

Tiefengeothermie EINMALIGE CHANCE FÜR DIE REGION

*Die wichtigsten Fakten zum
regionalen Wärmeausbau im
Landkreis Karlsruhe*



**Finanziert von der
Europäischen Union**
NextGenerationEU

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Von Ihren verlässlichen Partnern in der Region:

- Stadtwerke Bretten
- Stadtwerke Bruchsal
- Stadtwerke Ettlingen
- BBK Energie
- Stadt Bretten
- Stadt Bruchsal
- Stadt Stutensee
- Umwelt- und Energieagentur Kreis Karlsruhe GmbH
- Gemeinde Dettenheim
- Gemeinde Forst
- Gemeinde Gondelsheim
- Gemeinde Graben-Neudorf
- Gemeinde Hambrücken
- Gemeinde Karlsdorf-Neuthard
- Gemeinde Ubstadt-Weiher

Inhaltsverzeichnis

1. Regionaler Wärmeausbau im Landkreis Karlsruhe	3
1.1 Wie kann die Wärmewende im Landkreis Karlsruhe gelingen?	4
1.2 Warum Tiefengeothermie nutzen?	5
1.3 Was ist der regionale Wärmeverbund?	6
1.4 Welche Kosten entstehen?	9
1.5 Welche Vorteile bietet ein Wärmenetz?	9
1.6 Wie viel CO ₂ -Kosten und CO ₂ -Emissionen können eingespart werden?	10
1.7 Wie hoch ist der Eigenstromverbrauch eines Fernwärmenetzes? Wie wird der Primärenergiefaktor sein?	11
2. Blick in die Region und darüber hinaus	12
2.1 Wie positioniert sich die Region Mittlerer Oberrhein?	12
2.2 Was machen andere Regionen in Deutschland?	12
2.3 Tiefengeothermie in unseren Nachbarländern	13
3. Wissenswertes zur Tiefengeothermie	14
3.1 Oberflächennahe vs. Tiefengeothermie	15
3.2 Stromerzeugung mit Tiefengeothermie	16
3.3 Wie hoch ist der Eigenstromverbrauch eines Kraftwerkes?	16
3.4 Was macht eine Thermalwasserpumpe?	17
3.5 Umgang mit radioaktivem Thermalwasser	19
3.6 Wie lassen sich Negativbeispiele vermeiden?	20
Quellen	21

1. Regionaler Wärmeausbau im Landkreis Karlsruhe

Ausgehend von den Pariser Klimaschutzzielen muss in Deutschland bzw. in Baden-Württemberg der Wärmesektor signifikant dekarbonisiert werden, um das 1,5 °C-Ziel einhalten zu können. [1]

Der Landkreis Karlsruhe hat im Jahr 2021 durch seinen mehrheitlichen Kreistagsbeschluss *zeozweifrei 2035* – das Ziel einer klimaneutralen Energiebilanz – verabschiedet, um dem Pariser Abkommen entsprechend zu handeln. 50% der energiebedingten CO₂-Emissionen im Landkreis werden durch den Wärmesektor verursacht – aktuell basiert die Wärmeversorgung im Landkreis nur zu etwa 8% auf erneuerbaren Energien. [2]

[📄 zeozweifrei 2035 – Klimaschutzstrategie des Landkreises Karlsruhe \[3\]](#)



Land und Bund haben die kommunale Wärmeplanung gemäß Klimaschutzgesetz für größere Kommunen zur Pflicht erklärt.

Land und Bund reagieren damit auf die fünf großen Studien zur Wärmewende von Agora Energiewende, BDI, dena, BMWK und Ariadne zur klimaneutralen Wärmeversorgung in Deutschland. Diese stützt sich in allen fünf Studien auf zwei Säulen: Fernwärmenetze, welche mit regional verfügbaren erneuerbaren Wärmequellen versorgt werden, und dezentrale Wärmepumpen.

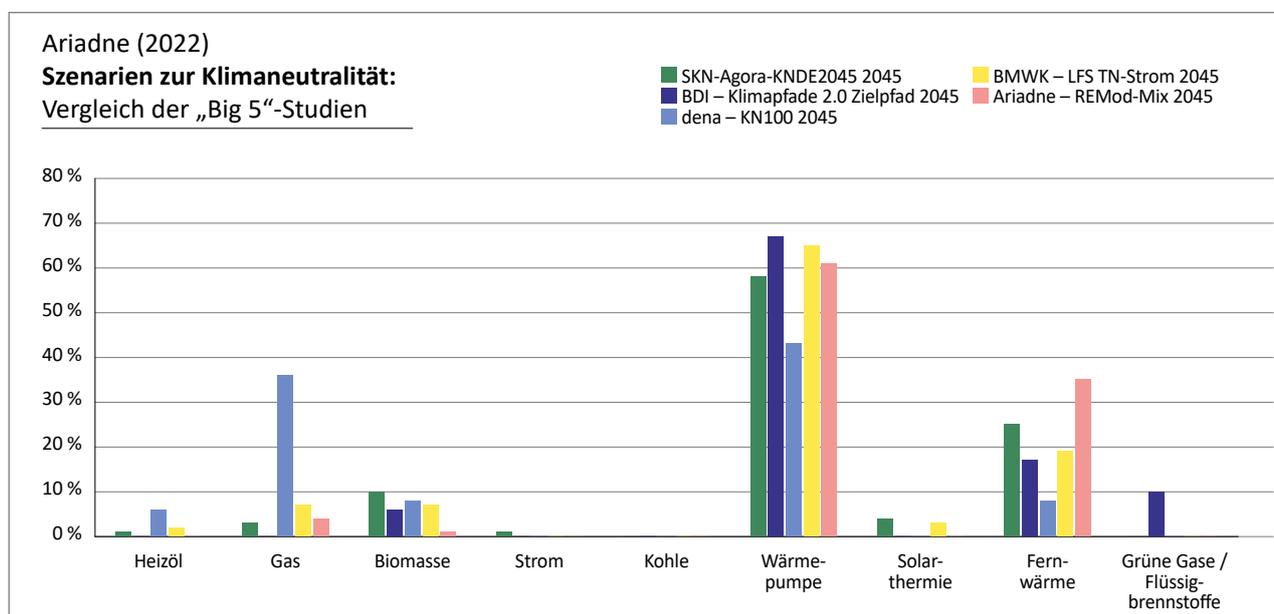


Abb. 1: Wärmepumpen und Fernwärme sind die zentralen Technologien für die Beheizung von Gebäuden in den „Big 5“-Studien. [4]

