

Geothermie im Allgäu und Oberschwaben

INFORMATION DES REGIONALEN ENERGIEFORUMS ISNY
E.V.

GUNTRAM FISCHER/MALTE NATALIS 2024

Inhalt

Geothermie - Grundlagen	2
Süddeutsches Molassebecken	3
Oberflächennahe Geothermie	5
Zahlen zur oberflächennahen Geothermie (Bohrtiefe < 400 m).....	6
Kalte Nahwärme	8
Kalte Wärmenetze / Anergienetze	8
Wie startet man ein Anergie-Netz?.....	9
Tiefe Geothermie	10
• Hydrothermale Energiegewinnung	10
• Petrothermale Energiegewinnung	10
Vorteile der tiefen Geothermie:.....	12
Nutzungsmöglichkeiten:	12
Probleme:.....	12
Sinnvolle Kombination von regenerativen Energien:	12
Wertschöpfung der tiefen Geothermie	13
Daten zur tiefen Geothermie (Bohrtiefe > 400 m)	14
Zusammenfassung zur Geothermie	16

Geothermie - Grundlagen

Durch den andauernden radioaktiven Zerfall im Erdkern wird eine kontinuierliche Hitze von mehr als 5.000 °C erzeugt, die nach außen abgestrahlt wird. Diese Hitze erwärmt die Gesteine, das Wasser und das Gas, aus dem sich unser Planet zusammensetzt.

Durch Bohrungen kann diese Wärmequelle erschlossen und deren Energie freigesetzt werden. Geothermische Energie ist grundlastfähig, womit sie einen hervorragenden Bestandteil des Mixes erneuerbarer Energien aus Wasser, Wind und Sonne darstellt.

Geothermie ist die Bezeichnung für die Wärme im Erdinneren. 99% der Erde sind heißer als 1.000 Grad Celsius.

Die Einteilung erfolgt in **oberflächennahe** (< 400m) und **tiefe** (400 – 7.000m) Geothermie.

Durch Bohrungen sind Teile der Erdkruste bis ca. 35 km Tiefe erreichbar. Hier herrschen Temperaturen max. 1.000 Grad Celsius.

Der durchschnittliche geothermische Tiefengradient beträgt 1 Grad C / 33 m, d.h. 100 Grad Celsius in 3300 m Tiefe.

Bei Vorliegen von Anomalien ändert sich die Temperatur schneller:

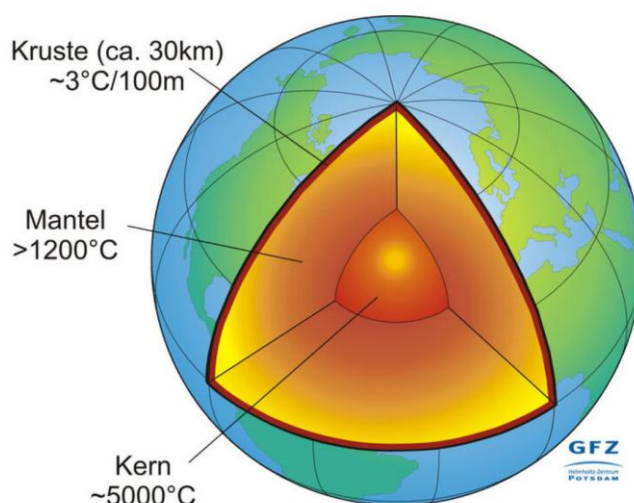
Solche Anomalien liegen in Deutschland im **Rheingraben** und im **Süddeutschen**

Molassebecken vor. So wurden im Rheingraben ca. 150 Grad C in 3.000 m Tiefe gemessen.

Für **geothermische Kraftwerke** sind Bohrtiefen von bis zu 5.000 m (5 km) ausreichend. Die Tiefenbohrungen werden in größeren Abständen durchgeführt um bis zu 30 Jahre Betriebsdauer zu ermöglichen (Problem: Auskühlung).

Geothermische Quellen:

- Heißwasser-Aquifere (Thermalwasser),
= hydrothermale Geothermie
- Störungszonen
- Heiße trockene kristalline Gesteine (Hot Dry Rocks = HDR, Granit/Gneise),
= petrothermale Geothermie



thermischer Aufbau des Erdkörpers - Grafik: GFZ Potsdam

Für die **Nutzung der tiefen Geothermie** bieten sich in Baden-Württemberg vor allem der Oberrheingraben und das süddeutsche Molassebecken an.

