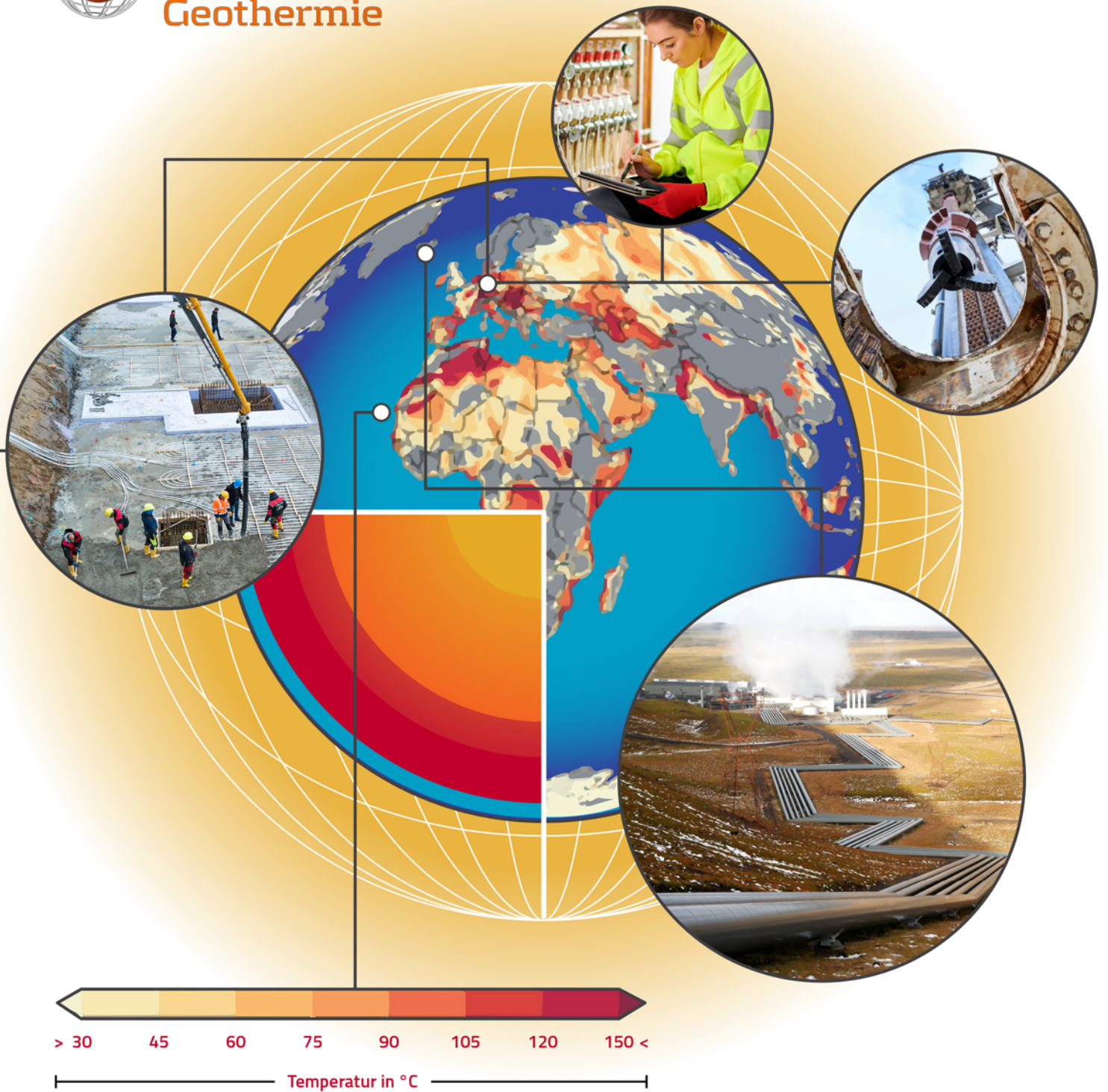




Bundesverband  
**Geothermie**



# Geothermie

Erneuerbare Energie aus der Tiefe der Erde

Ein Lernheft für die Klassenstufen 9 und 10

## Förderhinweis (Stand 14.12.2021)

Dieses Projekt wurde gefördert durch das Umweltbundesamt und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. Die Mittelbereitstellung erfolgt auf Beschluss des Deutschen Bundestages.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit  
und Verbraucherschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Förderkennzeichen (FKZ) 372123V252

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung trägt der Herausgeber Bundesverband Geothermie e.V.