Die kommunale Wärmeplanung legt die Grundlage für die Entwicklung von Wärmenetzen. Im Landkreis Karlsruhe bietet das enorme Potenzial der Tiefengeothermie die Chance, mehrere Städte und Gemeinden mit wenigen geothermischen Anlagen zu versorgen. Dies macht eine interkommunale Planung und Wärmeverteilung über ein regionales Wärmenetz notwendig.

1.1 WIE KANN DIE WÄRMEWENDE IM LANDKREIS KARLSRUHE GELINGEN?

Seit 2010 werden die Wärmebedarfe im Landkreis Karlsruhe mittels georeferenzierter Daten ebenso wie die vorhandenen erneuerbaren Wärmepotenziale erfasst. Durch regelmäßige Überprüfung und Ergänzung dieser Daten, insbesondere durch die kommunalen Wärmeplanungen der Städte und Gemeinden im Landkreis, werden beispielsweise technische Innovationen oder Sanierungsmaßnahmen berücksichtigt. In Abb. 2 ist der Gesamtwärmebedarf der Gebäude im Landkreis dem erneuerbaren Wärmepotenzial gegenübergestellt. Auf der rechten Seite ist zu sehen, dass die Tiefengeothermie einen maßgeblichen Teil des erneuerbaren Wärmepotenzials ausmacht. Die Nutzung von Tiefengeothermie, Prozessabwärme, Restmüll und Abwasserwärme benötigt zwingend den großflächigen Ausbau von Wärmenetzen. Wärmenetze wiederum können bis zu 50 % des gesamten Wärmebedarfs wirtschaftlich decken; die andere Hälfte muss dezentral über Einzellösungen versorgt werden. [3]

Die wichtigsten Punkte sind:

- Insgesamt sind im Landkreis ausreichend erneuerbare Wärmepotenziale vorhanden, um den eigenen Bedarf zu decken.
- Dies ist nur aufgrund des enormen Wärmepotenzials der Tiefengeothermie (rund 75 %) möglich, was ein gravierender Standortvorteil für die Region, die ansässigen Bürger und Bürgerinnen und Unternehmen sein kann.
- Voraussetzung für die Nutzung der Wärme aus Tiefengeothermie sind Wärmenetze, welche großflächig ausgebaut werden müssen.

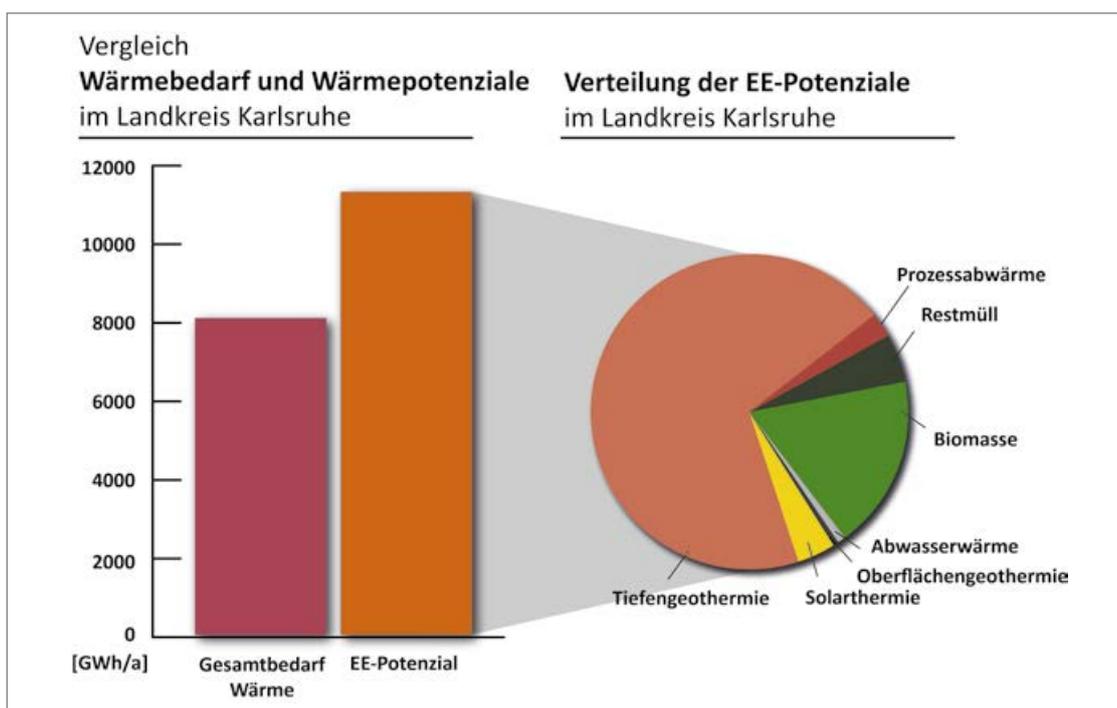


Abb. 2: Gegenüberstellung des Gebäude-Wärmebedarfs und der erneuerbaren Wärmepotenziale im Landkreis Karlsruhe (Quelle: UEA)

1.2 WARUM TIEFENGEOTHERMIE NUTZEN?

Die Bundesregierung weist der Tiefengeothermie eine zentrale Rolle zur Erreichung des Ziels, den Anteil der klimaneutral erzeugten Wärme bis 2030 auf 50 Prozent anzuheben, zu. Das bedeutet, dass bis 2030 zehnmal so viel Wärme durch Tiefengeothermie bereitgestellt werden soll. [28]

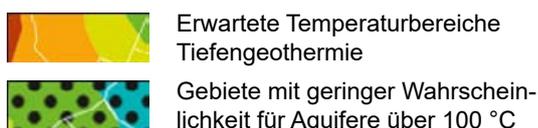
In einem [Impulspapier \[15\]](#) zeigen der Verband kommunaler Unternehmen e.V. (VKU), der Bundesverband Geothermie e.V. (BVG), der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. (AGFW) und der Bundesverband Erneuerbare Energien e.V. (BEE) verschiedene Maßnahmen auf, die aus ihrer Sicht auf Bundesebene erforderlich sind, um den Ausbau zu beschleunigen.