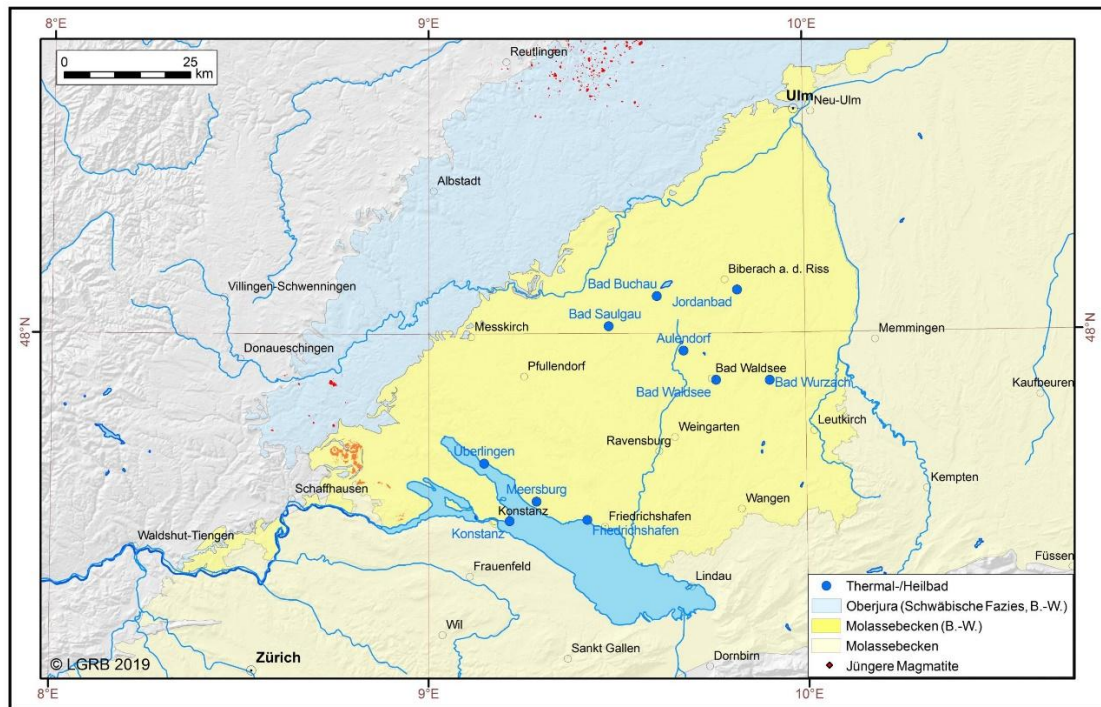


Bild: Süddeutsches Molassebecken

Ursache dafür sind sog. Temperaturanomalien, d.h. in geringerer Tiefe werden deutlich höhere Temperaturen angetroffen als anderen Bereichen Baden-Württembergs.

Süddeutsches Molassebecken

Das süddeutsche Molassebecken (SMB) umfasst eine Region im Alpenvorland, die den Verwitterungsschutt des aufsteigenden Gebirges aufgenommen hat (=Molassebecken). Das SMB erstreckt sich von der Schweiz über Baden-Württemberg nach Bayern und Österreich. Die Beckenbasis bilden Gneise und Granite, die von maximal 8-10 km mächtigen Sedimentgesteinen überlagert sind. Insbesondere die jurassischen Karbonate werden für die Geothermie genutzt, da diese Gesteine durch Verkarstung (teilweise Auflösung des Gesteins und Bildung von wasserdurchlässigen Hohlräumen) eine besonders hohe Ergiebigkeit aufweisen. Temperaturen zwischen 100° C und 150° C bei entsprechend hohen Permeabilitäten sind etwa südlich von München und im Bereich des Chiemsees mit Fließraten bis z.T. über 300 m³/h möglich und nachgewiesen. Nach Westen hin werden die hydraulischen Eigenschaften ungünstiger.

Welche Wärmequelle und technische Variante zur Erschließung der geothermischen Potentiale bevorzugt zum Einsatz kommen sollte, richtet sich nach den örtlichen Untergrundverhältnissen und der hydrogeologischen Situationen sowie dem oberirdischen Platzangebot und den anwendungsspezifischen Bedürfnissen.

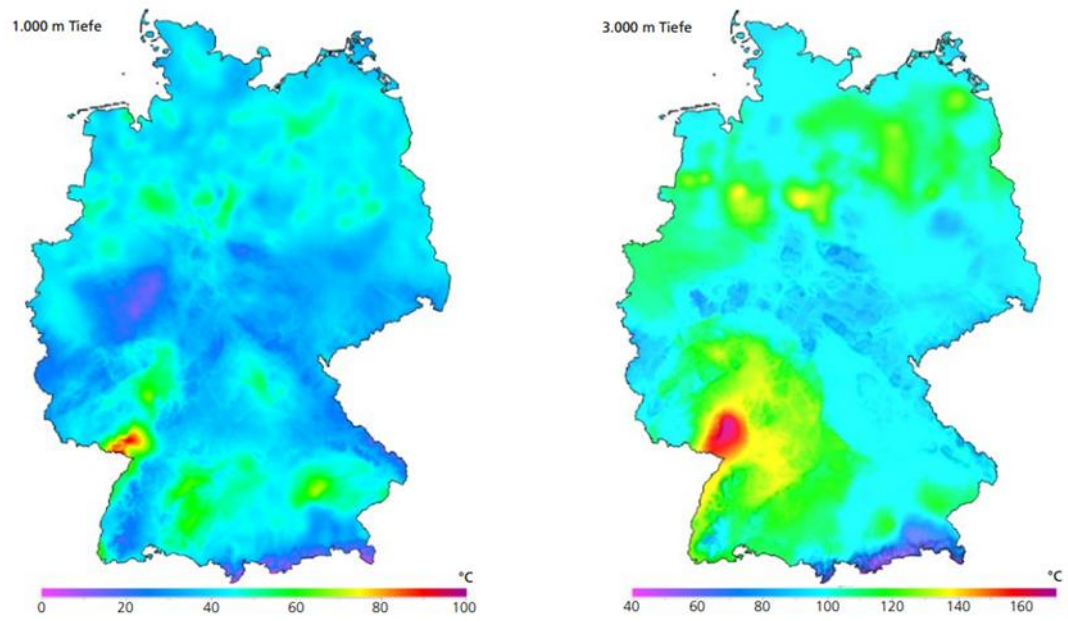


Abbildung 2: Temperatur in Deutschland in 1 und 3 km Tiefe auf Basis von Bohrdaten (© Agemar, LIAG)