## Tipps zur Arbeit mit diesem Arbeitsheft

Auf den Arbeitsblättern erklären dir diese Symbole schnell, um welche Art Aufgabe es sich handelt :



### Rätselaufgabe

Hier sind schriftliche Antworten gefragt.



### Webquest

Suche am Computer oder Handy nach Antworten.



### Schau dir ein Video an.

Pass dabei gut auf, denn zu den Videos gehören oft Aufgaben.

Die Aufgaben sind in verschiedene Schwierigkeitsstufen unterteilt:



### Stufe 1

Gelerntes wiedergeben



### Stufe 2

Zusammenhänge herstellen



### Stufe 3

Reflektieren und Beurteilen



**Die Lösungen zu den Aufgaben findest du auf Seite 20-21.**



### Lexikon

Eine Erklärung zu den Fachwörtern findest du auf:

[Geothermie Lexikon des Bundesverbandes Geothermie](#)

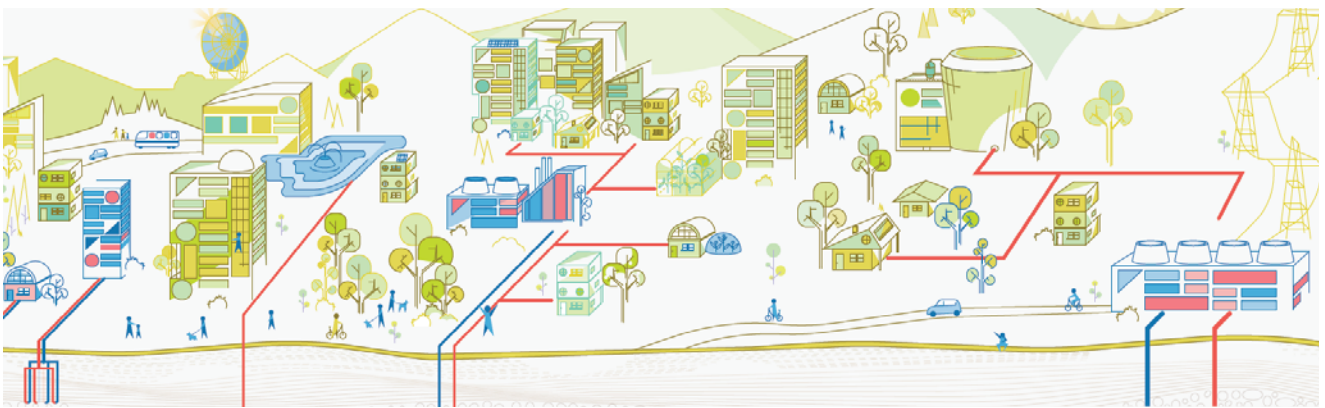
# Inhalt

Tipps zur Arbeit mit diesem Arbeitsheft	2
<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>1. Oberflächennahe Geothermie</b>	<b>5</b>
1.1 Die Wärmepumpe - eine klimafreundliche Heiztechnologie	5
1.2 Der Klassiker: Eine Erdwärmeheizung für ein Einfamilienhaus	7
1.3 Dezentrale Wärmeversorgung mit Kalten Nahwärmenetzen	8
<b>2. Tiefe Geothermie</b>	<b>11</b>
2.1 Technische Möglichkeiten der Stromerzeugung mit Geothermie	14
2.2 Flashverfahren	15
2.3 Binärverfahren	16
<b>3. Team Erneuerbare – Ausbildungsmöglichkeiten für die Macher*innen der Wärmewende</b>	<b>18</b>
3.1 Brunnenbauer*in	18
3.2 Rohrleitungsbauer*in	19
3.3 Heizungsbauer*in	19
<b>Anhang</b>	<b>20</b>
Weiterführende Informationen	20
Lösungen der Aufgaben	20
Lexikon	21
Impressum	22
Notizen	23

# Einleitung

Um die Klimaziele Deutschlands zu erreichen, muss der nationale Verbrauch an fossilen Energieträgern, wie Erdgas, Heizöl und Kohle, drastisch sinken. Geothermie kann dabei einen großen Beitrag leisten. Mit Tiefer Geothermie können beispielsweise Wärmenetze in Städten oder der Energieverbrauch einer industriellen Anlage klimaneutral umgestaltet werden. Mit Oberflächennaher Geothermie lassen sich einzelne Gebäude bis hin zu ganzen Neubaugebieten beheizen (siehe Lernheft 1 & 2). Mit Geothermie kann man jedoch nicht nur heizen, sondern auch im Sommer ein Gebäude passiv kühlen oder einen saisonalen Wärmespeicher bauen. Je nachdem, wie viel Wärme oder Kälte benötigt wird, kommt Oberflächennahe- oder Tiefe Geothermie zum Einsatz.

