

Briefing**Die Energie aus der Tiefe entfesseln: Mehr Bezahlbarkeit und Resilienz im Wärmesektor durch Erdwärmepumpen****10.02.2026**©picture alliance / dpa / Marius Becker**©picture alliance / dpa / Marius Becker****Hintergrund**

Europas anhaltende Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen untergräbt die Sicherheit, Bezahlbarkeit und Nachhaltigkeit seines Energiesystems. Der [Aktionsplan für erschwingliche Energie](#) der Kommission weist darauf hin, dass dies die Preisvolatilität, die Kosten und die Verwundbarkeit der EU gegenüber externem Druck und globaler Marktunsicherheit erhöht. Anders als im Stromsektor verläuft der Übergang des Wärmesektors zu erneuerbaren Energiequellen vergleichsweise langsam. [Rund 75 %](#) des europäischen Wärmeverbrauchs stammen nach wie vor aus fossilen Brennstoffen.

Erdwärmepumpen und oberflächennahe Geothermie (OGE) könnten den Übergang zu fossilfreiem Heizen unterstützen. Sie sind sicher, da ihr Betrieb unabhängig vom globalen Handel oder kurzfristigen Wetterfluktuationen ist; bezahlbar, da sie langfristig geringe Kosten verursachen; und nachhaltig, da sie minimale Emissionen und regionale Auswirkungen verursachen. Dennoch ist ihr Beitrag zum Wärmesektor aufgrund von Misstrauen und geringer Bekanntheit bei Verbrauchern und politischen Entscheidungsträgern [nach wie vor gering](#).

Dieses Briefing stellt die Funktionsweise von Erdwärmepumpen unter Nutzung oberflächennaher Geothermie sowie ihr Potenzial und ihre Entwicklung in Europa vor. Darüber hinaus werden ihre Vorteile sowie die Herausforderungen beleuchtet, die einer breiteren Anwendung entgegenstehen. Abschließend werden Maßnahmen diskutiert, die zu einer umfassenderen und sozial gerechteren Nutzung der Wärmequelle beitragen könnten.

Funktionsweise und Anwendung

Wärmepumpen funktionieren ähnlich wie Kühlschränke, indem sie Wärme von einem Ort zum anderen übertragen. Genauer gesagt transportieren sie Umweltwärme in Gebäude, um diese zu heizen, oder sie entziehen Gebäuden Wärme, um diese zu kühlen. Sie können mehrere kWh Wärme für jede kWh Strom liefern, die sie benötigen. Ihre Effizienz hängt jedoch erheblich von den Umweltbedingungen ab: Je größer der Temperaturunterschied, den sie überbrücken müssen, desto mehr Strom verbrauchen sie (Figueira et al., [2024](#)).

Die meisten heute installierten Wärmepumpen nutzen die Außenluft als Wärmequelle. Wie Figueira et al. ([2024](#)) hervorheben, wirken die saisonalen Temperaturen bei diesen Konfigurationen gegen die Wärmepumpen: Im Sommer müssen die Pumpen mit warmer Luft kühlen und im Winter mit kalter Luft heizen.

Hier kommt die oberflächennahe Geothermie (SGE) ins Spiel. SGE bezeichnet Wärme, die aus (hydro-)geologischen Formationen bis zu einer Tiefe von einigen hundert Metern gewonnen wird. Diese Formationen halten das ganze Jahr über stabile Temperaturen von typischerweise bis zu 25 °C, unabhängig von der Saison. Zudem übertragen sie Wärme effektiver als Luft, was effizientere Wärmepumpensysteme ermöglicht (Menberg et al., [2025](#)).