Oberflächennahe Geothermie

Die mittlere Temperatur an der Erdoberfläche z.B. in Bayern beträgt ca. 7 bis 12°C; das Temperaturniveau im oberflächennahen Bereich ist relativ niedrig. Dennoch bieten auch diese Temperaturen ein breites Anwendungsspektrum in kleinen und mittleren dezentralen Anlagen zur Bereitstellung von Wärmeenergie und Klimakälte durch sog. „kalte“ Wärmenetze, Sondenbohrungen oder Erdwärmekollektoren unter der Erdoberfläche an für:

- Einfamilienhäuser bis hin zu Wohnsiedlungen
- Büro- und Verwaltungsgebäude
- Öffentliche Gebäude, Schulen, Krankenhäuser, Museen, Schwimmbäder etc.
- Gewerbebetriebe, Werks- und Montagehallen etc.

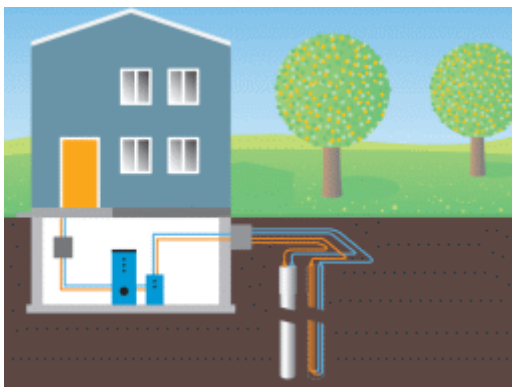
Während das Temperaturniveau im Bereich der oberflächennahen Geothermie auch für die **Raumkühlung ohne zusätzliche Kältemaschine** meist gut geeignet ist, wird **für Heizzwecke eine Wärmepumpe** benötigt.

Für beide Einsatzbereiche steht ein breites Spektrum von Techniken zur Erschließung der Wärmequellen (Grundwasser, Boden, Festgestein) zur Verfügung.

Die wichtigsten Typen der oberflächlichen Wärmequellenanlagen sind:

- Erdwärmesonde
- Grundwasser-Wärmepumpe
- Erdwärmekollektor
- Erdberührte Betonbauteile
- Thermische Untergrundspeicher, z.B. ATES (=Aquifer Thermal Energy Storage)

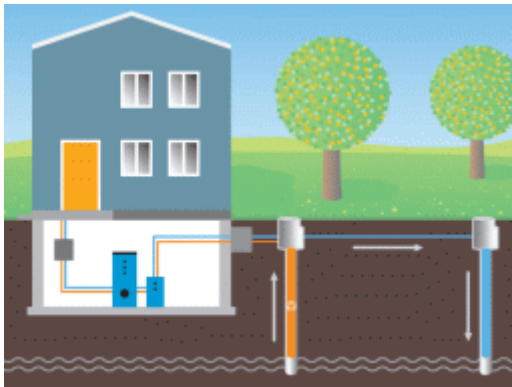
Erdwärmesonden



Haus mit Erdwärmesonden

Erdwärmesonden sind senkrechte Bohrungen, in die ein oder zwei U-Rohre oder seltener auch ein Koaxialrohr als Wärmetauscher eingebracht sind.

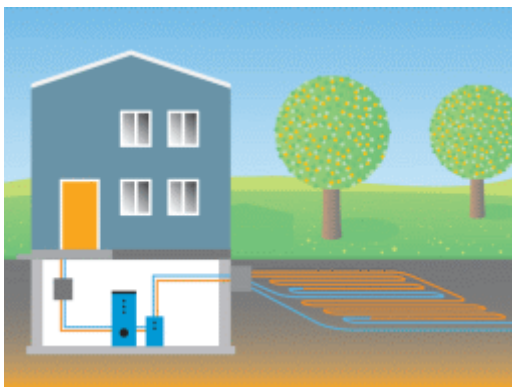
Grundwasser-Wärmepumpen



Haus mit Grundwasser-Wärmepumpe

Grundwasser-Wärmepumpen nutzen direkt die im Grundwasser gespeicherte Wärmeenergie, indem ein oberflächennahes Grundwasserstockwerk über einen Förder- und einen Schluckbrunnen erschlossen wird.