Um die Wärmewende in Deutschland und damit unsere Klimaziele zu schaffen, muss das Potenzial der Oberflächennahen Geothermie und der Tiefen Geothermie deutlich stärker genutzt werden. Für die Tiefe Geothermie werden je Megawatt installierter Leistung etwa fünf bis zehn akademische Fachkräfte gebraucht (siehe Lernheft 4). Über 6.000 Spezialist\*innen der Oberflächennahen Geothermie werden benötigt, um schätzungsweise sechs Millionen Erdwärmepumpen bis 2030 und acht Millionen Erdwärmepumpen bis 2050 einbauen zu können. In diesem Lernheft findest du Informationen zu Ausbildungsmöglichkeiten, um die Wärmewende mitzugestalten.



▲ **Abbildung 1:**  
Geothermie ist sehr vielseitig und lässt sich flexibel einsetzen.



## Webquest 1: Geothermie in deiner Region



Welche Geothermieprojekte mit Wärmepumpen gibt es in deiner Region? Finde es auf [www.waermepumpe-regional.de](http://www.waermepumpe-regional.de) heraus. Gib deinen Heimatort oder eine nahegelegene Stadt ein und suche nach Wärmepumpen mit Erdwärme. Welches Projekt gefällt dir am besten?

# 1. Oberflächennahe Geothermie

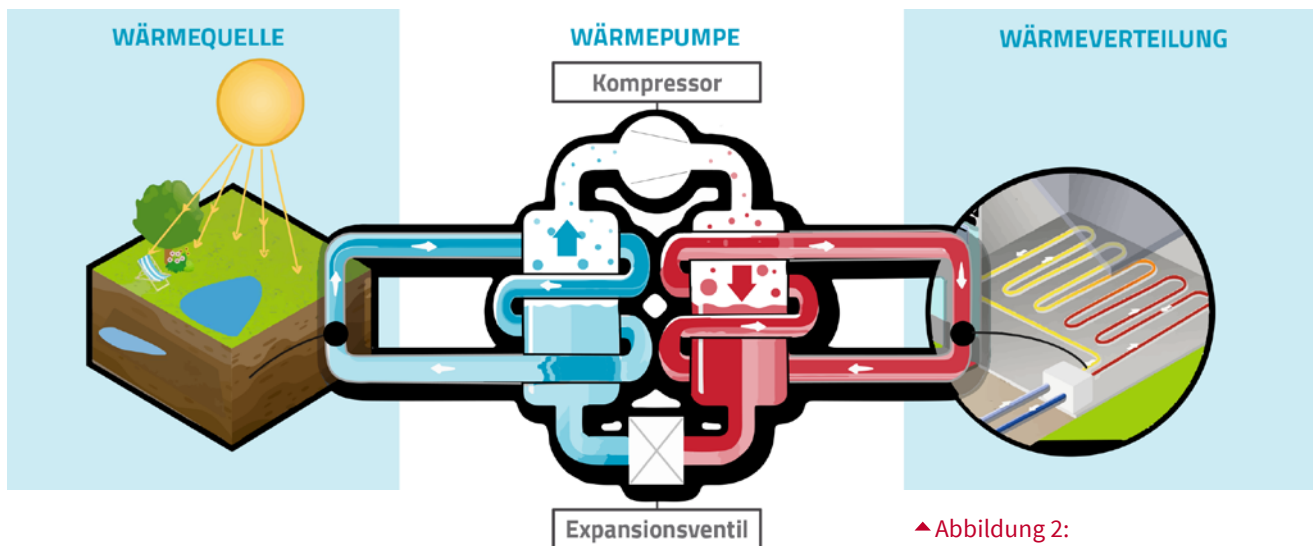
Die Oberflächennahe Geothermie nutzt den Untergrund bis zu einer Tiefe von circa 400 Metern für das Beheizen und Kühlen von Gebäuden, technischen Anlagen oder ganzen Neubaugebieten. Hierzu wird die Wärme oder Kühlenergie aus den oberen Erd- und Gesteinsschichten oder aus dem Grundwasser gewonnen (siehe Lernheft 1, Kapitel 2.1). Man kann mit ihrer Hilfe auch Gewächshäuser beheizen oder einen saisonalen geothermischen Wärmespeicher bauen.

In über 440 000 Ein- oder Mehrfamilienhäusern, öffentlichen Einrichtungen, Krankenhäusern, Schulen oder Gewerbebetrieben wird die Oberflächennahe Geothermie in Deutschland eingesetzt. Die nötigen Investitionen für den Einbau einer Erdwärmeheizung werden über staatliche Förderprogramme gefördert. Wärmepumpen, die mit Strom aus erneuerbaren Energien betrieben werden, gelten als entscheidendes Klimainstrument in Gebäuden. 2021 kamen 27 000 Oberflächennahe Geothermieanlagen hinzu.

