfolgt gleichverteilt zwischen Erdwärmepumpe und Luftwärmepumpe.

Strombedarf

Der Strombedarf der Luftwärmepumpen ist auf Grund der geringeren Jahresarbeitszahl (JAZ) höher als der Bedarf von Erdwärmepumpen gleicher thermischer Leistung. Ein hoher Anteil an Erdwärmepumpen begründet also einen geringeren Strombezug.

Anteil Erdwärmepumpen am Gesamtbestand	5 Mio. WP	10 Mio. WP	15 Mio. WP
20% Erdwärmepumpe	31,67	63,33	95,00
33% Erdwärmepumpe	30,25	60,50	90,75
50% Erdwärmepumpe	29,17	58,33	87,50

Tabelle 2: Strombedarf Wärmepumpen (TWh/a) – Annahme 10 kW Leistung, 20.000 kWh Wärme, JAZ Luft WP:3, Erd WP: 4

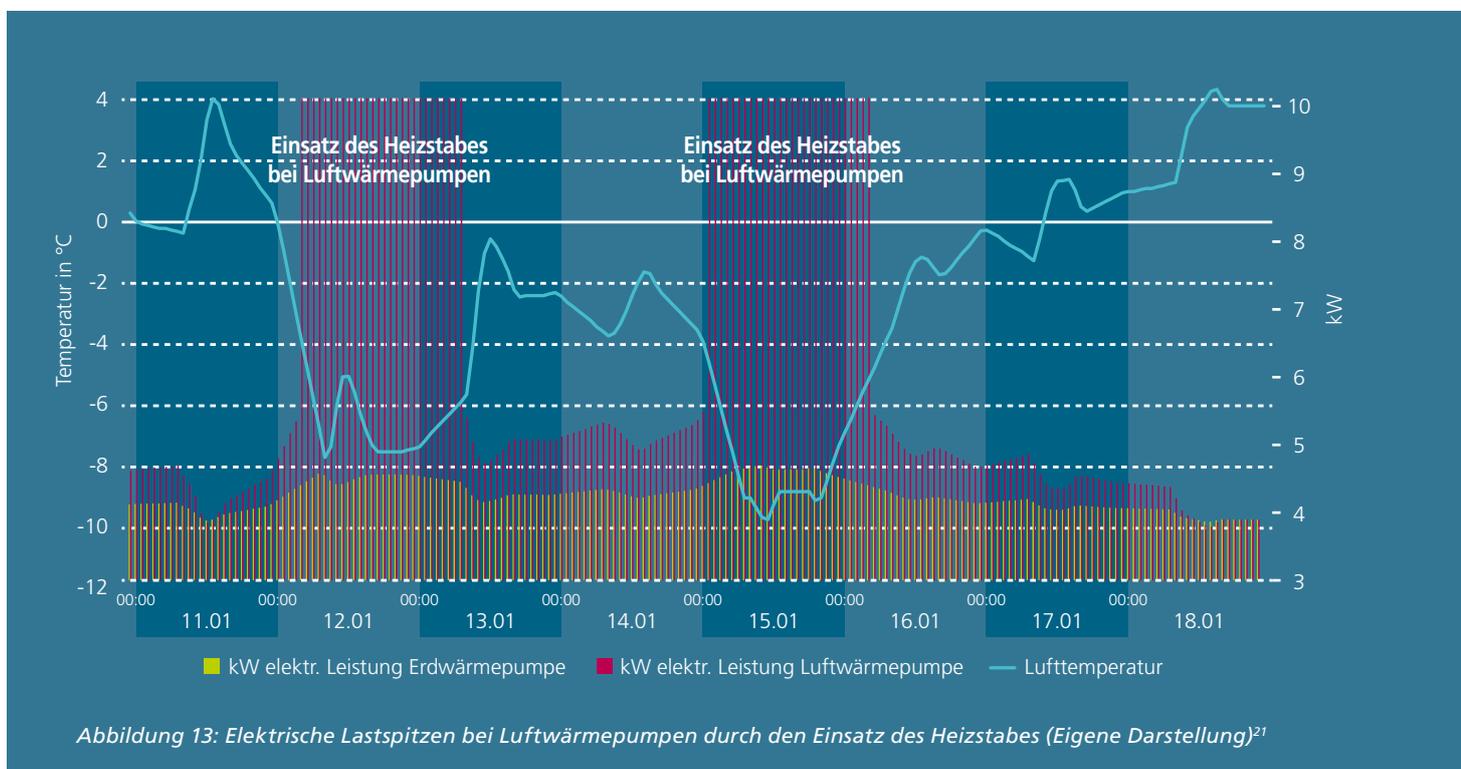


Abbildung 13: Elektrische Lastspitzen bei Luftwärmepumpen durch den Einsatz des Heizstabes (Eigene Darstellung)²¹

²¹ Eigene Berechnungen, Klimadaten: Deutscher Wetterdienst TRY(Testreferenzjahr, Standort Ruhrgebiet), Bivalenzpunkt der Luftwärmepumpe -5°C, Leistung des Heizstabes 10kW, Leistung der Wärmepumpen 20kW

Eine Verschiebung des Anteils an Erdwärmepumpen im Feldbestand von 20% auf 50%, ergäbe bei einem Bestand von 15 Mio. Wärmepumpen eine jährliche Reduzierung des Strombedarfes um 7,5 TWh. Dies entspricht 1,35% des gesamten Bruttostromverbrauchs in Deutschland 2020.²² Zusätzlich reduzieren Erdwärmepumpen die Lastspitzen bei kalten Außentemperaturen, wenn systembedingt die Effizienz der Luftwärmepumpe am niedrigsten ist oder elektrische Heizstäbe die Versorgung übernehmen müssen.