Weitere [Handlungsempfehlungen für Politik, Wirtschaft und Wissenschaft für eine erfolgreiche Wärmewende \[16\]](#) wurden von dem Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT), dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP), dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und dem Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) zusammengestellt.

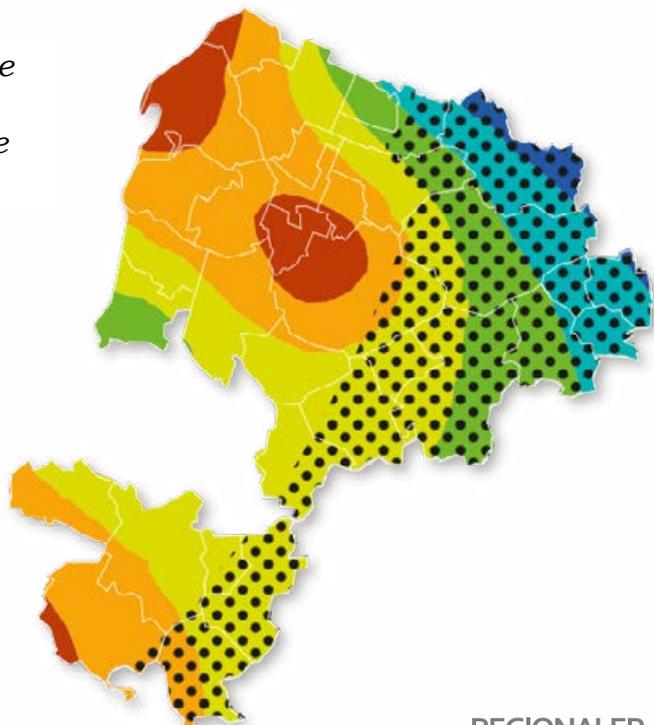
Der Oberrheingraben gehört zu den bestgeeignetsten Regionen zur Nutzung der Tiefengeothermie. [29] Bereits in etwa 2 km Tiefe hat das Wasser eine Temperatur von bis zu 100 Grad Celsius. [30]

In Abb. 3 ist die erwartete Temperatur in einer Tiefe von 2.500 m farblich dargestellt. Daraus ist zu erkennen, dass das Temperaturpotenzial im nahezu gesamten westlichen Landkreis hoch ist. Die Temperaturen von > 100 °C reichen aus, um ohne weiterer Temperaturerhöhung Gebäude zu versorgen. Gleichzeitig ist die Wahrscheinlichkeit für eine Erschließung der Tiefengeothermie im östlichen Landkreis aufgrund der geologischen Gegebenheiten gering. Um das enorme Wärmepotenzial der Tiefengeothermie auch im östlichen Landkreis nutzbar zu machen, ist eine regionale, interkommunale Wärmeverteilung notwendig.

Abb. 3: Erwartete Temperaturbereiche in 2.500 m Tiefe und Aquifer-Wahrscheinlichkeit im Landkreis Karlsruhe (Quelle: LFZG(KIT); Bild: UEA)



	Temperatur	Potenzial
	130–135 °C	sehr hoch
	125–130 °C	hoch
	120–125 °C	mäßig hoch
	115–120 °C	mittel
	110–115 °C	niedriger
	105–110 °C	niedrig



1.3 WAS IST DER REGIONALE WÄRMEVERBUND?

1.3.1 Die Projektentwicklungsgesellschaft Regionaler Wärmeverbund GmbH & Co. KG

Das Konzept des regionalen Wärmeverbundes entstammt aus der Klimaschutzstrategie des Landkreises Karlsruhe. Im Auftrag des Kreistags erarbeitet die Umwelt- und Energieagentur Kreis Karlsruhe (UEA) seit Mai 2021 an der regionalen Wärmeausbaustrategie mit dem Ziel, dass der Landkreis bis 2035 CO₂-frei wird.

Am 23. Juni 2023 wurde daraufhin die „Projektentwicklungsgesellschaft Regionaler Wärmeverbund GmbH & Co. KG“, kurz PEG, gegründet. Diese kommunale Gesellschaft hat zum Ziel, den Wärmeverbund von Dettenheim über Graben-Neudorf und Bruchsal bis nach Bretten so weit zu entwickeln und zu untersuchen, dass alle Fakten zur Machbarkeit vorliegen. Dies schließt Stichleitungen zu den angrenzenden Kommunen mit ein, siehe hierzu den schwarz dargestellten Wärmenetzausbau in Abb. 5.

Gesellschafter dieser Projektentwicklungsgesellschaft sind die Stadtwerke Bretten, Bruchsal und Ettlingen sowie ihre gemeinsame Tochter BBEK Energie sowie die zehn anliegenden Städte und Gemeinden: Bretten, Bruchsal, Stutensee, Dettenheim, Forst, Gondelsheim, Graben-Neudorf, Hambrücken, Karlsdorf-Neuthard und Ubstadt-Weiher.

Die UEA wird bei der Projektentwicklung außerdem durch viele Partner in technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Belangen unterstützt.