## 1.1 Die Wärmepumpe - eine klimafreundliche Heiztechnologie

Die Bevölkerung Deutschlands verbraucht jedes Jahr etwa 800 Terawattstunden (TWh/a) für Raumwärme (Heizung) und warmes Wasser. Mit Oberflächennaher Geothermie könnte bis zu 75 Prozent dieses Wärmebedarfs gedeckt werden, was einer Wärmeleistung von 600 TWh/a entspricht. Außerdem könnte im Sommer über dieselben Systeme eine klimaneutrale, passive Kühlung von Gebäuden erreicht werden (siehe Lernheft 1, Kapitel 2.2).

Zu jeder Oberflächennahen Geothermieanlage gehört eine Wärmepumpe, die die geothermische Wärme auf das gewünschte Temperaturniveau hebt. Sie funktioniert ähnlich wie ein Kühlschrank. Nur wird dort nicht Wärme von innen nach außen transportiert, sondern von außen nach innen.



▲ Abbildung 2:  
Wärmefluss einer Erdwärmeheizung



## Webquest 2: Heizen ohne Gas? Faktencheck Wärmepumpe

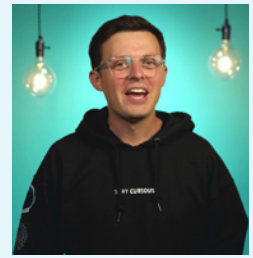
Lass dir in Breaking Lab von Jacob Beutemps erklären, was es mit der Wärmepumpe auf sich hat. Er zeigt, wie Wärmepumpen funktionieren, wo sie überall eingesetzt werden können und ob sie unser Wärme-Problem lösen können.



Breaking Lab:

Heizen ohne Gas? Faktencheck Wärmepumpe

[Link zum Video von Breaking Lab zum Thema Wärmepumpe](#)



▲ **Abbildung 3:**  
Jacob Beutemps  
Breaking Lab



## Video ab!



In Breaking Lab wird ab Minute 3:20 bis Minute 4:15 das Funktionsprinzip einer Wärmepumpe erklärt. Eine noch ausführlichere Erklärung findest du in diesem Video:

WOLF Heizung und Lüftung: | WOLF erklärt die Wärmepumpe (100SekundenPhysik)

[Link zum Video von WOLF Heizung und Lüftung zum Thema Wärmepumpe](#)

## Platz für dein Wissen



### **Aufgabe 1: Funktionsprinzip Wärmepumpe**

1. In welcher Reihenfolge werden die Prozessschritte einer Wärmepumpe in dem Video „WOLF erklärt die Wärmepumpe“ erklärt? Trage dazu die Nummerierung 1 bis 4 in die roten Kreise ein.
2. Ordne jedem Prozessschritt das richtige Bild zu, indem du den Texte und den Bildausschnitten mit einer Linie verbindest (siehe Abbildung 2):

<input type="radio"/>	Das Kühlmittel verdampft durch die Umgebungswärme. Die Siedetemperatur des Kältemittels ist niedriger als die Temperatur der Umgebung.		
<input type="radio"/>	Im Verflüssiger kondensiert (= verflüssigt) das Kältemittel und gibt dabei seine Wärmeenergie an das Heizsystem ab. Diese entspricht der Umgebungswärme zuzüglich der Antriebsenergie des Verdichters.		
<input type="radio"/>	Das unter Druck stehende Kältemittel gelangt über das Expansionsventil in den Verdampfer. Es ist nun wieder auf dem gleichen Temperatur- und Druckniveau wie zu Beginn.		
<input type="radio"/>	Das gasförmige Kühlmittel wird in einem Verdichter (= „Kompressor“) komprimiert. Dadurch steigt der Druck und damit auch die Temperatur des Gases.		

## 1.2 Der Klassiker: Eine Erdwärmeheizung für ein Einfamilienhaus

Eine Familie besitzt noch eine alte Erdgasheizung in ihrem Heizungskeller, die endlich ersetzt werden soll. Den Heizungswechsel lässt sich die Familie durch Förderprogramme ihres Bundeslandes und des Bundes fördern. Obwohl der Einbau einer Luftwärmepumpe zunächst günstiger geworden wäre, hat die Familie sich für eine Erdwärmebohrung entschieden. Eine Erdwärmepumpe ist langfristig oft günstiger, als eine Luftwärmepumpe. Auf dem Grundstück gab es im Vorgarten genug Platz und die geologischen Verhältnisse waren gut (siehe Lernheft 2, Kapitel 7).