CO₂-Emissionen

Die CO₂-Emissionen, die mit dem Betrieb der Wärmepumpe einhergehen, ergeben sich mittelbar aus den CO₂-Emissionen des elektrischen Stroms, der für den Betrieb der Wärmepumpe notwendig ist, und der Effizienz der Wärmepumpe.

Wie aus Abbildung 14 und Abbildung 15 ersichtlich, benötigen Luftwärmepumpen 33% mehr elektrische Energie und bedingen dementsprechend höhere CO₂-Emissionen.

Im Ergebnis kann durch eine Verschiebung des Feldbestandes von 20% Erdwärmepumpen auf 50% im Jahr 2030 bei 5 Mio. Wärmepumpen 375.000 t CO₂ jährlich eingespart werden. Während im weiteren zeitlichen Verlauf die Einsparmöglichkeiten auf Grund des bessern CO₂-Emissionsfaktors des Strommixes abnimmt, sind die Potenziale innerhalb der nächsten Dekade enorm.

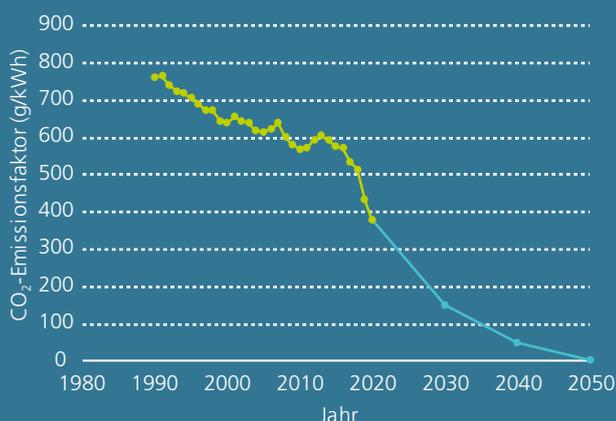


Abbildung 14: CO₂-Emissionen des deutschen Strommixes (Eigene Darstellung)²³

Ausbau von Niedertemperaturwärmernetzen

Für urbane, dichte Bebauungsstrukturen muss die Wärmeversorgung in Zukunft netzgebunden erfolgen, da die örtlichen Gegebenheiten erneuerbare Alternativen praktisch ausschließen.

Erdwärmepumpen können hierfür über zentrale Wärmequellenanlagen erneuerbare Wärme zuverlässig über das gesamte Jahr zur Verfügung stellen.

Besonders für Niedertemperaturnetze der 4. Generation oder für bidirektionale Wärme- und Kältenetze der 5. Generation, vgl. Abbildung 16, bietet sich die oberflächennahe Geothermie als Quelle hervorragend an.

Wärmewende in (teilsanierten) Altbauten

Für eine erfolgreiche Wärmewende, müssen zeitnah verstärkt Bestandsgebäude mit erneuerbaren Heizsystemen ausgestattet werden. Erdwärmepumpen können auch die dann benötigten vergleichsweise hohen Vorlauftemperaturen der bestehenden Heizsysteme mit Radiatoren effizient und wirtschaftlich bereitstellen. Das Ziel der Gebäudesanierung, der Reduzierung des Heizwärmebedarfes, und Erdwärmepumpen ergänzen sich hierbei erheblich.

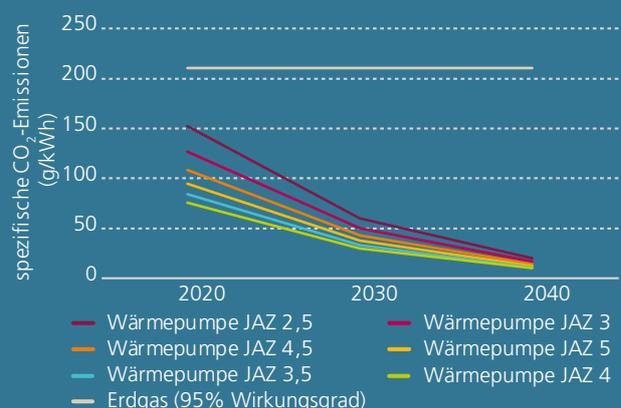


Abbildung 15: CO₂-Emissionen von Wärmepumpen in Abhängigkeit der JAZ (Eigene Darstellung)

²² UBA (Umweltbundesamt) auf Basis AG Energiebilanzen, Tabelle Bruttostromerzeugung in Deutschland, Stand 12/2021