OGE unterscheidet sich von tiefer Geothermie, die aus geothermischen Quellen stammt, die so heiß sind, dass sie direkt zur Wärmenutzung ohne Wärmepumpen oder zur Stromerzeugung genutzt werden können. Der Zugang zu ausreichend heißen geologischen Formationen erfordert in der Regel Bohrungen von mindestens 3000 Metern Tiefe, was wirtschaftlich in vielen Fällen unpraktikabel ist (IEA, [2024](#)). Die höchsten installierten Kapazitäten finden sich in Regionen, in denen Wärme aufgrund geologischer Anomalien näher an der Oberfläche liegt, wie z. B. Island, Westanatolien (Türkei) oder die Toskana (Italien) (IPCC, [2011](#); Dulian, [2022](#)).

Ein Wärmepumpensystem, das OGE nutzt, wird als Erdwärmepumpe bezeichnet. Es besteht aus einer Erdwärmeschleife, die Wärme aus dem Boden entzieht, und einer Wärmepumpe. Erdwärmeschleifen können sogenannte Closed-Loop- oder Open-Loop-Systeme sein. Closed-Loop-Systeme sind Rohrleitungen, durch die Wasser oder ein Kühlmittel fließt, um Wärme mit dem Boden auszutauschen. Diese Systeme können sowohl horizontal als auch vertikal installiert werden. Open-Loop-Systeme bestehen aus vertikalen Rohren, die Wasser direkt aus Grundwasserleitern entziehen und wieder einspeisen (Menberg et al., [2025](#)).

In Regionen, in denen sowohl im Winter geheizt als auch im Sommer gekühlt wird, sind Erdwärmepumpen besonders effektiv. Im Winter entziehen sie kontinuierlich Wärme aus dem Boden und im Sommer geben sie Wärme wieder an ihn ab. Ihre Heizung basiert also auf Formationen, die im Sommer erwärmt werden, und umgekehrt (Menberg et al., [2025](#)). Dieses Prinzip wurde beispielsweise am Flughafen Schiphol in Amsterdam angewendet, wodurch der gesamte Gasverbrauch des Flughafens im Jahr 2022 um 90 % reduziert werden konnte (AMS Schiphol, [o. J.](#)).

Erdwärmepumpensysteme sind an spezifische Umwelt- und städtische Anforderungen anpassbar. Sie können als eigenständige Einheiten für einzelne Nutzer oder als

großflächige Anbieter für Fernwärmenetze konzipiert werden. Ein Beispiel für ein großflächiges System ist das Mijwater-Projekt in Heerlen, Niederlande. Dieses nutzt ehemalige Kohlebergwerke als kollektive oberflächennahe geothermische Quellen für einen gesamten Stadtbezirk (Mijwater, [o. J.](#)).

Das Wärmenetz in diesem Projekt nutzt die vielfältigen thermischen Bedürfnisse des Stadtteils: Rechenzentren benötigen Kühlung, Haushalte benötigen Wärme. Das Netz verbindet diese unterschiedlichen Anforderungen, um die Gesamteffizienz zu steigern.

Wie bei den Bergwerken im Heerlen-Projekt kann OGE auch in bestehende unterirdische Infrastruktur, beispielsweise Tunnel, Gebäudefundamente oder Abwasserleitungen, integriert werden. Dadurch lassen sich die Aufbaukosten teilen und reduzieren. Dieser Ansatz ist jedoch technisch anspruchsvoll (Figueira et al., [2024](#)).

Erdwärmepumpen in Europa

Potential

Erdwärmepumpen arbeiten am effektivsten dort, wo der Untergrund Wärme transportiert. Europas Grundwasserkörper, insbesondere in Nord- und Westeuropa, sind im Allgemeinen ausgezeichnete Wärmeleiter. Daher berechneten Menberg et al. ([2025](#)) ein großes Gesamtpotenzial für den Kontinent. Die Autoren betonen jedoch, dass das tatsächliche lokale Potenzial von mehreren Faktoren abhängt, die bei kontinentweiten Bewertungen nicht berücksichtigt werden.