Erdwärmekollektoren



Haus mit Erdwärmekollektoren

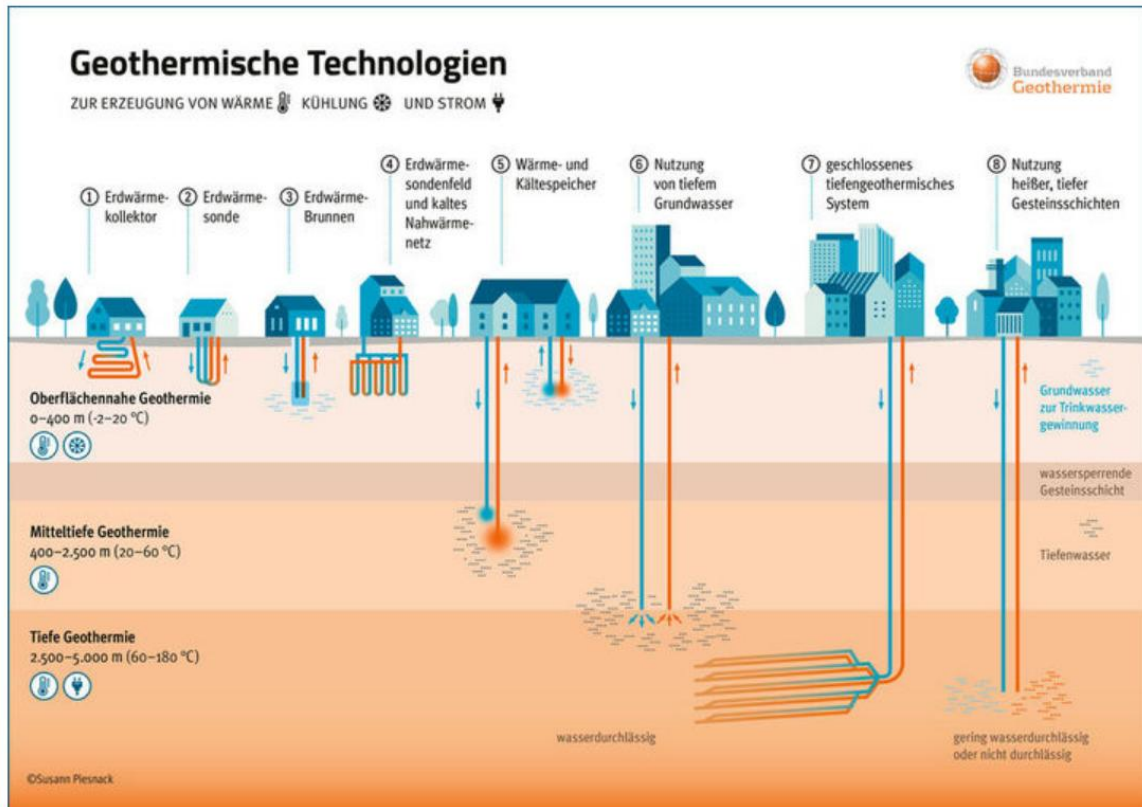
Erdwärmekollektoren sind Wärmetauscher, die meist als Sole durchflossene Rohrregister flächig in einer Tiefe von rund 1,2 bis 1,4m verlegt werden.

Zahlen zur oberflächennahen Geothermie (Bohrtiefe < 400 m)

Anzahl der Anlagen (zum Beispiel Erdwärmesonden oder -kollektoren in Verbindung mit Wärmepumpen): rund 480.000 mit ca. 4.950 MW

neu installierte Anlagen pro Jahr (Zahlen für 2024): ca. 15.000 (inkl. Grundwasser-Wärmepumpen)

Quelle: BVG, [BWP / BDH-Absatzstatistik Wärmepumpen](#)



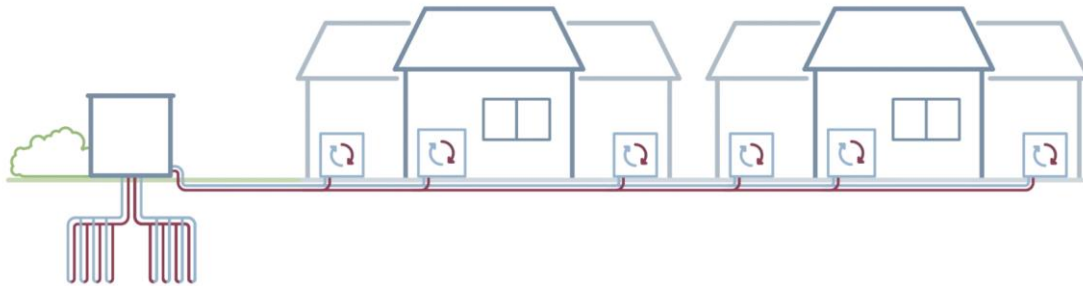
Der Einsatz von Wärmepumpen in der Bau- und Wohnungswirtschaft beschränkt sich in Deutschland bisher weitgehend auf Gebäude und Nahwärmenetze mit Temperaturen unter 80° Celsius. Wärmepumpen in diesem Bereich sind kommerziell verfügbar und liegen in allen Leistungsklassen vor. Sie können Raumwärme, Warmwasser und teilweise auch Prozesswärme – siehe obige Abbildung – erzeugen.

Im Industriesektor sind Aggregate bis 100° Celsius Standard und Prototypen erzeugen bereits einen Temperaturhub auf 140° C. Als Wärmequelle wird industrielle Abwärme oder Wärme aus der Luft oder dem Untergrund genutzt.

Oberflächennahe erdgekoppelte Systeme benötigen 1 kWh Strom für eine Wärmepumpe zur Bereitstellung von ca. 4 kWh Wärme (Wirkungsgrad COP = 4).

Systeme aus tiefergeothermischen Quellen liefern wegen höherer Temperaturen mit dem Einsatz von 1 kWh Strom je nach Standort 20 bis 50 kWh Wärme (Wirkungsgrad COP = 20 -50).

Kalte Nahwärme



Kalte Wärmenetze / Anergienetze

Dabei handelt es sich um seit vielen Jahren etablierte Strukturen, bei denen über Erdflächenkollektoren und Ringleitungsnetze die oberflächliche Geothermie in Verbindung mit Wärmepumpen genutzt wird.

Großflächige Erdwärmekollektoren werden in 1,20 – 1,50 m Tiefe eingepflügt und entziehen mit der sie durchströmenden Flüssigkeit dem Erdreich die Wärme (ca. 5-15 Grad Celsius). Diese Flüssigkeit wird über eine Verteilerleitung zu den einzelnen Wohngebäuden geführt, in den dort installierten Wärmetauschern und Wärmepumpen auf die notwendige Vorlauftemperatur für den Heizungs- und Warmwasserbedarf des jeweiligen Gebäudes gebracht. Die abgekühlte Flüssigkeit wird wieder dem Erdwärmekollektor zugeführt.