²³ UBA; Prognose ab 2020, Fraunhofer ISE, Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem, 2020

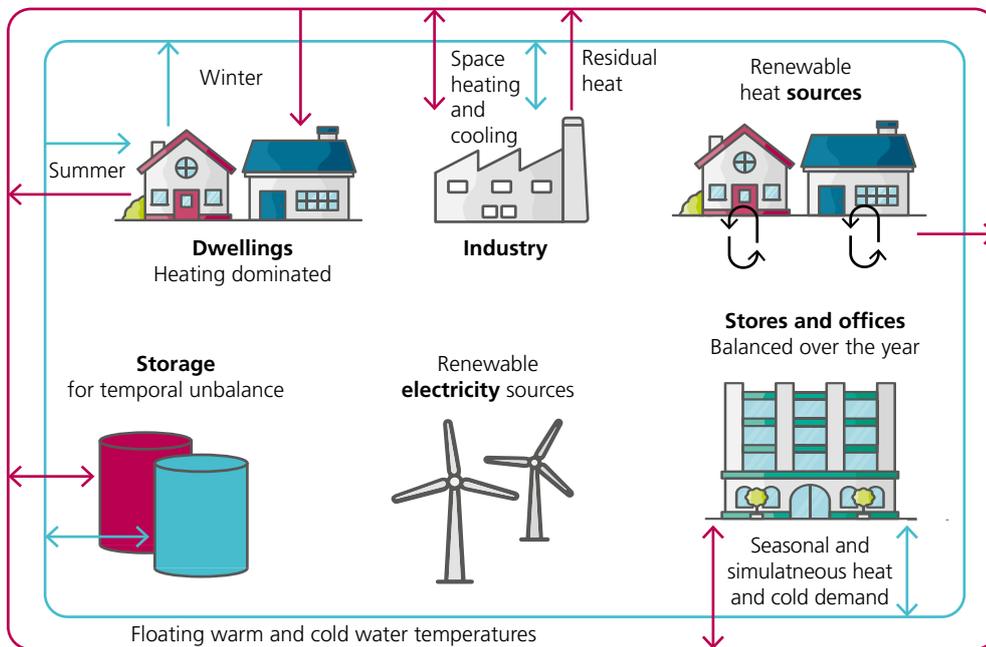


Abbildung 16: Wärme- und Kältenetz der 5. Generation²⁴

Kühlung

In der aktuellen Diskussion über die Wärmewende werden die momentanen und zukünftig steigenden Kühlbedarfe zur Klimatisierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden nur am Rande diskutiert. Erdwärmepumpen können über die passive Kühlung große Teile dieser Kühlenergie äußerst effizient bereitstellen.

Wurden 2005 in Deutschland lediglich ca. 20 TWh/a elektrische Energie für die Gebäudeklimatisierung, hauptsächlich für Raumklimageräte mit elektrischen Kompressoren, genutzt,²⁵ wird der Bedarf vor dem Hintergrund der Klimaerwärmung und den zunehmenden Extremwetterperioden zukünftig steigen. Die Prognosen hierzu divergieren stark, so reicht deren Bandbreite von rund 60 TWh/a²⁶ für das Jahr 2030 bis hin zu der Annahme, dass der Kühlbedarf bis zu 85% des Wärmebedarfes im Jahr 2050 erreichen kann.²⁷ Dies entspräche in Deutschland 340 TWh.

Unterstellt man, dass im Jahr 2030 ca. 25% der Gebäudekühlung über die passive Kühlfunktion der Erdwärmepumpen (Energy Efficiency Ratio (EER) > 25) anstatt über herkömmliche Klimageräte (EER ~ 3) erfolgt, würden in Summe zusätzliche 13,2 TWh/a Strom eingespart und knapp 2 Millionen Tonnen CO₂ weniger emittiert.

Die erfolgreiche Wärmewende erfordert entschlossenes und schnelles Umsteuern. Nur mit einem signifikanten Beitrag und schnellem Zubau von Erdwärmepumpen sind die Ziele zu erreichen. Der Beitrag zur CO₂ Einsparung bei gleichzeitig geringeren Anforderungen an das zukünftige Stromnetz sind die wichtigsten Argumente.

Insbesondere für Bestandsimmobilien, neu zu errichtende Wärmenetze und bei kombiniertem Heizen und Kühlen stellen Erdwärmepumpen das effizienteste und skalierbarste System dar.

²⁴ Boesten et al. (2019) ergänzt von Vera Eizenhöfer

²⁵ UBA - Klimaschutz durch Reduzierung des Energiebedarfs für Gebäudekühlung, 2011

²⁶ ebenda

²⁷ EMPA (CH): Benchmarking cooling and heating energy demands considering climate change, population growth and cooling device uptake, 2021

Hemmnisse und Handlungsnotwendigkeiten

Wie aufgezeigt werden die notwendigen Ziele des Zubauszenarios auf 50% Erdwärme, mit 3 Millionen Erdwärmepumpen bis 2030 und 8 Millionen Anlagen bis 2050, unter den aktuellen Marktbedingungen nicht erreicht. Um die Energie- und Wärmewende erfolgreich zu gestalten, sind folgende Maßnahmen kurz- und mittelfristig notwendig:

Fachkräfte und Kompetenzentwicklung

Für die Planung, Dimensionierung, Erstellung, Installation und Genehmigung geothermischer Wärmepumpensysteme sind entsprechende Kapazitäten und gut aus- oder weitergebildete Fachkräfte für alle notwendigen Prozess- und Arbeitsschritte unabdingbar.