1.3.2 Funktionsweise

Ausgehend von den Standorten der Tiefengeothermieanlagen und den geplanten oder bestehenden Wärmenetzen in den Kommunen soll ein regionales, also interkommunales Wärmenetz aufgebaut werden. Über dieses Wärmenetz kann Wärme aus der Tiefengeothermie über unterirdische Warmwasser-Leitungen zu den Ortsnetzen der Kommunen transportiert werden. Dort wird die benötigte Wärmemenge an definierten Wärmeübergabestellen an die Ortsnetze übergeben und das Wasser entsprechend abgekühlt zurück zu der Tiefengeothermieanlage gepumpt.

Wichtig zu beachten ist, dass im Fernwärmenetz aufbereitetes Trinkwasser und kein Thermalwasser aus der Geothermiebohrung zirkuliert. Das Thermalwasser aus dem Untergrund fließt nach dem Durchlauf durch einen Wärmetauscher an der Erdoberfläche zurück in die Schluckbohrung.

1.3.3 Trassenführung und -verlegung

In Abb. 4 ist zu sehen, wie eine solche Fernwärmeleitung mit Vor- und Rücklauf in einem Forstweg verlegt wird. Zur Verlegung der Wärmeleitungen wurde eine temporäre Baustraße neben dem Forstweg eingerichtet. Dieser Bereich wird nach Beendigung der Bauarbeiten wieder aufgeforstet.

Die Rohre bestehen aus einem Stahlrohr, in dem das Wasser strömt und einem Mantel aus Kunststoff, welcher eine Dämmschicht hat. Der Mantel sorgt für einen guten Schutz des Stahlrohrs und verringert die Wärmeverluste erheblich.



Abb. 4: Foto von Rohrleitungsverlegung in Forstweg und Baustraße neben Forstweg (Quelle: GEF Ingenieur AG)

Es wurde bereits eine Korridorplanung durchgeführt, um eine mögliche Trassenführung unter Berücksichtigung der technischen, wirtschaftlichen und genehmigungsrechtlichen Rahmenbedingungen zu identifizieren. Die Trassenführung verläuft größtenteils über kommunale Feld- und Waldwege, wodurch Kosten gesenkt und Verkehrseinschränkungen reduziert werden können.

1.3.4 Vision des Fernwärmeausbaus im Landkreis Karlsruhe

Mit der Errichtung der geplanten Tiefengeothermieanlagen im Landkreis Karlsruhe soll das regionale Wärmenetz sukzessive ausgebaut und erweitert werden. Ausgehend von den aktuell geplanten Anlagen soll das in Abb. 5 schwarz dargestellte Wärmenetz mit einer Gesamtlänge von ca. 63 km gebaut werden. Dieses verbindet die geplanten Anlagen in Dettenheim und Graben-Neudorf mit der Bestandsanlage in Bruchsal und sorgt damit für eine hohe Versorgungssicherheit im Verbund. Sollte eine der Anlagen ausfallen, können die anderen Anlagen die Versorgung des Wärmeverbundes aufrechterhalten. Das Wärmenetz kann langfristig mit dem Fernwärmenetz der Stadt Karlsruhe verbunden werden und gleichzeitig auch im Norden und Süden in andere Landkreise wachsen.

Für Teilregionen im Kraichgau und im Nordwestschwarzwald werden alternative Wärmeversorgungskonzepte ausgearbeitet, da diese einen zu geringen Wärmebedarf haben und ein Anschluss an den Wärmeverbund unwirtschaftlich erscheint.

Im südlichen Landkreis sind weitere geologische Untersuchungen nötig, um konkrete Standorte planen zu können.

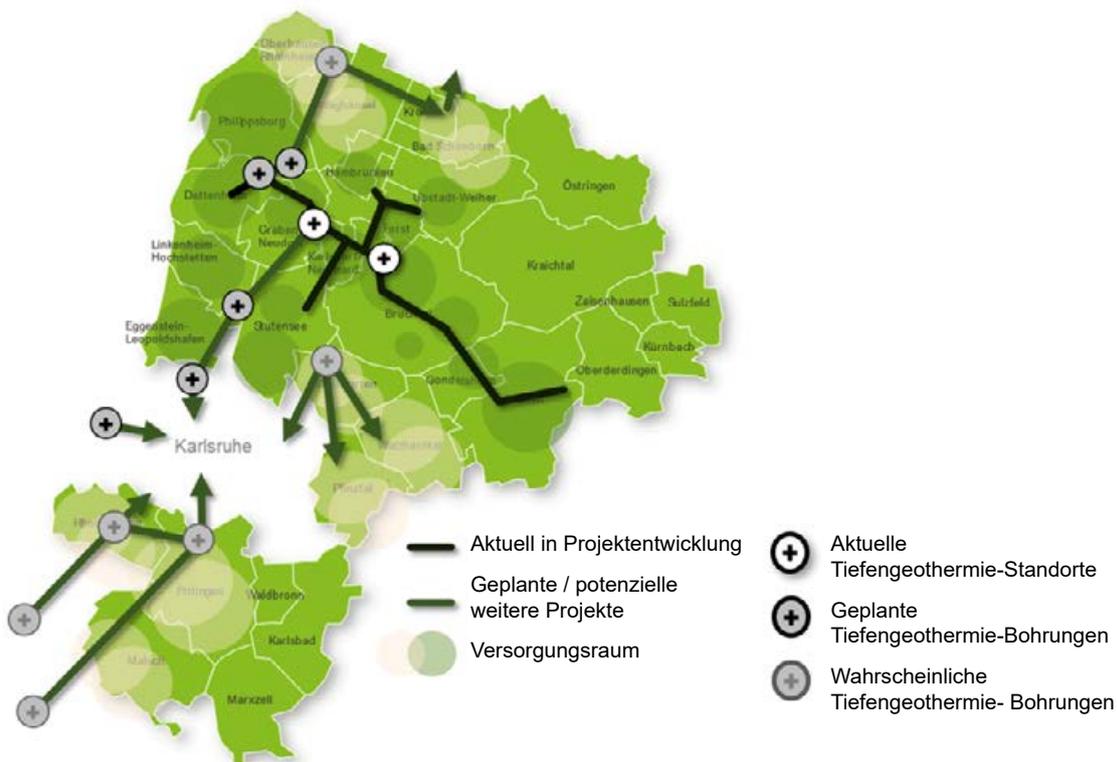


Abb. 5: Vision des regionalen Wärmeverbunds im Landkreis Karlsruhe mit Ausbau der tiefengeothermischen Anlagen (Quelle UEA)