Beispielsweise gibt es oft Platzbeschränkungen. Horizontale Wärmesammler benötigen viel Fläche, und für die Installation vertikaler Sammler wird Platz für eine Bohranlage benötigt. Generell muss genügend Abstand zwischen den Sammlern bestehen, damit sie sich nicht gegenseitig beeinträchtigen. Außerdem könnte bei zu vielen Nachbarn mit offenen Systemen der Grundwasserspiegel absinken. Dies muss verhindert werden, um die Trinkwasserversorgung zu sichern und ein Absinken des Bodens zu vermeiden. Zudem muss die Wärme in der Nähe des Verbrauchers erzeugt werden, da der Transport teuer ist. Gute geologische Bedingungen sind also nur dann von Nutzen, wenn sie in der Nähe von Haushalten oder Industriebetrieben liegen, die die Energie nutzen können. (Menberg et al., [2025](#)).

Um diese Einschränkungen zu berücksichtigen, ist es sinnvoll, lokale Studien heranzuziehen. Auch diese errechnen ein großes Potenzial für mit OGE betriebene Wärmepumpen. So wurde beispielsweise festgestellt, dass zwischen 44 % und 93 % aller Wohngebäude in Baden-Württemberg mit Erdwärmepumpen beheizt werden könnten, abhängig von ihrem Renovierungszustand (Miocic & Krecher, [2022](#)). Eine andere Studie ergab, dass Erdwärmepumpen etwa 60 % des Heiz- und Kühlbedarfs von Westschweiz decken könnten. Würden sie im Rahmen einer Fernwärmeversorgung eingesetzt, könnten geringere Platzbeschränkungen und höhere Effizienz sogar eine Versorgung von nahezu 90 % ermöglichen (Walch et al., [2022](#)).

Entwicklung

Laut Berichten, die auf dem European Geothermal Congress 2022 vorgestellt wurden (Sanner et al., [2022](#)), ist OGE der dominierende geothermische Energiesektor in Europa.

Sie verfügt über eine insgesamt installierte Leistung von 44 GW in Europa (EGEC, [2025a](#)) und hat einen höheren Marktanteil im geothermischen Sektor als die tiefe Geothermie. Die meisten betriebenen Erdwärmepumpensysteme befinden sich in Schweden, gefolgt von Deutschland, Frankreich und Finnland. Die meisten 2021 neu installierten Systeme entfielen mit weitem Abstand auf Deutschland, gefolgt von Schweden, Finnland und Polen. Deutschland wies eine außergewöhnlich hohe Wachstumsrate für ein Land mit einem bereits etablierten Markt auf. Nach Sanner et al. ([2022](#)) ist dies auf günstige Marktbedingungen und unterstützende politische Maßnahmen zurückzuführen.

Vorteile von Erdwärmepumpen

Wirtschaftlichkeit und Anpassungsfähigkeit

Im Jahr 2021 bewertete die Internationale Energieagentur (IEA) die Heizkosten verschiedener Technologien, darunter Gas- und Pelletheizungen sowie unterschiedliche Solarthermie- und Wärmepumpensysteme, in mehreren europäischen Ländern und Kanada. Dabei berechneten sie die Wärmegestehungskosten, also die gesamten Investitions- und Betriebskosten geteilt durch die gesamte Wärmeerzeugung.

Obwohl Erdwärmepumpen hohe Anfangsinvestitionen erfordern, berechnete die IEA niedrigere Kosten als für alle anderen betrachteten Technologien. Über die Lebensdauer hinweg sind Erdwärmepumpen somit die kostengünstigste Heizoption (IEA, [2021](#)). Dies liegt daran, dass eine Erdwärmeschleife nach der Installation 50 Jahre oder länger betrieben werden kann. Damit bietet sie eine langfristige Basis für energieeffizientes Heizen mit geringem Strombedarf und ohne Brennstoffkosten.

Die Einführung eines CO₂-Preises für das Heizen über das ETS2 ab dem Jahr 2028 wird dazu führen, dass fossile Brennstoffe teurer werden. Dies wird die Wettbewerbsfähigkeit strombasierter Technologien wie Erdwärmepumpen weiter erhöhen. Die deutsche Verbraucherzentrale berechnete, dass ein typischer Gasheizkessel in einem Einfamilienhaus über seine 20-jährige Lebensdauer bis zu 9.500 € an CO₂-Kosten akkumulieren könnte. Jede Erhöhung der fossilen Brennstoffpreise und jede Senkung der Strompreise steigert die Wettbewerbsfähigkeit von Erdwärmepumpen (Bäumer, [2025](#)).