Vorteile der Anergienetze/kalten Wärmenetze sind die erheblich geringeren Kosten für Installation und Unterhaltung, die sich in der Größenordnung von Bruchteilen im Vergleich zu heißen Nahwärmenetzen bewegen. Leitungsrohre müssen nicht isoliert werden, was die Verlegung vereinfacht. Die Erhitzung auf die notwendige Vorlauftemperatur erfolgt über Wärmepumpen in den Immobilien. Auch werden durch die Auslegungen der Wärmepumpen in den einzelnen Gebäuden die individuellen Bedürfnisse besser abgebildet (Alt- oder Neubau mit unterschiedlichen Vorlauftemperaturen).

Insbesondere durch den Entfall der aufwendigen Isolierung des Leitungssystems werden die Kosten für die Installation des Netzes massiv reduziert.

Zusätzlich kann das System im Sommer zur Raumkühlung und Regeneration der Kollektoren genutzt werden.

Wird der Strom für die Wärme- und die Zirkulationspumpen über regenerative Energieträger (z.B. PV) gewonnen, ist das gesamte System CO₂-emissionsfrei.

Kalte Wärmenetze können (ebenso wie heiße Nahwärmenetze) über die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) gefördert werden. Nach wie vor fördert die BEW den Neubau von Wärmenetzen mit hohen Anteilen an erneuerbaren Energien sowie die Dekarbonisierung von bestehenden Netzen. Sie setzt sich aus vier aufeinander aufbauenden Modulen zusammen, die zeitlich gestaffelt sind.

Kalte Nahwärmenetze tragen nicht nur zur Energiewende bei, indem sie eine klimaneutrale Wärmeversorgung in Quartieren ermöglichen, sondern bieten auch eine Vielzahl weiterer Vorteile:

- **Individuelle Temperatureinstellung**
Entsprechend der individuellen Bedürfnisse verschiedener Gebäudetypen, hebt die Wärmepumpe die Temperatur auf das benötigte Niveau der Vorlauftemperatur an.
- **Geringe Wärmeverluste**
Kalte Wärmenetze weisen durch die niedrigen Betriebstemperaturen lediglich geringe bis gar keine Wärmeverluste auf.
- **Einsetzbar in Neu- und Altbau**
Kalte Nahwärme eignet sich sowohl für moderne Gebäude mit Flächenheizsystemen (Fußboden-, Wad oder Deckenheizungen aufgrund der niedrigen Vorlauftemperatur) als auch für ältere Gebäude mit anderen Wärmeübertragungssystemen.
- **Geringe Anfälligkeit für Strompreisschwankungen**
Da kalte Nahwärmenetze ausschließlich mit Strom betrieben werden, sind sie bei der Kopplung mit regenerativen Stromerzeugungsanlagen wie (Agri-) PV weniger anfällig für Schwankungen der fossilen Energiepreise und langfristig kalkulierbar.
- **Kostenersparnis im Vergleich zu fossilen Brennstoffen**
Die begrenzte Verfügbarkeit fossiler Energien, geopolitische Ereignisse und die aktuellen Umwelt- und Klimaregulierungen werden voraussichtlich zu einem Anstieg der Kosten für fossile und atomare Energieträger führen. Im Gegensatz dazu können erneuerbare Energien durch die Vermeidung der CO₂-Besteuerung und die sinkenden Netzgebühren langfristig kostengünstiger werden.
- **Geringere Investitionskosten** im Vergleich zu heißen Nahwärmenetzen durch Entfall der aufwändigen Isolierung der Leitungssysteme.

Wie startet man ein Anergie-Netz?

Anergienetze eignen sich im Vergleich zu konventionellen Wärmenetzen besonders gut für Netze in Bürger:innenhand.

Damit eine Anergienetz-Startzelle zustande kommt, muss sich eine Gruppe von mindestens drei bis fünf Liegenschaftseigentümern und -eigentümerinnen in der unmittelbaren Nachbarschaft zusammenfinden, sei in der Stadt oder auf dem Land.

Organisationsmodelle:

- **kommerzieller Betreiber (Stadtwerke bzw. Kontraktor)**
Eine kommerzielle Lösung liefert die Eigentümer:innen potentiell einem späteren Preisdiktat des Netzbetreibers aus, wenn nicht verbraucherfreundliche Preisregelungen vertraglich fixiert werden. Auch sollte darauf geachtet werden, dass die Preisanpassung (Indexierung) anhand der tatsächlich auftretenden Kosten (Strom für die Wärmepumpe, Wartung, Service, Reinvestitionen) transparent und nachvollziehbar erfolgt.
- **Bürger:innen organisieren sich gemeinschaftlich als Verein oder Genossenschaft, ggf. auch mit finanzieller und administrativer Beteiligung der Kommune.**
Die gemeinschaftliche Organisation erfordert hohes Engagement und professionelles Management.

Aus Sicht von REFI e.V. ist bei Anergienetzen ebenso wie bei regenerativen Energieprojekten eine (finanzielle) Beteiligung der lokalen Bürgerschaft von Anfang an vorzusehen und zwingende Voraussetzung.

Dies ermöglicht eine Teilhabe an der Energiewende und der Dezentralisierung der Energieversorgung.