1.4 WELCHE KOSTEN ENTSTEHEN?

Der aktuelle Wirtschaftsplan für den Bau und Betrieb des regionalen Wärmenetzes weist unter Achtung eines marktgerechten Wärmepreises die Wirtschaftlichkeit aus. Dieser Wirtschaftsplan wird laufend mit neuen Erkenntnissen aktualisiert und angepasst. Sollte sich im weiteren Projektverlauf abzeichnen, dass die Wirtschaftlichkeit nicht mehr gegeben ist, beispielsweise, weil zu wenig Wärme zur Verfügung steht oder abgenommen wird, oder die Baukosten enorm steigen, dann wird das Projekt gestoppt werden.

Ein zentraler Baustein für die Wirtschaftlichkeit ist die Inanspruchnahme der Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW), welches sowohl die Planungs-, als auch die Investitionsphase, mit 50 % bzw. 40 % fördert.

1.5 WELCHE VORTEILE BIETET EIN WÄRMENETZ?

- Klimaneutrale, regional erzeugte Wärme
- Versorgungssicherheit
- Langfristig stabile Wärmepreise mit moderater Preissteigerung
- Regionale Wertschöpfung
- Standortsicherung für die Unternehmen (insb. Industrie)
- Einsparung von CO₂-Steuer
- Möglichkeit zur Beteiligung am regionalen Wärmenetz

Mehr Infos im Flyer [📄 Anschluss an ein Wärmenetz \[7\]](#)



1.6 WIE VIEL CO₂-KOSTEN UND CO₂-EMISSIONEN KÖNNEN EINGESPART WERDEN?

Mit dem Ausbau des Fernwärmenetzes von Dettenheim nach Bretten können pro Jahr rund 62.400 Tonnen CO₂ gegenüber der jetzigen Wärmeversorgung eingespart werden.

Versorgte Bürgerinnen und Bürger, Verwaltungen und Unternehmen können bei einem CO₂-Preis von 55 € pro Tonne CO₂ jährlich rund 3,4 Millionen Euro sparen. Bei dem CO₂-Preis von 201 € pro Tonne CO₂ des Umweltbundesamts (UBA), der die realen Folgekosten widerspiegelt [6], sogar jährlich 12,5 Millionen Euro. Hochgerechnet auf eine durchschnittliche Lebensdauer des Wärmenetzes von 50 Jahren ergibt sich damit eine monetäre Einsparung von 170 bzw. 625 Millionen Euro.

Dabei ist nicht berücksichtigt, dass eine versorgungssichere und langfristig preisstabile Wärmeversorgung aus der Region für die Region auch geopolitisch Vorteile hat. Die Realisierung des Wärmeverbundes bedeutet einen erheblichen Standortvorteil, Sicherung von Arbeitsplätzen und einen Schub für die regionale Wertschöpfung.

1.7 WIE HOCH IST DER EIGENSTROMVERBRAUCH EINES FERNWÄRMENETZES? WIE WIRD DER PRIMÄRENERGIEFAKTOR SEIN?

Zur Wärmeversorgung mittels Fernwärme müssen Pumpen betrieben werden, die das heiße Wasser zu den Verbrauchern und wieder zurück zur Wärmequelle fördern. Der hierfür notwendige Strom und die Energie, die zur Erzeugung der Wärme erforderlich ist, wird für den sogenannten Primärenergiefaktor (PEF) in Abhängigkeit der verbundenen CO₂-Emissionen ausgedrückt. Je besser, also geringer der PEF ist, umso weniger CO₂ wird zur Wärmeversorgung benötigt. Ein Fernwärmenetz benötigt je nach Art und Größe etwa 1,5–3 % Strom im Verhältnis zur gelieferten Wärmemenge. Gleichzeitig ist der PEF entscheidend für die Förderfähigkeit von Sanierungsmaßnahmen an Gebäuden, somit profitieren insbesondere Fernwärmekunden von einem geringen PEF der Fernwärme.

Die Berechnung des PEFs wird nach Maßgabe des Fernwärmeverbands AGFW durchgeführt. Die geothermische Wärme wird dabei als klimaneutral, also mit einem PEF von 0,0 angesetzt. Der eingesetzte Strom für die Pumpen und alle technischen Anlagen wird je nach Quelle unterschiedlich bilanziert; wird Ökostrom eingesetzt, beträgt der PEF des Stroms ebenfalls 0,0. Der PEF des regionalen Wärmeverbunds wird sehr gering sein. Ausschlaggebend für die Endkunden ist aber der PEF des jeweiligen Ortsnetzes, der sich aus der Versorgungsstruktur ergibt.

Beispiel

Der regionale Wärmeverbund hat einen PEF von 0,0 und speist in das Ortsnetz in Bruchsal Wärme ein. Das Wärmenetz der Stadtwerke Bruchsal hat jedoch weitere Wärmequellen, welche das Wärmenetz versorgen. Deswegen kann der PEF der Stadtwerke Bruchsal je nach Wärmequellen auch $>0,0$ sein.

2. Blick in die Region und darüber hinaus

2.1 WIE POSITIONIERT SICH DIE REGION MITTLERER OBERRHEIN?

Der Regionalverband Mittlerer Oberrhein hat den Beschluss der Versammlung schriftlich als Positionspapier festgehalten:

[Regionalpolitische Position zur Tiefengeothermie vom 07.12.202 \[20\]](#)



2.2 WAS MACHEN ANDERE REGIONEN IN DEUTSCHLAND?

Auch in anderen Regionen Deutschlands wird Erdwärme als eine Chance für die Energiewende gesehen. Eine [Übersichts aller Projekte \[21\]](#) zur Tiefengeothermie in Deutschland wurden von dem Bundesverband Geothermie e. V. in einem Poster zusammengestellt. Das Poster listet 42 Anlagen in Betrieb, 12 Anlagen in Bau und 82 Anlagen in Planung, sowie 7 Forschungsanlagen und 170 Thermalbäder.