Erdwärmepumpensysteme werden noch kosteneffizienter, wenn sie über Energienetze verbunden werden. Werden mehrere Wärmepumpen an einen gemeinsamen Kollektor angeschlossen oder versorgt eine Wärmepumpe mehrere Nutzer, können die Investitionskosten geteilt und durch Skaleneffekte reduziert werden. Dies eröffnet Möglichkeiten für verschiedene Geschäftsmodelle und gemeinschaftsbasierte Ansätze. Neben der Kostensenkung erhöhen netzbasierte Systeme die Resilienz, indem sie individuelle Lastschwankungen über ein großes System verteilen. Sie ermöglichen zudem eine effektive Versorgung in dicht besiedelten Gebieten, in denen nicht genügend Platz für individuelle Systeme vorhanden ist (Figueira et al., [2024](#)).

Geopolitische Resilienz und Netzstabilisierung

Öl und Gas werden größtenteils aus Nicht-EU-Ländern importiert. Anders als diese Energieträger ist OGE unabhängig vom internationalen Handel und geopolitischen Instabilitäten. Erdwärmepumpen tragen darüber hinaus bei steigendem Anteil erneuerbarer Energiequellen im Energiesystem zur Netzstabilität bei: Da Gebäude Wärme über einen gewissen Zeitraum speichern, muss diese nicht ständig erzeugt werden. Eine intelligente Erdwärmepumpe kann dann eingeschaltet werden, wenn Solar- und Windkraftanlagen viel Energie erzeugen, und ausgeschaltet werden, wenn dies nicht der Fall ist (Marijanovic et al., [2022](#); Smart Energy Europe & DNV, [2022](#)).

Umwelt und Gesundheit

Die Nutzung von OGE verursacht nur geringe Umweltbelastungen, da sie nur wenige Treibhausgase freisetzt und die Bodentemperatur nur minimal beeinflusst. Sie ermöglicht zudem eine effiziente Elektrifizierung des Wärmesektors (Menberg et al., [2025](#)), indem Gas-, Öl- oder Holzheizkessel ersetzt werden. Dadurch werden die gesamten Treibhausgasemissionen und die lokale Luftverschmutzung, die durch den Wärmesektor verursacht werden, reduziert.

Umweltrisiken

Temperaturschwankungen, die durch OGE verursacht werden, können physikalische, chemische, mikrobiologische und ökologische Prozesse im Untergrund verändern. In den meisten Fällen bleiben die Veränderungen jedoch bei Temperaturen unter 45 °C gering. Diese Temperaturen werden in geologische Formationen durch OGE nicht erreicht. Es gibt jedoch einige Auswirkungen, die auch unter 45 °C auftreten können und in der Politik berücksichtigt werden müssen (Menberg et al., [2025](#)):

- Das Gleichgewicht natürlicher chemischer Reaktionen im Boden kann sich leicht verschieben, wodurch die Schwermetallkonzentration in Sedimenten und Grundwasser ansteigen kann.
- Die Wasserentnahme und -einspeisung in offenen Kreisläufen kann zu Wasserverlusten führen und den Grundwasserspiegel senken.
- Einige Mikroorganismen, insbesondere Amphipoda, können beeinträchtigt werden.

Im Vergleich zu fossilen Brennstoffen sind diese Auswirkungen gering. Da sie jedoch die Verfügbarkeit und Qualität von Trinkwasser betreffen, muss die Regulierung sorgfältig gestaltet werden, um Schäden zu verhindern.

Soziale und wirtschaftliche Hürden

Während Erdwärmepumpensysteme technologische Chancen bieten, bestehen erhebliche soziale und wirtschaftliche Hürden für ihren Einsatz. Die Untersuchung dieser Faktoren ist besonders relevant, da sie eine zentrale Rolle für die Anwendbarkeit und die soziale Gerechtigkeit der Technologie spielt.