▲ **Abbildung 4:**  
Auch im Altbau kann Geothermie sinnvoll eingesetzt werden



### Video ab!

Lass dir zeigen, wie ein Team von Heizungstechnikern und Bohreräteführern eine Gasheizung durch eine Erdwärmeheizung ersetzt. Achte darauf, welche Komponenten die Erdwärmeheizung besitzt und beantworte die untenstehenden Fragen.



Henrich Schröder GmbH

Erdwärme in der Praxis: Umstellung einer Heizung mit Tiefenbohrung

[Link zum Video von Henrich Schröder GmbH zum Thema Erdwärme in der Praxis](#)

### Platz für dein Wissen



### ○ Aufgabe 2: Umstellung einer Heizung mit Oberflächennahe Geothermie

Kreuze die richtige Antwort an:

1. Wie viele Meter schafft das Bohrgerät für Oberflächennahe Geothermie im Videobeispiel am Tag?

50 Meter pro Tag

10 Meter pro Tag

500 Meter pro Tag

100 Meter pro Tag

2. Wie lange hält eine Erdwärmesonde durchschnittlich?

Mehrere Monate

Mehrere Jahre

Mehrere Jahrzehnte

3. Wie viel Prozent CO<sub>2</sub> spart die Familie in dem Beispiel mit ihrer neuen Erdwärmeheizung im Vergleich zu der alten Gasheizung?

30 Prozent

90 Prozent

50 Prozent

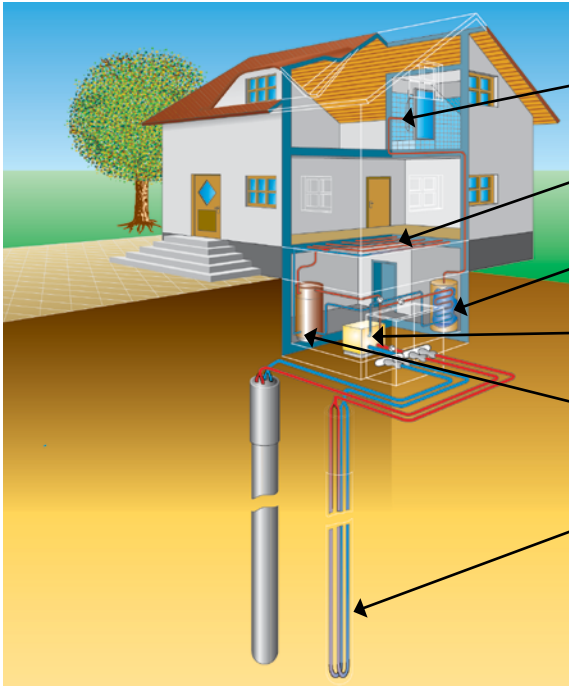
70 Prozent

20 Prozent



**Aufgabe 3: Funktionsprinzip der Erdwärmeheizung  
(Variante: Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdwärmesonde)**

Ordne die Worte Speicher (Pufferspeicher), Heizkörper (hier Fußbodenheizung), Dusche (Warmwasserleitung), Erdwärmesonde (U-Sonde), Trinkwarmwasserspeicher und Wärmepumpe den korrekten Komponenten in der Infografik zu. Tipp: Wenn du dir unsicher bist, schau in Lernheft 2 auf Seite 13 nach.



- 1 \_\_\_\_\_
- 2 \_\_\_\_\_
- 3 \_\_\_\_\_
- 4 \_\_\_\_\_
- 5 \_\_\_\_\_
- 6 \_\_\_\_\_

◀ **Abbildung 5:**  
Schema einer Sole-Wasser-Wärmepumpe mit einer Erdwärmesonde

**1.3 Dezentrale Wärmeversorgung mit Kalten Nahwärmenetzen**

2020 lebten 77,4 Prozent der deutschen Bevölkerung in Städten, weshalb hier die Wärmewende eine besonders wichtige Rolle spielt. Falls kein zentrales Fernwärmenetz (siehe Lernheft 1, Kapitel 3.5) verfügbar ist, kommen

dezentrale Versorgungsmöglichkeiten infrage. Statt einem großen, zentralen Heizwerk mit angeschlossenem Fernwärmenetz, sammelt ein dezentrales Nahwärmenetz die Wärme oft mehrerer lokaler Wärmequellen ein, um die direkte Umgebung zu versorgen (siehe Abbildung 8).