2.2.1 Bayern

In Bayern wird die Geothermie zur Wärmeversorgung bereits stark eingesetzt und enorm vorangetrieben. Im Großraum München sind bereits etliche Anlagen im Betrieb und sollen in den kommenden Jahren ausgebaut werden.

[Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie \[22\]](#)

[SWM Magazin \[23\]](#)

In der [Gemeinde Sauerlach im Landkreis München \[24\]](#) werden bereits etwa 600 Haushalte über Fernwärme mit Energie und Strom aus Heißwasser aus der Tiefe versorgt. Die Zahl der Anschlüsse wächst stetig, es sollen weitere Bohrungen entstehen, das Netz soll ausgebaut und mit anderen Netzen zusammengeschlossen werden, sodass unter anderem auch die Stadt München von den Bohrungen profitieren kann.



2.2.2 Nordrhein-Westfalen

Auch in Nordrhein-Westfalen soll durch ein neues Online-Portal die Erschließung von Tiefengeothermie vorangebracht werden.

[🔗 Zeitung für kommunale Wirtschaft \[25\]](#)



2.3 TIEFENGEOTHERMIE IN UNSEREN NACHBARLÄNDERN

2.3.1 Schweiz

Der [🔗 Wärmeverbund Riehen \[26\]](#) will die zweite Geothermieanlage bis 2027 in Betrieb nehmen: „An der Informationsveranstaltung wurde deutlich, dass die Bevölkerung in Riehen die Vorteile dieser Geothermie längst erkannt hat. Es kamen Fragen zu den Ergebnissen und zur Technik, aber nicht ein einziges kritisches Votum.“



2.3.2 Frankreich

Ende der 1960er Jahre wurde das erste Mal im Pariser Becken [🔗 Pariser Becken \[27\]](#) mit Geothermie geheizt. Die meisten Bohrungen entstanden als Reaktion auf steigende Ölpreise zwischen 1980 und 1987. Stand 2020 sind 37 Geothermieanlagen in Betrieb, die Mehrheit davon befindet sich im Großraum Paris. In den kommenden Jahren soll die Tiefengeothermie weiter ausgebaut werden.



3. Wissenswertes zur Tiefengeothermie

Fragen zur Seismizität, zum Genehmigungsverfahren oder zu den Umweltauswirkungen von Tiefengeothermie-Projekten werden unter den [FAQs des Landesforschungszentrums Geothermie des KITs \[9\]](#) beantwortet. In die Erarbeitung der FAQs waren Spezialistinnen und Spezialisten aus Ministerien, Behörden, Versicherungen, Umweltverbänden, der Industrie und der Wissenschaft eingebunden. Auch das Regierungspräsidium Freiburg hat als oberste Genehmigungsbehörde für geothermische Anlagen in Baden-Württemberg [Antworten auf häufig gestellte Fragen zur tiefen Geothermie \[30\]](#) zusammengestellt.



In einem ca. [28-minütigen Beitrag geht 3sat \[10\]](#) der Frage nach, ob die Geothermie einen Beitrag zur Lösung der Energiekrise darstellen kann.



Zu Gast im Landkreis Karlsruhe war der Deutschlandfunk Mitte November 2022. Vor Ort in Graben-Neudorf informierte sich der Redakteur umfassend über das dort geplante Tiefengeothermie-Kraftwerk – um dann sein Wissen in einem hörenswerten Hörfunkbeitrag zusammenzufassen. Der knapp [30-minütige Beitrag \[11\]](#) wurde am 27.11.2022 gesendet und beleuchtet sowohl die Technologie selbst als auch einige erfolgreiche Best-Practice-Beispiele, vor allem im Süden Münchens. Aber auch die Bürgerinitiative, die die in Graben-Neudorf geplante Anlage kritisch sieht, kommt zu Wort.



3.1 OBERFLÄCHENNAHE VS. TIEFENGEOTHERMIE

☞ **Oberflächennahe Geothermie [12]** ist grundsätzlich außerhalb von bestimmten Wasserschutzgebieten möglich, jedoch ist das Wärmepotenzial der oberflächennahen Geothermie sehr viel geringer und nicht vergleichbar mit der Tiefengeothermie. Die oberflächennahe Geothermie ist ein wichtiger Baustein bei der dezentralen Wärmeversorgung mittels Wärmepumpe.



In der folgenden Tabelle sind die typischen Kennzahlen der oberflächennahen und tiefen Geothermie gegenübergestellt.

	Oberflächennahe Geothermie	Tiefe Geothermie
Bohrtiefe	bis 400 m [13]	3000–4000 m (im Oberrheingraben)
Temperaturniveau im Untergrund	bis zu 25 °C [14]	95–170 °C (im Oberrheingraben)

3.2 STROMERZEUGUNG MIT TIEFENGEOTHERMIE

Die Stromerzeugung aus Tiefengeothermie bietet eine Alternative zur direkten Wärmenutzung mittels einem Fernwärmenetz. Bei der Stromerzeugung werden typischerweise Wirkungsgrade je nach Temperaturniveau von 8–18 % erreicht. Bei der direkten Wärmenutzung in einem Wärmenetz liegt der Wirkungsgrad bei 95 %. Dazu muss für die Stromerzeugung obertägig eine komplexe und teure Anlage gebaut und betrieben werden, während für die Wärmenutzung hauptsächlich ein Wärmetauscher und Pumpen benötigt werden.

Somit ist die Stromerzeugung aus Tiefengeothermie nur dann zu betrachten, wenn keine ausreichende Wärmemenge mittels einem Fernwärmenetz abgenommen werden kann.