Anfangsinvestitionen

Obwohl Erdwärmepumpen langfristig wirtschaftlich vorteilhaft sind, stellen ihre hohen Anfangsinvestitionen eine wesentliche Herausforderung dar. Vertikale Kollektoren, die weniger Platz benötigen und daher weiterverbreitet installiert werden können als horizontale, erfordern besonders hohe Investitionen. Viele der Länder mit der höchsten Nutzung von OGE haben Förderprogramme, um die Anfangsinvestitionen zu unterstützen (z. B. Schweden, Deutschland, Schweiz und Österreich) (Aridi et al., [2025](#)).

Soziale Gerechtigkeit

Aufgrund der hohen Anfangsinvestitionen werden Erdwärmepumpen oft als Luxustechnologie betrachtet, die vor allem für Einfamilienhäuser relevant ist (Goetzl et al., [2018](#)). Die Zugänglichkeit für unterschiedliche sozioökonomische Gruppen bleibt eine zentrale Herausforderung (Aridi et al., [2025](#)).

Das französische Förderprogramm „MaPrimeRénov“ unterstützt dazu einkommensschwache Haushalte gezielt, indem es Zuschüsse für Wärmepumpen entsprechend des Haushaltseinkommens gewährt. Ein Haushalt außerhalb der Île-de-France mit zwei Kindern und einem steuerbaren Einkommen von etwa 28.000 € pro Jahr kann beispielsweise einen Zuschuss von 11.000 € sowie einen zusätzlichen Bonus für Energieeinsparungen erhalten. Insgesamt beträgt die kombinierte Förderung somit rund 16.200 €, was den Großteil der Geräteinvestition von rund 14.000 bis 18.000 € und in manchen Fällen einen Teil der gesamten Installationskosten abdeckt (Defougères, [o. J.](#)).

Neben gezielten Förderprogrammen könnte auch der Fokus auf kollektive Systeme mit Wärmenetzen den Zugang für einkommensschwache Haushalte verbessern. Diese erlauben es, die Investitionskosten zu skalieren und auf mehrere Haushalte zu verteilen, wodurch sich die Kosten erheblich senken (Figueira et al., [2024](#)).

Auf EU-Ebene gibt es dazu verschiedene Förderprogramme. Beispielsweise enthält das Arbeitsprogramm 2025–2026 von Horizon Europe (Cluster 5) spezifische Ausschreibungen für unterirdische thermische Energiespeicher (UTES) in dicht besiedelten städtischen Gebieten und finanziert ausdrücklich die Integration von OGE in städtische Versorgungsinfrastrukturen, U-Bahnen und Gebäudefundamente (Europäische Kommission, [2025a](#)).

Ein weiteres Beispiel ist das LIFE-Programm, das Ausschreibungen zur Unterstützung von Fernwärme- und Kältenetzen umfasst. Dieses Programm verlangt, dass Projekte mindestens 50 % erneuerbare Energie nutzen; OGE wird ausdrücklich als Schlüsseltechnologie genannt, um die Kriterien für effiziente Fernwärme zu erfüllen (Europäische Kommission, [2025b](#)).

Ein Beispiel für nationale Gesetzgebung, die OGE unterstützt, ist das deutsche Wärmeplanungsgesetz. Dieses Gesetz verpflichtet Gemeinden mit mehr als 100.000 Einwohnern, bis 2026 einen Wärmeplan zu entwickeln. Wärmepläne sollen das Bewusstsein für verfügbare Chancen erhöhen und einen Rahmen für Fernwärmenetze schaffen.

Neben finanzieller Förderung könnte politische Kommunikation, die die langfristigen Kostenvorteile betont (IEA, [2021](#)) das Bild von OGE als Luxus-Energiequelle weitergehend verändern und die Zugänglichkeit fördern.