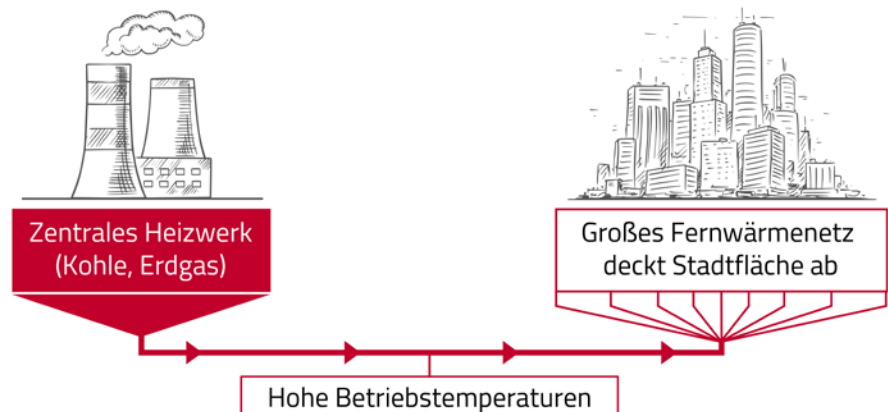
▲ **Abbildung 6:**  
Kalte Nahwärmenetze sind eine gute Lösung, wenn ein neues Quartier in der Stadt (links) oder ein Neubaugebiet auf dem Land (rechts) mit nachhaltiger Wärme versorgt werden soll und genug Platz für Flächenkollektoren vorhanden ist.



Der Neubau eines Kalten Nahwärmenetzes ist günstiger als der Neubau eines Fernwärmenetzes. Denn bei „Kalter Nahwärme“ sind die Betriebstemperaturen im Netz niedriger und werden erst beim Endverbraucher durch eine Wärmepumpe auf das gewünschte Temperaturniveau angehoben. Durch die niedrigen Betriebstemperaturen des Nahwärmenetzes entstehen weniger Wärmeverluste von der Wärmequelle bis zum Endverbraucher. Auf ihrem Weg durch die langen Leitungen des Nahwärmenetzes kühlt sie aufgrund des geringeren Temperaturunterschieds zum umgebenden Erdreich langsamer ab, als es bei einem heißen Fernwärmenetz der Fall wäre. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Leitungen des Kalten Nahwärmenetzes weniger aufwendig gedämmt werden als bei einem Fernwärmenetz. Der Bau ist also in der Regel günstiger. In herkömmlichen Fernwärmenetzen ist die Betriebstemperatur hingegen hoch, wodurch die Leitungen des Netzes besonders gut gedämmt werden müssen, was kostenintensiv werden kann.

Die große Flexibilität in der Einbindung verschiedener

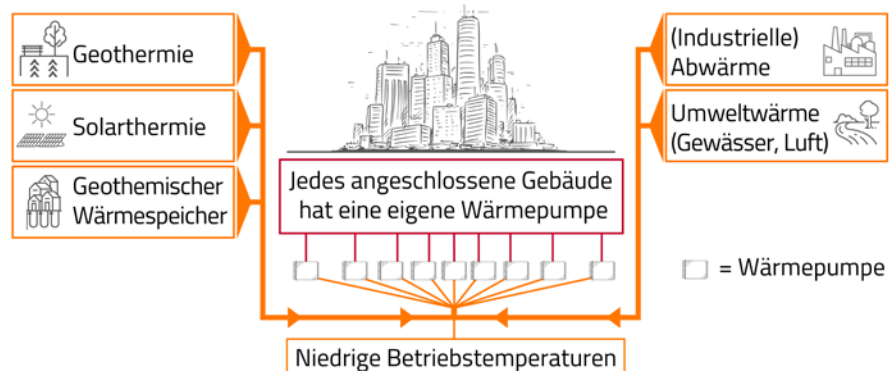
## Klassisches Fernwärmenetz



▲ **Abbildung 7:**

Klassisches Fernwärmenetz mit einem zentralen, oft fossilen Heizwerk. Dieses kann bei geologischer Eignung durch ein geothermisches Heizwerk ersetzt werden.

## Dezentrale Nahwärmenetze



▲ **Abbildung 8:**

Dezentrale Wärmeversorgung über ein Kaltes Nahwärmenetz mit beispielhaften Wärmequellen. Neben der oberflächennahen Geothermie gibt es noch weitere Möglichkeiten, wie die Wärmerückgewinnung aus Abwasser, Biogas, Holzhackschnitzeln usw. Ein Nahwärmenetz hat eine geringere Reichweite als ein Fernwärmenetz.