Tiefe Geothermie

Nutzungsmöglichkeiten

Die Nutzung der im tieferen Untergrund (> 400 m) gespeicherten Erdwärme ist grundsätzlich über zwei Arten möglich:

- **Hydrothermale Energiegewinnung**

- (Nutzung von Heißwasser-Aquiferen)**

- Die hydrothermale Geothermie nutzt Heißwasser-Vorkommen im tieferen Untergrund (mit Temperaturen von ca. 40 bis über 100°C). Diese werden üblicherweise mit zwei Bohrungen ("Doublette") erschlossen, über die das heiße Wasser gefördert und im Hinblick auf eine nachhaltige Nutzung wieder in den Aquifer reinjiziert wird. Die Wärmeenergie kann bei ausreichend hohen Temperaturen in einer geothermischen Heizzentrale direkt über Wärmetauscher an den Heiznetzkreislauf übertragen werden; andernfalls müssen Wärmepumpen zwischengeschaltet werden. Bei ausreichend hohen Temperaturen (über 80°C) und Ergiebigkeit ist auch eine geothermische Stromerzeugung möglich, wobei eine Nutzung in Kraft-Wärme-Kopplung aus ökologischer und ökonomischer Sicht von Vorteil ist.

- Ein Sonderfall der hydrothermalen Geothermienutzung ist die balneologische Nutzung von warmen oder heißen Tiefenwässern in Thermalbädern (wie Überlingen, Bad Waldsee, Bad Saulgau, Jordanbad).

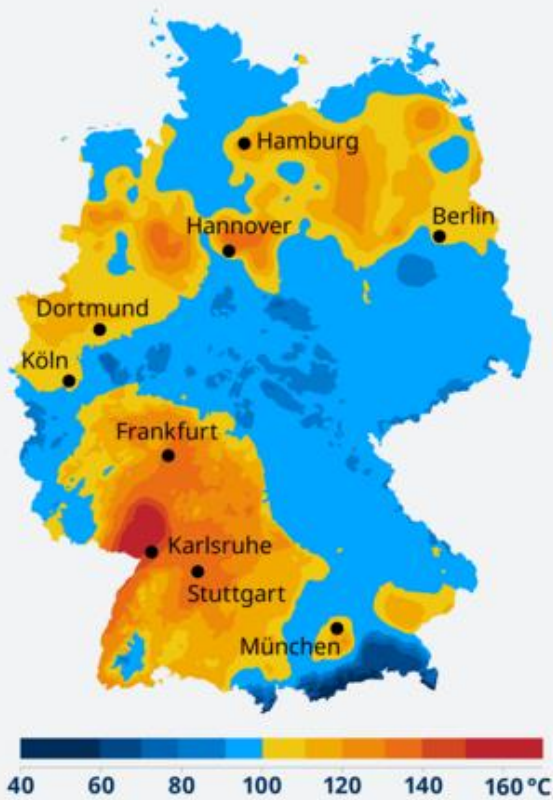
- **Petrothermale Energiegewinnung**

- (überwiegend Nutzung der im Gestein gespeicherten Energie)**

- Bei der petrothermalen Energiegewinnung wird in heißen, trockenen oder nur gering durchlässigen Tiefengesteinen durch die Erzeugung künstlicher Risse oder durch das Aufweiten natürlicher Rissflächen eine hydraulische Verbindung zwischen mindestens zwei Bohrungen hergestellt. Die Risse dienen als Wärmetauscherflächen, so dass kühles Wasser in einer Bohrung verpresst und in den anderen Bohrungen als Heißwasser wieder gefördert werden kann. Dieses Verfahren wird meist als Hot-Dry-Rock-Verfahren (HDR) bezeichnet, weitere Bezeichnungen für diese Verfahren sind Deep Heat Mining (DHM), Hot Wet Rock (HWR), Hot Fractured Rock (HFR) oder Stimulated Geothermal System (SGS). Der umfassende Begriff für derartige Systeme ist Enhanced Geothermal Systems (EGS).

Potenzial der Geothermie in Deutschland

Temperaturen in 3000 Metern Tiefe auf Basis von Bohrdaten



 Quelle: Agemar (LIAG) | Eigene Darstellung

Tiefe Geothermie kann zur hydrothermalen Wärmeversorgung und/oder hydrothermalen Stromerzeugung genutzt werden.

Diese Systeme sind grundlastfähig und regelbar.

Theoretisch könnte die unterirdische Wärme in Deutschland ein Vielfaches des bundesweiten Energieverbrauchs decken.

Vorteile der tiefen Geothermie:

- hohes Potential
- selbst erneuernd (Jahrzehnte!)
- Wärme + Stromproduktion möglich
- keine CO₂-Emissionen
- unterirdische Kraftwerke – geringer oberirdischer Flächenverbrauch
- immer (24/7) und kurzfristig verfügbar (Grundlastfähigkeit)
- saisonal übergreifende Wärmespeicherung durch ATES (Aquifer Thermal Energy Storage)

Grundsätzlich werden folgende tiefe Geothermie-Systeme unterschieden:

1. Hydrothermale Geothermie (2-4 km Tiefe)
2. Petrothermale Systeme (EGS) (5-7 km Tiefe)
3. Geschlossene tiefe Systeme (AGS) (5-12 km Tiefe)

Voraussetzungen:

- Wärmequelle
- Fluide (H₂O-Dampf), ausreichende Wärmeflussrate und Wärmefließdichte
- Permeabilität – Fließwege

Nutzungsmöglichkeiten:

- direkte Nutzung für Wärmebereitstellung (Fernwärme, Gewächshäuser/Bäder/Industrie)
- Elektrizität (> 100 Grad C im Reservoir benötigt)

Probleme:

- Erdbeben (Basel)
- ungenügende Fließwege
- quellende Erdschichten (Staufen)
- die Bohrkosten steigen exponentiell zur Bohrtiefe

Sinnvolle Kombination von regenerativen Energien:

- Solarenergie (fluktuierend)
- Windenergie (fluktuierend)
- Geothermie (grundlastfähig, spitzenlastfähig)
- Biomasse (grundlastfähig, spitzenlastfähig)
- Wasserkraft (grundlastfähig, bei Pumpspeicherkraftwerken auch spitzenlastfähig)

Geothermie und Biomasse-Kraftwerke können somit Atom-, Gas- und Kohlekraftwerke ersetzen.
--

Voraussetzung für die Nutzung der tiefen Geothermie zur Wärmeversorgung sind allerdings Anschlussmöglichkeiten an bestehende Nah- bzw. Fernwärmenetze.

Die Europäische Entwicklungsbank **EBRD** (European Bank für Reconstruction and Development) bietet verschiedene Fördersysteme und Beihilferegelungen zum internationalen Ausbau der Tiefengeothermie an.

Wertschöpfung der tiefen Geothermie

Es kommt zu einer Aktivierung des hohen Wertschöpfungs- und Arbeitsmarktpotenzials von 5 bis 10 Personen je MW installierter Leistung entlang der Wertschöpfungskette von Forschung und Entwicklung, Komponentenproduktion, Verwaltung, Anlagenbau und -betrieb durch innovations- und wirtschaftsfördernde Maßnahmen.

Flankierende bildungspolitische Maßnahmen (Curricula, Weiterbildungen, überbetriebliche Ausbildungszentren, Anwerbeprogramme) werden zur Beseitigung von mangelnden personellen Kapazitäten benötigt.

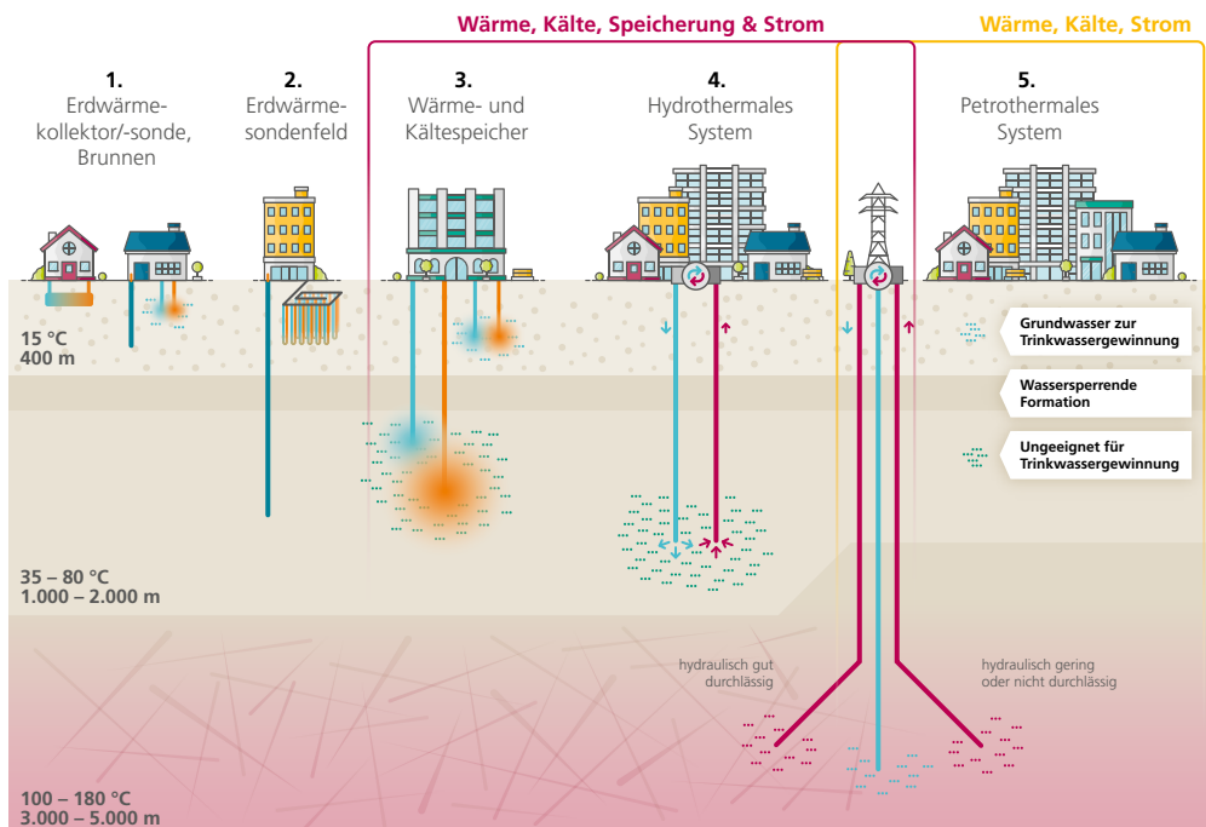


Abbildung 1:
Geothermische Systeme zur Speicherung und Bereitstellung von Wärme sowie Kälte und Strom. Oberflächennahe Technologien (links) sind flächendeckend marktfähig. Die rote Umrandung stellt den Geltungsbereich der im Rahmen des Strategiepapiers behandelten hydrothermalen Systeme und Speicher dar; die gelbe Umrandung zeigt petrothermale Systeme.