Akzeptanz und politische Aufmerksamkeit

In einer Fallstudie in den Niederlanden stellten Liu et al. ([2025](#)) fest, dass die persönliche Bewertung von Erdwärmepumpen sowie die Bewertung durch das soziale Umfeld für die Nutzungsabsicht wichtiger sind als die finanziellen Mittel. Die öffentliche Akzeptanz ist daher ein Schlüsselfaktor für die Einführung von Erdwärmepumpensystemen. Begrenztes Wissen bei Entscheidungsträgern und der Öffentlichkeit verringert die Akzeptanz trotz der damit verbundenen gesundheitlichen, ökologischen und lokalen wirtschaftlichen Vorteile (Aridi et al., [2025](#); Liu et al., [2025](#)). Frühzeitige Einbindung von Stakeholdern und transparente Kommunikation können die Akzeptanz positiv beeinflussen (Reith et al., [2013](#)).

Ein breiteres Bewusstsein für Erdwärmepumpen ist auch deshalb wichtig, weil gemeinschaftliche Ansätze mit Wärmenetzen eine komplexe Planung und Entscheidungsfindung erfordern. Viele Stakeholder berichteten über Probleme aufgrund geringer Berücksichtigung der Technologie in der Politikgestaltung. Beispielsweise wird OGE bei Strategien zur Gebäudesanierung oft übersehen (Figueira et al., [2024](#)).

Darüber hinaus sind die Vorschriften zu den durch SGE verursachten Temperaturschwankungen im Boden uneinheitlich. In Deutschland sind diese beispielsweise strenger als in anderen europäischen Ländern und überschreiten die Empfehlungen ökotoxikologischer Studien. In anderen Ländern fehlen Vorschriften hingegen komplett, was die ökologische Integrität und die Qualität des Trinkwassers beeinträchtigen könnte (Mehnberg et al., [2025](#)).

Fazit: Erkenntnisse für politisches Handeln

- Erdwärmepumpen sind oft die kosteneffektivsten Optionen zum Heizen und Kühlen und verursachen nur minimale Umweltbelastungen. Die Technologie ist jedoch wenig bekannt, es gibt zu wenige Planer und Installateure und außerdem herrscht ein allgemeines Misstrauen. Politische Kommunikation sollte die potenziellen ökologischen, wirtschaftlichen und gesundheitlichen Vorteile von Erdwärmepumpen hervorheben, um eine breitere Anerkennung zu ermöglichen. Dies könnte auch zu einer positiven Haltung zur Wärmewende beitragen.
- Aufgrund der hohen Anfangsinvestitionen erfordert die Nutzung oberflächennaher Geothermie finanzielle Unterstützung. Betrachtet man jedoch die Investitions- und Betriebskosten über die Lebensdauer hinweg, liefern Erdwärmepumpen günstigere Wärme als andere erneuerbare und fossile Alternativen, sodass sich die Investition amortisiert. Fördermechanismen können daher gerade für wohlhabende Haushalte so gestaltet werden, dass sie die Investition unterstützen, aber nicht die gesamten Kosten abdecken. Dies könnte beispielsweise über zinsfreie Darlehen erfolgen, wie sie bereits in einigen EU-Ländern wie Deutschland, Spanien oder Italien umgesetzt

werden (REGEOCITIES, [o. J.](#)). Direkte Zuschüsse ohne Rückzahlungsverpflichtung sollten hingegen gezielt einkommensschwachen Haushalten zugutekommen.