SHK-Gewerk

Aktuell gibt es im SHK-Bereich knapp 400.000 Beschäftigte in Deutschland.²⁸ Die Branche ist – wie viele andere Bereiche des Handwerkes – akut von Fachkräftemangel betroffen. Während im Jahr 2020 der Branche bereits 10.000 Fachkräfte fehlen, steigt die Lücke bis 2030 auf gut 30.000. Zusätzlich verstärken die Anforderungen der Energie- und Wärmewende, wie z.B. auch die Installation und Wartung geothermischer Wärmepumpenanlagen, diesen Mangel um weitere 20.000 Fachkräfte.²⁹ Betrachtet man gesamtgesellschaftlich alle handwerklichen Berufe, so ist das SHK-Handwerk eine der am stärksten vom Fachkräftemangel betroffenen Handwerksbranchen.³⁰

- Zur grundlegenden Überwindung dieses Mangels ist die Umsetzung einer (ggf. auch branchenübergreifenden) Fachkräfteoffensive »Energiewende« für das Handwerk notwendig.

Die duale Ausbildung zum Anlagenmechaniker*in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik ist nach wie vor auf fossile

Heizungssysteme fokussiert. Die Lehrinhalte für nachhaltige, strombasierte Wärmeversorgungsoptionen, wie z. B. Erdwärmepumpen, sind im Vergleich deutlich unterrepräsentiert.³¹

- Es muss eine stärkere Integration von nachhaltigen Wärmeversorgungsoptionen in die duale Ausbildung erfolgen. SHK-Anlagenmechaniker*innen müssen für die Energiewende fit gemacht werden.
- Angebote für die Weiterbildung und Qualifikation der knapp 400.000 handwerklichen Fachkräfte im SHK-Handwerk müssen ausgebaut und gestärkt werden. Die Schulungen sollten auf Basis der VDI Richtlinie 4645 erfolgen.
- Die Weiterbildung muss gesetzlich verankert werden, um die Fachhandwerker ausreichend zu motivieren.

Bohrunternehmen

Der forcierte Ausbau von Erdwärmepumpenanlagen erfordert größere Kapazitäten bei den ausführenden Bohrfirmen, eine Erhöhung der Anzahl installierter Anlagen führt linear zu einer Erhöhung der abzuteufenden Bohrmeter. So erfordern 200.000 zusätzliche Erdwärmepumpen jährlich mehr als 40 Mio. zusätzliche Bohrmeter pro Jahr, d.h. mindestens 2500 zusätzliche Bohrgeräte mit mindestens 6250 Fachkräften müssen verfügbar sein.³²

Bereits heute sind die am Markt agierenden Bohrunternehmen vollständig ausgelastet, Wartezeiten für die Auftraggeber*innen betragen durchschnittlich mehrere Monate. Gleichzeitig haben im Jahr 2020 nur 36 Gesellen*innen die Prüfung zum Brunnenbauer erfolgreich abgeschlossen.³³ Neben dem allgemeinen Nachfragemangel junger Menschen für die Ausbildung, erschweren strukturelle Defizite höhere Absolventenzahlen. Das einzige überbetriebliche Ausbildungszentrum liegt in Bad Zwischenahn (Niedersachsen), die Teilnahme aus entfernten Wohn- und Ausbildungsorten bedeutet für die Auszubildenden einen hohen zeitlichen Aufwand.

²⁸ Zentralverband Sanitär Heizung Klima, 2022

²⁹ Prognos im Auftrag des VdZ – Spitzenverband der Gebäudetechnik: Fachkräftebedarf für die Energiewende in Gebäuden, 2018

³⁰ Kompetenzzentrum Fachkräftesicherung (KOFA), Fachkräfteengpässe in Unternehmen – Fachkräftemangel und Nachwuchsqualifizierung im Handwerk, 2021

³¹ Kultusministerkonferenz: Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Anlagenmechaniker für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik und Anlagenmechanikerin für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik, 2016

³² Eigene Berechnung unter der Annahme, dass je Bohrgerät durchschnittlich 2,5 Fachkräfte erforderlich sind, die in Summe 15.000 Bohrmeter jährlich erstellen können

³³ Bibb DAZUBI: Datenblatt Brunnenbauer/-in, 10/2021



Die Ausbildung von Fachkräften im Sanitär-, Heizungs- und Klima-Handwerk braucht einen Fokus auf die Wärmewende. Im Bohrhandwerk bedarf es mehr überbetrieblicher Ausbildung, einen erleichterten Quereinstieg und einer inhaltlichen Weiterentwicklung der Ausbildungscurricula.