Quelle: Fraunhofer

Daten für Baden-Württemberg:**Informationssystem oberflächennahe Geothermie für BW (ISONG)**

[Informationssystem oberflächennahe Geothermie Baden-Württemberg \(ISONG\) \(lgrb-bw.de\)](https://www.lgrb-bw.de)

Interessenverbände:

Erdwärmegemeinschaft Bayern e.V.

Bundesverband für Geothermie

Regionales Unternehmen:

BauGrund Süd Gesellschaft für Geothermie mbH

Zeppelinstraße 10

88410 Bad Wurzach

Deutschland

+49 7564 9313-0

info@baugrundsued.de

www.baugrundsued.de

Daten zur tiefen Geothermie (Bohrtiefe > 400 m)

Anzahl der Anlagen in Betrieb (Stand Mai 2025): 42

- Heizwerke: 40
- Kraftwerke: 11
 - Heizkraftwerke (Wärme + Strom): 9
 - Kraftwerke (nur Strom): 2

installierte Wärmeleistung: 408 MW

installierte elektrische Leistung: 46 MW

Durchschnittliche Teufe in m: ca. 2.500 m

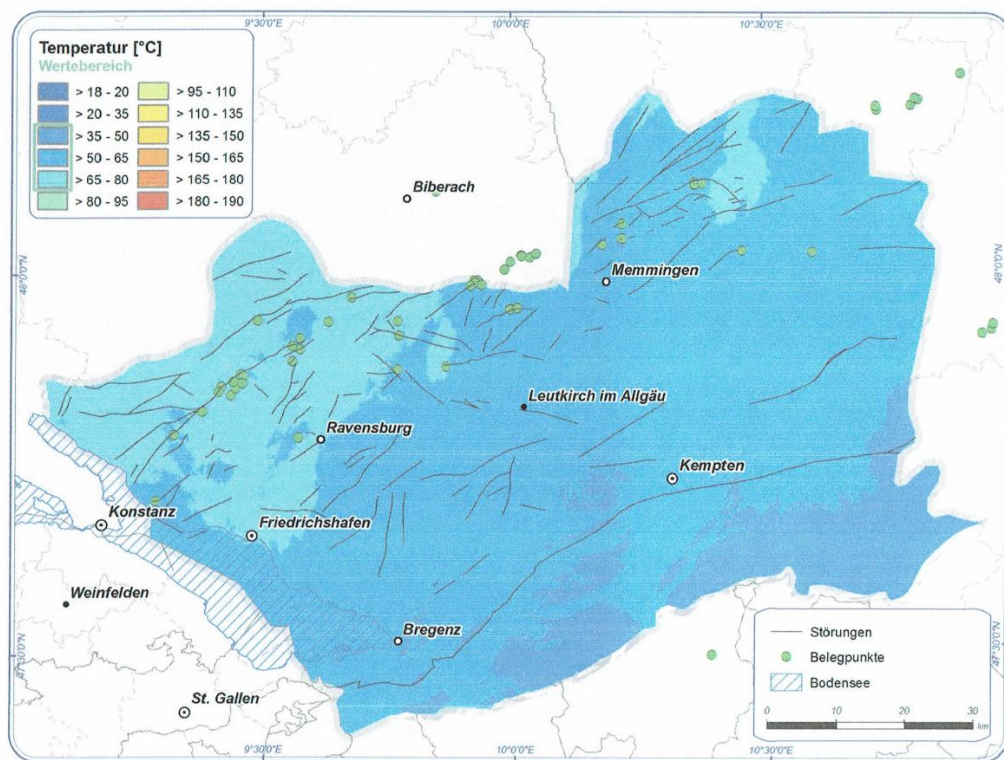


Abb. 7-6: Temperatur in 1.500 m unter Gelände.

Zusammenfassung zur Geothermie

Die Erschließung und Nutzung oberflächennaher Geothermie durch Erdwärmebohrungen oder -Kollektoren ist in Deutschland bereits Usus.

Um eine kostengünstige und schnell umsetzbare Nahwärmeversorgung als Ergänzung zum heißen Nahwärmenetz der Bioenergie Isny (BEI) zu ermöglichen, bietet sich für Isny ein weiteres kaltes Wärmenetz/Anergienetz in Zusammenarbeit mit Landwirten auf Isnyer Gemarkung in Verbindung mit Agri-PV an.

Da die geologischen Verhältnisse für Maierhöfen ebenso zutreffen, kann auch hier die Dekarbonisierung der Gebäudebeheizung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung relativ kostengünstig und zeitnah umgesetzt werden.

In Kombination von Anergienetzen mit entsprechend ausgelegten Agri-PV Anlagen und Wärmepumpen in den Gebäuden kann eine CO₂-freie Wärmeversorgung erreicht werden.

Anergienetze ermöglichen nicht nur einen kostengünstigen und schnellen Anschluss vieler Gebäude sowohl im Alt- als auch im Neubaubestand, sondern auch die zügige Umsetzung der flächendeckenden kommunalen Wärmeplanung und bieten der lokalen Landwirtschaft ein weiteres wirtschaftliches Standbein.

Sie können mit lokalen/regionalen Partnern umgesetzt werden, was die Wertschöpfung in der Region sichert.

Für Tiefengeothermie ist das süddeutsche Molassebecken grundsätzlich geeignet und könnte als CO₂-freie Alternative für die Verbrennung von Öl, Gas, Kohle und Holz für große Wärmeerzeugungsanlagen dienen (Heizkraftwerke, BHKW, industrielle Wärme) oder auch für das Betreiben von bestehenden großen Nahwärmenetzen, wie in München.