- Gegenwärtig werden Erdwärmepumpen hauptsächlich als Einzelsysteme in Einfamilienhäusern eingesetzt. Die Einführung von Fernwärmenetzen könnten die Systemkosten senken und ihre Nutzung in dicht besiedelten Nachbarschaften ermöglichen. Gemeinschaftliche Ansätze sind somit sowohl für soziale Gerechtigkeit als auch für den breiten Einsatz von Erdwärmepumpen wichtig. Sie ermöglichen es Mietern und einkommensschwächeren Haushalten, Zugang zu der kostengünstigen Technologie und den damit verbundenen wirtschaftlichen Förderungen zu erhalten. Der Aufbau von Fernwärmenetzen erfordert jedoch eine komplexe Organisation zwischen verschiedenen Sektoren und Stakeholdern und bedarf unterstützender politischer Rahmenbedingungen. Aufgrund des erheblichen sozialen Potenzials gemeinschaftlicher Heizansätze müssen bestehende Förderprogramme genau auf ihre Effektivität überprüft und erweitert werden.
- Die bestehenden Vorschriften zur Nutzung von SGE unterscheiden sich stark von Land zu Land und entsprechen oft nicht den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen. Wissenschaftlich fundierte, EU-weite einheitliche Vorschriften könnten die Sicherheit von SGE erhöhen, Vertrauen aufbauen und Planung sowie Umsetzung beschleunigen.
- Nach einer Pressemitteilung des European Geothermal Energy Councils (EGEC [2025b](#)) plant die Europäische Kommission, 2026 eine Europäische Strategie und einen Aktionsplan für geothermische Energie zu veröffentlichen. Unter anderem fordert der Verband, dass der Vorschlag ein EU-weites Ziel von 250 GW geothermischer Kapazität bis 2040, gezielte Finanzinstrumente zur Hebelung privaten Kapitals, effizientere Genehmigungsverfahren sowie leichteren Zugang zu Markt- und Geologiedaten enthalten soll (EGEC, [2025a](#)).

Verfasst von **Sven Kock**, Praktikant im FES-Kompetenzzentrum für Klima und soziale Gerechtigkeit

Der Autor bedankt sich bei **Stephan Thalsofer**, **Reggina Dimitrisina** und **Claudia Detsch** für ihre wertvollen Anregungen und fachlichen Beiträge während der Erstellung dieses Briefings.

Quellen

- AMS Schiphol. (o. J.). Thermal energy storage at the airport. <https://www.schiphol.nl/en/sustainability/at-the-airport/sustainable-climate-control-at-the-airport/>

- Aridi, M., Maalouf, E., Yehya, A., & Aridi, R. (2025). Sustainability challenges and opportunities of shallow borehole geothermal systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 224, Article 116102. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.116102>
- Bäumer, A. (2025, November 19). Heat pumps: Phases of transition differ strongly among countries in Europe. Heinrich-Böll-Stiftung. <https://eu.boell.org/en/2025/11/19/heat-pumps-phases-transition-differ-strongly-among-countries-europe>
- Defougères, C. (o. J.). Les aides pour une pompe à chaleur géothermique en 2026. *Quelle Énergie*. Abgerufen am 16. Januar 2026 von <https://www.quelleenergie.fr/economies-energie/pompe-chaleur-geothermique/aides-subventions>
- Dulian, M. (2023, October 26). Geothermal energy in the EU (EPRS briefing Nr. 754566). European Parliamentary Research Service. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/754566/EPRS_BRI\(2023\)754566_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/754566/EPRS_BRI(2023)754566_EN.pdf)
- European Commission. (2025a, April 28). Underground Thermal Energy Storage in dense urban areas [Webseite]. CORDIS. Abgerufen am 10. Februar 2026 von https://cordis.europa.eu/programme/id/HORIZON_HORIZON-CL5-2026-02-D3-22
- European Commission. (2025b, July 17). Supporting district heating and cooling networks [Webseite]. CINEA. Abgerufen am 10. Februar 2026 von https://cinea.ec.europa.eu/funding-opportunities/calls-proposals/supporting-district-heating-and-cooling-networks_en
- European Geothermal Energy Council. (2025a, December 5). The European geothermal strategy and action plan: Making Europe competitive, secure and affordable. <https://www.egec.org/policy-documents/european-geothermal-strategy-and-action-plan/>
- European Geothermal Energy Council. (2025b, March 17). Dan Jørgensen, Commissioner for Energy and Housing, confirms the Geothermal Action Plan will be published in Q1 2026. <https://www.egec.org/media-publications/dan-jorgensen-commissioner-for-energy-and-housing-confirms-the-geothermal-action-plan-will-be-published-in-q1-2026/>
- Eurostat. (2025, March 5). EU renewable energy for heating and cooling reaches 26%. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20250305-1>
- Figueira, J. S., Gil, A. G., Vieira, A., Michopoulos, A. K., Boon, D. P., Loveridge, F., Cecinato, F., Götzl, G., Epting, J., Zosseder, K., Bloemendal, M., Woods, M., Christodoulides, P., Vardon, P. J., Borg, S. P., Poulsen, S. E., & Andersen, T. R. (2024). Shallow geothermal energy systems for district heating and cooling networks: Review and technological progression through case studies. *Renewable Energy*, 236, 121436. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.121436>
- Goetzl, G., Heiermann, M., Kłonowski, M., & the GeoPLASMA-CE Team. (2018). Joint report on the user demands and barriers for the implementation of shallow geothermal methods in energy planning strategies (Deliverable D.T4.1.2). Interreg Central Europe.