Alternativ dazu kann man über die Fortbildung zur »Fachkraft für geothermische Zwecke und Einbau von geschlossenen Wärmeträger-Systemen« als Quereinsteiger für Bohrunternehmen tätig werden. Die Zugangsvoraussetzungen, je Bundesland teilweise unterschiedlich, hemmen den Quereinstieg unnötig. Eine Anpassung der Zugangsvoraussetzung ist ohne Qualitätsverlust möglich.

- Es muss ein Ausbau, eine Dezentralisierung sowie die Stärkung der überbetrieblichen Ausbildungsstätten erfolgen. Perspektivisch müssen weitere Ausbildungsstätten im Süden / Westen / Osten Deutschlands gegründet werden.
- Die Erleichterungen und die bundesweite Vereinheitlichung für den Quereinstieg müssen umgehend erfolgen, um auch kurzfristig Fachkräfte zu gewinnen und zu entwickeln.
 - Herabsetzung des Mindestalters auf 18 Jahre
 - Maximal 2 Jahre praktische Tätigkeit als Zugangsvoraussetzung, bzw. unmittelbarer Zugang für einschlägige Ausbildungsberufe

Analog zu dem SHK-Handwerk spiegelt die Ausbildungsordnung zum Brunnenbauer die benötigten und zu vermittelnden Kenntnisse für die Erstellung von Bohrungen für geothermische Anwendungen nur unzureichend wider. Eine Anpassung auf die Erfordernisse der Energiewende ist dringend erforderlich.

- Anpassung des Lehrplans für Brunnenbauer³⁴ hinsichtlich der Erneuerbaren Energien; geothermische Aspekte müssen in den Mittelpunkt der Curricula rücken.

Weiterhin müssen die Bohrunternehmen im Rahmen der Qualitätssicherung eine Zertifizierung nach DVGW W120³⁵ haben.

Diese sinnvolle Maßnahme der Qualitätssicherung erschwert den Marktzugang von ausländischen Unternehmen innerhalb der EU.

- Stärkung des EU-Binnenmarktes für ausländische Bohrunternehmen. Bundeseinheitliche Erstellung einer Positivliste, welche ausländische Qualifikationen und Zertifikationen listet, die der DVGW W120 Zertifizierung gleichgestellt sind.

Zur Stärkung der beiden handwerklichen Gewerke (Installation der Wärmepumpe und Erstellung der Bohrung) müssen weiterhin umgesetzt werden:

- Einführung einer monetären Unterstützung der Ausbildungsbetriebe, z.B. über die Einführung einer Ausbildungsprämie.
- Gezielte Ansprache und Motivation von zugewanderten Migranten*innen.

³⁴ Kultusministerkonferenz: Rahmenlehrpläne für die Berufsausbildung in der Bauwirtschaft, 1999

³⁵ DVGW-Arbeitsblatt W-120



Die Vorteile der Erdwärmepumpe haben es noch nicht ins Bewusstsein der Immobilieneigentümer geschafft. Mit einer Modernisierungsoffensive für öffentliche Gebäude sollen Kommunen, Länder und Bund vorgehen und Referenzen für Nachahmer schaffen.

Genehmigungsbehörden

Die Erstellung einer geothermischen Quellenanlage, einer Erdwärmesonde oder einer Brunnenanlage bedarf einer Erlaubnis seitens der zuständigen Genehmigungsbehörde. Bereits heute kommt es zu deutlichen Verzögerungen im Genehmigungsablauf, was zu einem zeitlichen Verzug von bis zu 6 Monaten führen kann.

- Eine vorrausschauende Anpassung der Stellenpläne in den Genehmigungsbehörden muss erfolgen. Die ausgewiesenen Stellen müssen vollständig besetzt werden.
- Um die fachliche Qualität seitens der Genehmigungsbehörde zu garantieren, bedarf es der Definition von inhaltlichen Kompetenzanforderungen für die Stelleninhaber*innen bzw. geeigneter Weiterbildungsangebote.

Planungsbereich

Erdwärmepumpenanlagen mit größeren Leistungen oder kombinierten Heiz- und Kühllasten müssen von fachlich geeigneten Planungs- und Ingenieurbüros dimensioniert werden. Um die am Markt vertretenen Fachbüros mit den Besonderheiten, Unterschieden und Planungsgrundsätzen vertraut zu machen, müssen entsprechende Weiterbildungsangebote in ausreichendem Umfang geschaffen werden. Bisher existieren einzelne Angebote, die in ihrer Quantität nicht ausreichen.

- Schaffung und Etablierung von Weiterbildungsangeboten für Planungsbüros, die diesen ermöglichen, zukünftig Erdwärmepumpenanlagen zu dimensionieren und zu planen.