Wärmequellen ist sowohl für kleine Gemeinden als auch für die Versorgung von städtischen Quartieren vorteilhaft. Geothermie spielt in kalten Nahwärmenetzen sowohl als Wärmequelle als auch als Wärmespeicher eine Rolle. Erdwärmesonden oder Flächenkollektoren (siehe Lernheft 1, Kapitel 2.1) entziehen mithilfe von Wärmepumpen dem Erdreich Wärmeenergie, die über Rohrleitungen zu den Verbrauchern transportiert wird. Mit Erdwärmesonden kann im Sommer die überschüssige Wärme für den Winter gespeichert werden (siehe Webquest 3).



## Webquest 3: Kalte Nahwärmenetze

### 1. Bamberg Lagarde 4.0 – Klimaneutrale Quartierssanierung in Innenstädten

Mitten in der Stadt werden 70 Prozent der benötigten Wärme mit Hilfe von Ressourcen erzeugt, die sich direkt vor Ort auf dem alten Gelände in Bamberg befinden. Was für Einfamilienhäuser auf dem Land



Standard ist, gilt innerhalb einer bestehenden städtischen Infrastruktur mit Alt- und Neubauten, Wohnhäusern, Bürokomplexen und Gewerbeflächen als Neuland.

Stadtwerke Bamberg | Lagarde 4.0 - Vorzeigeprojekt in Deutschland.

[Link zum Video der Stadtwerke Bamberg über Lagarde 4.0](#)



▲ Abbildung 9:

Die Erdwärmekollektoren (ringförmige Rohre) werden in das Betonfundament der Neubauten eingelassen.

### 2. GReNEFF -Projekte in Maikammer und Harthausen – Klimaneutrale Neubaugebiete

Anstatt, dass jeder Hausbesitzer in den Neubaugebieten Maikammer und Harthausen eine eigene Gasheizung einbaut, werden gemeinschaftlich genutzte Erdsondenfelder errichtet. In Kombination mit einer Photovoltaikanlage kann das komplette Quartier CO<sub>2</sub>-neutral versorgt werden.



Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH

Kalte Nahwärme: Zukunftssicher und klimafreundlich – GReNEFF-Projekte in Maikammer und Harthausen

[Link zum Video der Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH zum Thema Kalte Nahwärme](#)

### 3. SMART Block\_Geblergasse – Altbausanierung in einer historischen Innenstadt

Wie machen wir die Wärmeversorgung unserer Innenstädte zukunftsfähig? Wien ist ein Vorreiter Europas, was die Nutzung der Geothermie betrifft. Hier heißen Kalte Nahwärmenetze „Anergienetze“. Das Projekt „SMART Block\_Geblergasse“ im Zentrum von Wien ist als smartes, dezentrales, Kaltes Nahwärmenetz ein besonders gutes Beispiel für die Energiewende im geschlossenen Altbaubestand. Es gilt als Vorbild für viele vergleichbare Innenstädte Nordeuropas. Hier wurde Solarthermie mit einem geothermischen Wärmespeicher kombiniert.



Open House Wien | SMART BLOCK\_Geblergasse

Open House Wien | SMART BLOCK\_Geblergasse

[Link zum Video von Open House Wien zum Thema Smart Block Geblerstraße](#)

## 2. Tiefe Geothermie

Als Tiefe Geothermie bezeichnet man die Nutzung der Erdwärme aus Tiefen zwischen etwa 400 bis etwa 5000 Metern. Je tiefer gebohrt wird, desto höher werden in der Regel die Temperaturen des umgebenden Gesteins (siehe Lernheft 2, Kapitel 7.2). Man unterscheidet in der Tiefen Geothermie zwischen Hochenthalpieregionen (Thermalwasser über 200 °C) und Niederenthalpieregionen (Thermalwasser unter 200 °C). In den besonders heißen Hochenthalpieregionen wird mit Geothermie in der Regel Strom erzeugt, in Niederenthalpieregionen oft Wärme. Ab einer verfügbaren Temperatur

von etwa 120 °C kann eine Stromproduktion wirtschaftlich sinnvoll sein (Beispiel Geothermiekraftwerk Insheim). Hochenthalpieregionen liegen in Gebieten mit geothermalen Anomalien wie beispielsweise tektonischen Plattengrenzen, Grabensystemen, vulkanisch aktiven Regionen oder unterirdischen Magmakammern. In diesen Gebieten gibt es bereits ab einer Tiefe von 600 Metern bis 2.000 Metern heiße Thermalwasser- oder Dampfvorkommen, die manchmal in Form heißer Quellen an die Erdoberfläche treten.