- International Energy Agency. (2024). The Future of Geothermal Energy. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-geothermal-energy>
- International Energy Agency. (2021, November 29). Levelized cost of heating (LCOH) for consumers for selected space and water heating technologies and countries. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/levelized-cost-of-heating-lcoh-for-consumers-for-selected-space-and-water-heating-technologies-and-countries>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2011). IPCC special report on renewable energy sources and climate change mitigation (O. Edenhofer et al., Hrsg.). Cambridge University Press.
- Liu, Z., Qian, Q. K., Li, B., Jin, C., & Visscher, H. (2025). Dutch householders' intentions to adopt shallow geothermal systems for energy transition of existing buildings: A theory of planned behavior approach. *Energy and Buildings*, 347, Article 116386. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.116386>
- Marijanovic, Z., Theile, P., & Czock, B. H. (2022). Value of short-term heating system flexibility—A case study for residential heat pumps on the German intraday market. *Energy*, 249, 123664. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123664>
- Menberg, K., Hemmerle, H., Bayer, P., Bott, C., Bidarmaghzi, A., Ferguson, G., Bloemendal, M., & Blum, P. (2025). Opportunities, benefits and impacts of shallow geothermal energy. *Nature Reviews Earth & Environment*, 6(12), 808–823. <https://doi.org/10.1038/s43017-025-00736-0>
- Miocic, J. M., & Krecher, M. (2022). Estimation of shallow geothermal potential to meet building heating demand on a regional scale. *Renewable Energy*, 185, 629–640. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.12.095>
- Mijwater. (o. J.). Warmte en koude [Webseite]. Abgerufen am 23. Januar 2026 von <https://mijwater.com/warmte-koude/>
- REGEOCITIES. (o. J.). Financing shallow geothermal projects: Factsheets on geothermal heat pumps. Abgerufen am 23. Januar 2026 von <http://ubeg.de/Regeocities/Factsheet-Financing.pdf>
- Reith, S., Kölbel, T., Schlagermann, P., Pellizzone, A., & Allansdottir, A. (2013). Public acceptance of geothermal electricity production (GEOELEC Deliverable Nr. 4.4).
- Sanner, B., Antics, M., Baresi, M., Urchueguía, J. F., & Dumas, P. (2022, October 17–21). European geothermal summary 2022 [Konferenzbeitrag]. Proceedings of the European Geothermal Congress 2022, Berlin, Deutschland. https://geothermieschweiz.ch/wp_live/wp-content/uploads/2022/12/00-EUROPEAN-SUMMARY-EGC-2022-country-updates.pdf
- Smart Energy Europe, & DNV. (2022). Demand-side flexibility in the EU: Quantification of benefits in 2030.
- Walch, A., Li, X., Chambers, J., Mohajeri, N., Yilmaz, S., Patel, M., & Scartezzini, J. L. (2022). Shallow geothermal energy potential for heating and cooling of buildings with regeneration under climate change scenarios. *Energy*, 244, Article 123086. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.123086>