3.3 WIE HOCH IST DER EIGENSTROMVERBRAUCH EINES KRAFTWERKES?

Laut diesem [BUND Positionspapier \[17\]](#) liegt der Eigenstromverbrauch bei ca. 25–30 %. Den Eigenstromverbrauch eines Fernwärmenetzes wird am besten im Primärenergiefaktor ausgewiesen, der das Verhältnis von eingesetzter Energie (inkl. Umwandlungsverlusten in den Vorketten, insb. der Tiefengeothermie-Anlage) zu abgegebener Energie wiedergibt. Siehe dazu Kapitel 1.7.



3.4 WAS MACHT EINE THERMALWASSERPUMPE?

Eine Unterwasserpumpe oder Tauchpumpe wird in der Tiefengeothermie eingesetzt, um Thermalwasser aus der Bohrung zu fördern. Die Unterwasserpumpe muss unterhalb der Wasserspiegelabsenkung eingebaut werden (meist in einigen hundert Metern Tiefe). Die Absenkung des Wasserspiegels erzeugt dabei den Unterdruck im Aquifer, der dafür sorgt, dass das Wasser dem Bohrloch zuströmt.

Unterwasserpumpen haben Leistungen bis zu über 1000 kW. Sie werden entweder durch einen integrierten Elektromotor oder durch eine Welle von über Tage (Gestängepumpe) angetrieben. Sie verursachen in einem Geothermieprojekt den größten Eigenverbrauch und begründen wesentlich den Unterschied zwischen der Brutto- und der Nettoleistung einer Anlage. [18]

3.4.1 Welche Pumpentypen gibt es?

Im Grunde werden für die Förderung von Thermalwasser entweder Tauchkreiselpumpen oder Gestängepumpen verwendet. Der Bundesverband Geothermie schildert die Unterschiede. [18]

	Gestängepumpe (line shaft pump, LSP)	Tauchpumpe (electrical submersible pump, ESP)
Tiefe der Pumpeinheit	begrenzt auf etwa 600–700 m	ausgeliefert für Tiefen > 1 km
Bohrungsablenkung	Das Pumpengehäuse muss in etwa vertikal sein	Installation in abgelenkten Bohrungen ist möglich
Installationszeit	zeitaufwändig	schnell
Antriebsmotor	über Tage	im Bohrloch
Temperatur	hoch, bis ~205°C	begrenzt auf ~160°C*
Pumpen- und Motoreffizienz	höher (Pumpen: 75-80%, Motoren bis 98%)	niedriger (Pumpen: 75-80%, Motoren bis 96%)
Capital and O&M Cost	preiswerter	teurer
Wartungsintervall	planbar	häufiger
Pumpraten	niedriger ~150 kg/s	höher, bis 200 kg/s, wesentlich niedriger an der Grenztemperatur ~100 kg/s
Pumpendruck	bis 7 MPa	bis 7.5 MPa
Umwelteinwirkungen	Dichtigkeit des Schmiersystems	keine
Zusammenfassung	Bis zu 100 kg/s bewährt, bei 150 kg/s fraglich	bewährt bis zu 160°C

3.4.2 Welche Pumpe verwendet die DEW in Graben-Neudorf?

Die DEW wird in Graben-Neudorf eine Gestängepumpe (lines haft pump, LSP) verwenden. Für die Pumpenauswahl sind folgende Kriterien relevant [Deutsche ErdWärme]:

- Auslegung des Pumpentyp und Werkstoffes passend zu Temperatur, Volumenstrom und Fördermedium
- Auswahl Lieferanten mit entsprechenden Referenzen, Kompetenzen und Unternehmensgröße
- Festlegung und Bevorratung von ausreichend Ersatzteilen
- Kompetenz und Verfügbarkeit des Montagepersonals
- Moderne Systeme zum sicheren und schnellen Ein- und Ausbau der Pumpen
- Permanente Kontrollsysteme während dem Betrieb der Pumpe
- Kompetenz des Betriebspersonals zur Einschätzung des Pumpenzustandes
- Anpassung des Pumpenbetriebs bei Bedarf

Insbesondere das hohe Temperaturniveau des Thermalwassers macht den Einsatz einer Tauchkreiselpumpe unwirtschaftlich und aufwendig.

3.4.3 Welche Vorkehrungen trifft die DEW, um bei einem Pumpenausfall reagieren zu können?

Der Motor bei einer Gestängepumpe (LSP) sitzt oben an der Erdoberfläche auf der Bohrung auf. Dadurch ist der Austausch im Fall eines Defekts deutlich leichter als bei einer Tauchkreiselpumpe (ESP). Gleichzeitig kann der Motor an der Erdoberfläche besser gekühlt werden und ist damit weniger anfällig für Störungen.

Sollte es dennoch zu einem unerwarteten Ausfall kommen, hält die DEW ausreichend Ersatzteile vor und hat mit schnell verfügbarem Montagepersonal entsprechende Vorkehrungen getroffen.

3.5 UMGANG MIT RADIOAKTIVEM THERMALWASSER

Durch Abkühlung und Druckentlastung von Tiefenwasser während des Aufstiegs in die oberirdische Geothermieanlage können sich mineralische Ausfällungen wie beispielsweise Kalk oder Baryt in den oberflächennahen Teilen einer Geothermieanlage, insbesondere im Wärmeübertrager oder der Pumpe, bilden und dort ablagern. Primäres Interesse des Anlagenbetreibers ist es, derartige Ausfällungen zu unterbinden oder zumindest so zu minimieren, dass es dadurch zu keinen Anlagenschäden bzw. zu keiner Minderung des Durchflusses kommen kann. Standardmäßig werden daher Geothermieanlagen zur Vermeidung von Ausfällungen (oder zur Vermeidung von Entgasungen im Thermalwasser) übertage unter Druck gefahren. Zusätzlich können zur Vermeidung oder Minimierung von Ausfällungen auch sogenannte Inhibitoren eingesetzt werden. Aus Deutschland sind bei der Tiefengeothermie keine Gefährdungen aufgrund des Freiwerdens von radioaktiven Stoffen bekannt. [9]

Ausführliche Informationen dazu können im [Hintergrundpapier zum Umgang mit natürlicher Radioaktivität in Anlagen der Tiefen Geothermie \[19\]](#) von dem Bundesverband Geothermie e.V. nachgelesen werden.