Ökonomische Aspekte

Die Entscheidung für den Einsatz von Erdwärmepumpensystemen und gegen fossile Heizwärmeerzeuger ist immer auch eine ökonomische Entscheidung. Im Vergleich zu Gasbrennwertheizungen sind die Investitionskosten, vor allem für die Erschließung der Wärmequelle, höher, während sich die Betriebskosten bei den aktuellen Preisentwicklungen für Erdgas und Strom positiv für die Wärmepumpe darstellen. Für die Kompensation der höheren Investitionskosten werden Wärmepumpen über die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) gefördert. Der Umfang der aktuellen Förderkulisse (35% bis 50% Förderung der gesamten Investitionskosten) ist grundsätzlich als ausreichend einzustufen. Um das Hinauszögern geplanter Investitionen zu vermeiden, ist das verlässliche Festschreiben der Förderung über einen längeren Zeitraum zielführend.

Die Betriebskosten der Wärmepumpe werden durch die Abschaffung der EEG-Umlage zum 01.07.2022 reduziert³⁶ und damit eine alte Forderung der Interessensverbände richtigerweise erfüllt.

Um dauerhaft die Umstellung auf ein strombasiertes Heizsystem zu forcieren, sollte der Bezugspreis von Wärmepumpenstrom weiter reduziert werden.

- Umgehende Anpassung der bestehenden Förderkulisse. Keine weitere Förderung fossiler Gasbrennwertheizungen. Eindeutige Fokussierung auf erneuerbare Heizsysteme.
- Etablierung einer langfristig verlässlichen Förderkulisse. Verlässlichkeit fördert Investitionsentscheidungen heute und beschleunigt die Wärmewende.

³⁶ BMWK: Gesetz zur Absenkung der Kostenbelastung durch die EEG-Umlage und zur Weitergabe dieser Absenkung an die Letztverbraucher, 2022

- Entlastung bei dem Bezug von elektrischer Energie für Wärmepumpen forcieren. Eine Mehrwertsteuersenkung oder -befreiung unabhängig von volatilen Erdgas- und Strompreisentwicklungen stellt verlässlich eine Wirtschaftlichkeit sicher und forciert den Umbau von Heizsystemen.

Regulatorischer Rahmen

Die Wärmewende in Deutschland muss durch regulatorische Maßnahmen flankiert werden. Entsprechende restriktive Maßnahmen gegenüber fossilen Heizungen forcieren zwangsläufig erneuerbare Alternativen. Zum Gelingen der Wärmewende und für den weiteren Zubau von Erdwärmepumpenanlagen erfordert es daher

- Das Verbot des Einbaus fossiler Heizungen. Positive Erfahrungen wurden hierzu bereits in Dänemark und den Niederlanden gemacht.³⁷ Die Ankündigung, dass ab 2024 neue Heizungsanlagen zu 65% erneuerbare Energien einsetzen sollen,³⁸ ist ein richtiger Schritt. Es gilt diesen konsequent umsetzen. Perspektivisch ist ein Kompletterverbot deutlich vor 2045 notwendig.
- Darüber hinaus bedarf es eines Fahrplans für die Austauschpflicht bestehender fossiler Heizungen. Dieser ist frühzeitig anzukündigen, ggf. auch monetär weiter zu unterstützen und kann gestuft erfolgen. Für den Zielpfad bis 2045 muss dieser Fahrplan kurzfristig erarbeitet werden.
- Die in Deutschland eingeführte CO₂-Bepreisung ist – auch vor dem Hintergrund der aktuellen Verwerfungen auf dem Energiemarkt – als regulatorisches Steuerungsinstrument konsequent weiter zu verfolgen.

Bewusstseinsbildung und Referenzprojekte

Referenzobjekte und umfangreiche Informationen dienen dazu, die großen Chancen von Erdwärmepumpenanlagen einer breiten Bevölkerung bekannt und bewusst zu machen. Um dieses Ziel zu erreichen, bedarf es

- Der Umsetzung einer umfangreichen Informationskampagne für Verbraucher und Multiplikatoren (z.B. durch die Verbraucherzentralen oder Energieberater).
- Einer Modernisierungsoffensive »Öffentliche Gebäude«. Die öffentlichen Gebäude auf allen Verwaltungsebenen können

als Referenzobjekte für den deutschen Immobilienbestand dienen. Dies steht im Einklang mit den verschiedenen Initiativen des Bundes und der Länder für eine klimaneutrale Verwaltung bis 2030.³⁹

- Einer Initiative »Erdwärmepumpen für die Wohnungswirtschaft«. Bestandsgebäude werden nach wie vor nur zögerlich auf erneuerbare Heizungssysteme umgerüstet. Erdwärmepumpen bieten hier vielfältigere Optionen. Mit den deutschen Wohnungsbaugesellschaften kann ein großer Immobilienbestand adressiert werden. Eine – entsprechend auch finanziell ausgestattete - Initiative ist als Starthilfe notwendig.