3.6 WIE LASSEN SICH NEGATIVBEISPIELE VERMEIDEN?

Bei der weltweiten Nutzung geothermischer Energie sind auch Schäden zu beklagen. Dabei sind vor allem seismische Ereignisse (Bsp. Vendenheim, Frankreich) und Einträge von Tiefenwässern in oberflächennahe Grundwässer zu nennen (Bsp. Landau, Rheinland-Pfalz). Bei den beiden Beispielen handelt es sich um Anlagen/Bohrungen bis ins Kristalline Grundgebirge.

Dabei kam es weder zu Personenschäden noch zu Strukturschäden an Gebäuden. Risse, wie sie auch bei anderen Baumaßnahmen (z. B. Straßenbau) auftreten, sind auch bei der Tiefen Geothermie nicht vollständig auszuschließen. [9]

In ganz Baden-Württemberg wird nur die hydrothermale tiefe Geothermie erlaubt. Diese Methode gilt im Vergleich zu anderen Technologien (z. B. petrothermal) als risikoarm. Bei hydrothermalen Vorhaben wird nur das vorhandene Thermalwasser aus dem Untergrund genutzt, während bei petrothermalen Vorhaben kaltes Wasser mit hohem Druck durch das Gebirge gepresst wird, um sich dort zu erwärmen.

Wie bei jeder Technologie gibt es auch bei der Tiefengeothermie gewisse Restrisiken. Zur frühzeitigen Erkennung bzw. Verhinderung von Risiken wie z. B. Erschütterungen gibt es jedoch sehr gute Kontrollmechanismen. Die Bergbehörde arbeitet bei ihrer Bewertung eng mit externen Spezialistinnen und Spezialisten zusammen.

In dem sehr aufwändigen Genehmigungsprozess werden immer wieder die Sicherheit und alle Aspekte in den Bereichen Geologie, Naturschutz und mehr vor der Genehmigung berücksichtigt und intensiv geprüft. Deshalb besteht ein sehr hohes Sicherheitsniveau.

Quellen

- [1] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/internationale-eu-klimapolitik/uebereinkommen-von-paris#ziele-des-uebereinkommens-von-paris-uvp>
- [2] https://www.landkreis-karlsruhe.de/PDF/07042022_TOP_001_Beschluss.PDF?ObjSvrID=3051&ObjID=3988&ObjLa=1&Ext=PDF&WTR=1&_ts=1649404732
- [3] <https://zeozweifrei.de/klimaschutzstrategie-landkreis-karlsruhe>
- [4] https://ariadneprojekt.de/media/2022/03/2022-03-16-Big5-Szenarienvergleich_final.pdf
- [5] https://ariadneprojekt.de/media/2021/09/Ariadne-Analyse_WasserstoffGebaeudesektor_September2021-1.pdf
- [6] <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-wirtschaft/gesellschaftliche-kosten-von-umweltbelastungen#gesamtwirtschaftliche-bedeutung-der-umweltkosten>
- [7] https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/095_Anschluss_an_ein_Waermetz_2023_barrierefrei.pdf
- [8] https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-12-09_climate-change_50-2022_emissionsbilanz_erneuerbarer_energien_2021_bf.pdf
- [9] <https://www.lfzg.de/125.php>
- [10] <https://www.3sat.de/gesellschaft/makro/wirtschaftsdokumentation-energiekrise-ist-geothermie-die-loesung-100.html>
- [11] <https://zeozweifrei.de/deutschlandfunk-klaert-auf-ueber-tiefengeothermie>
- [12] <https://produkte.lgrb-bw.de/informationssysteme/geoanwendungen/isong>
- [13] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/geothermie#tiefe-geothermie>
- [14] <https://www.geothermie.de/geothermie/geothermische-technologien/oberflaechennahe-geothermie.html>
- [15] https://www.geothermie.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Impulspapier_Gamechanger_Tiefe_Geothermie_2022.pdf
- [16] https://www.geothermie.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Roadmap_Tiefe_Geothermie_in_Deutschland_FhG_HGF_02022022.pdf
- [17] https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/bund/position/tiefengeothermie_position.pdf
- [18] <https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/u/unterwasserpumpe.html>
- [19] https://www.geothermie.de/fileadmin/user_upload/Bibliothek/Downloads/Hintergrundpapiere/Hintergrundpapier_NORM_Radioaktivitaet-Tiefengeothermie.pdf
- [20] https://www.region-karlsruhe.de/fileadmin/user_upload/6_Service/61_Presse/2_Material/221207_Positionspapier_Tiefengeothermie_Beschlussfassung.pdf
- [21] https://www.geothermie.de/fileadmin/user_upload/Aktuelles/BVG_Poster_Tiefe_Geothermie_2023_24_web.pdf
- [22] <https://www.stmwi.bayern.de/energie/erneuerbare-energien/tiefengeothermie/>
- [23] <https://www.swm.de/magazin/energie/geothermie>
- [24] <https://www.sueddeutsche.de/muenchen/landkreismuenchen/sauerlach-geothermie-fernwaerme-muenchen-energiewende-1.5832466>
- [25] <https://www.zfk.de/energie/waerme/geothermie-landesregierung-stellt-neues-online-portal-vor>
- [26] <https://www.bzbasel.ch/basel/basel-stadt/ld.2436302>
- [27] <https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/p/pariser-becken.html>
- [28] <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/zukunftstechnologie-geothermie-2216006>
- [29] <https://lgrbwissen.lgrb-bw.de/geothermie/tiefe-geothermie/tiefe-geothermie-baden-wuerttemberg/oberrheingraben>
- [30] <https://rp.baden-wuerttemberg.de/rpf/faq-tiefengeothermie/>