Umfassende Datengrundlagen und umsetzungsorientierte Genehmigungsprozesse

Für die Planung und Dimensionierung von Erdwärmepumpenanlagen stellen die einzelnen Bundesländer flächige, kartenbasierte Datengrundlagen zur Verfügung. Die Genehmigungsfähigkeit zur Errichtung von Wärmepumpenanlagen wird heute durch den vermeintlichen Konflikt mit dem Wasserhaushaltsrecht, dessen übergeordnetes Ziel der Schutz der Ressource Grundwasser ist, bestimmt. Es mangelt an nachvollziehbaren und bundeseinheitlichen Auslegungen des Rechtsrahmens, die die Klimaschutzbelange ausreichend würdigen. Um einen umfangreichen Zubau für die Wärmewende zu ermöglichen, ist es notwendig, dass die vorhandenen Datengrundlagen ausgeweitet werden und dass der Genehmigungsprozess inkl. ausgewiesener Restriktionsflächen, transparent, einheitlich und zielorientiert gestaltet wird. Dafür

- Muss der Klimaschutzgedanke ebenso prominent vertreten sein wie der Gewässerschutz. Gewässerschutz und Geothermie schließen sich nicht aus. Die reale Gefahr für das Grundwasser durch den Betrieb von Erdwärmesonden ist sehr gering.
- Müssen die Bundesländer ihre pauschalen weitreichenden Restriktionen generell überdenken, überarbeiten und idealerweise bundesweit vereinheitlichen. Umsetzungsorientierung muss dabei der Leitgedanke sein, technische Neuerungen und Weiterentwicklungen sind anzuerkennen.
- Ist ein einheitlicher Genehmigungsprozess für alle Bundesländer, um für die beteiligten Unternehmen und Bauherren Verlässlichkeit, Planungssicherheit und transparente Vorgaben zu schaffen, zielführend. Ziel müssen einheitliche

³⁷ Agentur für Erneuerbare Energien und Fraunhofer IEE: Kommunale Wärmewende

³⁸ Ergebnis des Koalitionsausschusses vom 23. März 2022: Maßnahmenpaket des Bundes zum Umgang mit den hohen Energiekosten

³⁹ U.a. BMUV, MUKE BW, KNLV NRW



Die Bundesländer sollen ihre pauschalen und weitreichenden Restriktionen überarbeiten, die den Einsatz von Erdwärmepumpen hemmen. Die Genehmigungen müssen nach transparenten Kriterien, zuverlässig und zeitnah erteilt werden. Insbesondere der vorgeschobene Gegensatz von Gewässerschutz und Geothermie entspricht nicht dem Stand der Technik.

rechtssichere Vorgaben für die Genehmigungsbehörden sein, um divergierende Einzelfallentscheidungen zu vermeiden und zeitnahe Genehmigungsverfahren zu ermöglichen.

- Muss die Genehmigungspflicht für Erdwärmepumpen mit bis zu 30 Kilowatt Heizleistung in geologisch und hydrogeologisch unkritischen Bereichen (Standardfall) durch eine Anzeigepflicht ersetzt werden.
- Der dauerhaft planbare Betrieb von Erdwärmepumpen darf nicht durch zeitlich befristete Genehmigungen erschwert werden. Eine langfristige bzw. unbefristete Genehmigung muss der Regelfall sein.
- Vorhandene Einschränkungen, z.B. durch das Standortauswahlgesetz (StandAG) oder die Pflichten aus der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV), sind hinsichtlich ihrer hemmenden Wirkung kritisch zu hinterfragen.
- müssen die vorhandenen Datengrundlagen in ihrem Umfang durch die jeweiligen geologischen Landesdienste weiterentwickelt werden. Analog zum Zertifizierungsumfang des DVGW-Arbeitsblattes W 120-2 müssen diese kurzfristig flächendeckend bis 200 m Tiefe und mittelfristig bis 400 m Tiefe bereitgestellt werden.

Kommunale Wärmeplanung

Die umfangreiche Nutzung des Potenzials von Erdwärmepumpen erfordert flächig eine Verschneidung des konkreten Potenzials und der jeweiligen Wärmebedarfe, inklusive der Planung

von Erschließungskonzepten. Kommunale Wärmepläne sind als Instrument geeignet, zielgerichtet einen verbindlichen Entwicklungspfad zu determinieren.

- Umsetzung und gesetzliche Verankerung einer kommunalen Wärmeplanung in ganz Deutschland.
- Ausweisung von Vorranggebieten für die Nutzung von Erdwärmepumpen. Hier sollte eine Kopplung mit der Anzeigepflicht statt Genehmigungspflicht stattfinden (s.o.)
- Integration von thermischen Bewirtschaftungsplänen für den Untergrund, um eine flächig optimierte Wärmenutzung des Untergrundes zu ermöglichen.

»Wir werden uns für eine flächendeckende kommunale Wärmeplanung und den Ausbau der Wärmenetze einsetzen. Wir streben einen sehr hohen Anteil Erneuerbarer Energien bei der Wärme an und wollen bis 2030 50 Prozent der Wärme klimaneutral erzeugen.«

Koalitionsvertrag – Mehr Fortschritt wagen 2021-2025

Forschung und Entwicklung

Um neben dem Potenzial von 600 TWh/a weitere standort-spezifische oder anlassbezogene Alternativen zu entwickeln, müssen die Einsatzoptionen von Erdwärmepumpen in weiteren Bereichen untersucht, demonstriert und bewertet werden. Es bieten sich Niedertemperaturwärmequellen an, die nur zum Teil geothermischen Ursprungs sind, klassische Erschließungstechnologien mit größerer Tiefe (-> Mitteltiefe Geothermie), solarthermische saisonale Wärmespeicherung und Wärmenetzsysteme mit integrierten Wärmespeichern und mehreren Wärmequellen. Um diese Optionen zu forcieren, müssen folgende Themenfelder weiter untersucht und mit Forschungsprogrammen adressiert werden:

- Untersuchung und Potenzialabschätzung weiterer Wärmequellen mit geothermischem Anteil, z.B. Abwasserkanäle oder Oberflächengewässer (Seen, Flüsse, Kanäle),
- Untersuchung und Demonstration von mitteltiefen Erdwärmepumpenanlagen (~ 400 bis 800 Meter Tiefe)
- Schaffung rechtlicher Steuerungsansätze zur thermischen Bewirtschaftung des Untergrunds zur Wärmespeicherung und netzgebundenen Wärmeversorgung.
- Reallabore »Erdwärmepumpen in Bestandsquartieren« mit und für die Wohnungswirtschaft
- Smarte Regelung und Steuerung komplexer Niedertemperaturnetze mit mehreren Wärmequellen und integrierten Wärmespeichern

Roadmaps

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	
	Marktanreize	Strombezugspreis für Wärmepumpenanlagen	Belastungen und Steuern des Strombezugspreis für Wärmepumpenanlagen reduziert. Großanlagen unterliegen BEW-Förderung		
	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 Wärmeerzeugung
Markt	Wohnungswirtschaft / Immobilienwirtschaft	Projektumsetzung	Zahlreiche Vorzeigeobjekte 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		

Sektor	Roadmap für ...	Aktivität / Indikator	2025	2030	2040+
Kapazität & Akzeptanz	Technologie	Aufbau von Bohrkapazitäten	Positivliste für den Zugang ausländischer Bohrunternehmen im Sinne des EU-Binnenmarktes	> 1.000 zusätzliche Bohrgeräte	> 2.000 zusätzliche Bohrgeräte
	Fachkräfte	Fachkräfte für Bohrunternehmen	Erleichterter Quereinstieg, Umschulungen, Ausbildungsprämie	> 2.500 Personen, Zusätzliche überbetriebliche Ausbildungsstätten dezentral in Deutschland	> 6.000 Personen
		Fachkräfte für Behörden	Planstellen besetzen, Weiterbildungsangebote etablieren	Ausbau Planstellen	
		Fachkräfte für Installationsbetriebe	Weiterbildungsoffensive, Ausbildungsprämie	Verpflichtende Weiterbildung Erdwärmepumpen-Installateure	
		Fachkräfte für Planungsbüros	Weiterbildungsoffensive für TGA-Fachplaner		
	Bildungsprogramm	Curricula für Handwerks-, Technik- und akademische Berufe	Anpassung Aus- und Weiterbildungsprogramme an die Erfordernisse der Wärmewende		
	Akzeptanz	Informationskampagne für Verbraucher und Multiplikatoren	Umfassende Informationskampagne bezüglich der Vorteile und Anwendungsoptionen von Erdwärmepumpen im Neubau und Bestand		
Modernisierungsoffensive »Öffentliche Gebäude«		Erdwärmepumpen werden der Standardfall bei der Sanierung der öffentlichen Verwaltung (klimaneutrale Verwaltung)			
Innovation & Technologie	Potenzialkarten / -abschätzungen	Potenzialabschätzung weiterer geothermischer Niedertemperaturquellen	Musterregionen	Bundesweit flächendeckend	
	Forschungsaktivitäten	Forschungsprogramm Mitteltiefe Geothermie	Untersuchung und Demonstration von mitteltiefen Erdwärmepumpenanlagen (~ 400 bis 800 Meter Tiefe)	Mitteltiefe Geothermie als Standard in innerstädtischen Bereichen etabliert	
		Speicher und Netze	Regelung und Steuerung komplexer Niedertemperaturnetze mit mehreren Wärmequellen und integrierten Wärmespeichern		

Impressum

Herausgeber

Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen
und Geothermie IEG
www.ieg.fraunhofer.de

Prof. Dr. Rolf Bracke
Prof. Dr. Mario Ragwitz

Am Hochschulcampus 1
44801 Bochum

In Kooperation mit

Bundesverbandes Geothermie (BVG)
www.geothermie.de

Bundesverbandes Wärmepumpe (BWP)
www.waermepumpe.de

Erdwärme Gemeinschaft Bayern
www.erdwaermegemeinschaft.de

Juni 2022

DOI

<https://doi.org/10.24406/publica-70>

Bildquellen

Titel: Bundesverband Geothermie
S. 6 Fraunhofer IEG
S. 11 Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.
S. 25 Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.
S. 26 Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.
S. 28 Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.
S. 34 Fraunhofer IEG

Copyright

Alle Inhalte dieser Publikation sind urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der Herausgeber unzulässig und strafbar.

Satz & Layout

con|energy agentur gmbh, Essen
www.conenergy-agentur.de

Korrektorat

Cornelia Lutter, Kosta Schinarakis