▲ **Abbildung 10:**

Die Thermalquelle „Sorgente del Fosso Bianco“, auch „Poggetto“ genannt, liegt in Italien. Bis heute kann man in ihren natürlichen Becken baden. Das Wasser hat eine Temperatur von 48 °C.



## Webquest 4: Ein Geothermieheizwerk entsteht

In Hamburg wird bis 2024 ein Geothermieheizwerk direkt an der Elbe gebaut. Die Stadtwerke Energie Hamburg zeigt in ihrem Projekttagbuch, wie die Anlage entsteht. Gewinne spannende Eindrücke aus einem der größten Geothermieprojekte Deutschlands!



Stadtwerke Hamburg

Projekttagbuch Geothermie Wilhelmsburg

[Link zum Projekttagbuch der Stadtwerke Hamburg zum Bau der Geothermieheizwerks in Hamburg](#)

### ► Abbildung 11:

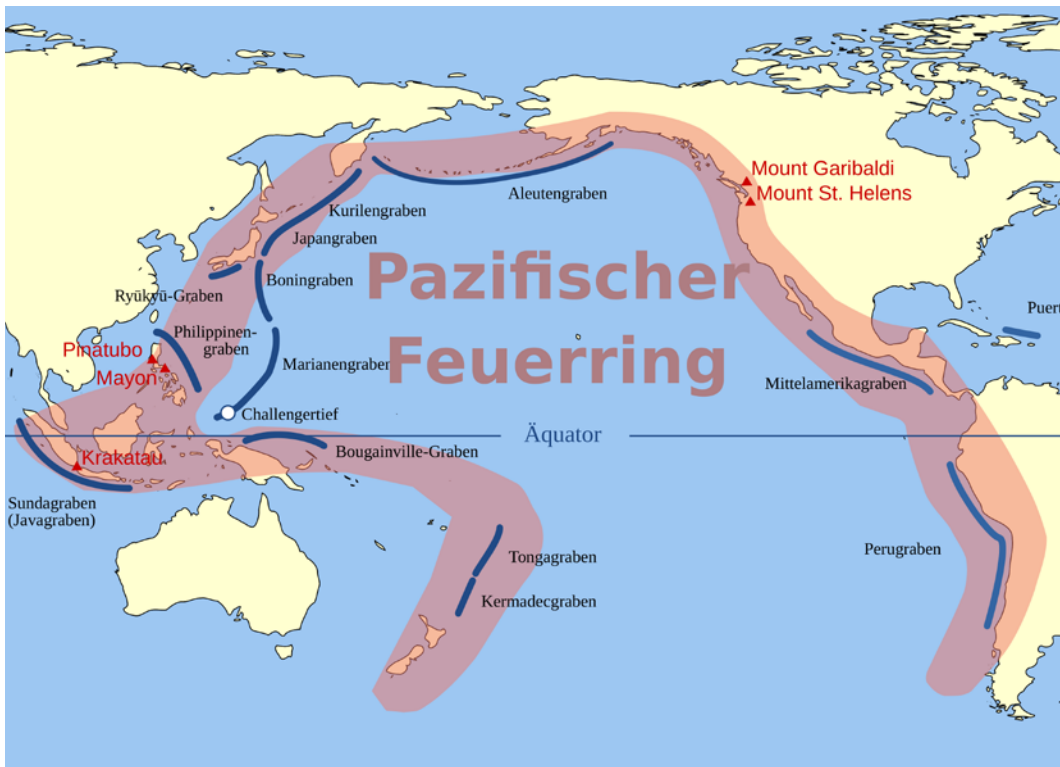
Luftbild der Baustelle des Geothermieheizwerkes Hamburg Wilhelmsburg vom Januar 2022. Hier wird von einem Kran (orange, links) gerade der riesige Bohrturm aufgebaut (Mitte).



In Deutschland wird mithilfe der Tiefen Geothermie hauptsächlich Wärme in Geothermieheizwerken mit angeschlossenem Fernwärmenetz erzeugt. An bisher wenigen Standorten mit besonders hohen Temperaturen ist auch eine Stromerzeugung möglich.

In anderen Ländern mit Hochenthalpieregionen sind Geothermiekraftwerke wesentlich häufiger als Geothermieheizwerke. In vulkanisch aktiven Gebieten kann bereits in geringen Tiefen mit hohen Temperaturen gerechnet werden. Hier finden sich weltweit die meisten Geothermiekraftwerke. Die größte geothermische Anlage der Welt ist der „Geysers Geothermal Complex“ in den Vereinigten Staaten, nördlich von San Francisco. Er besteht aus 22 Kraftwerken und befindet sich auf einer tiefen Magmakammer, die sich über etwa 80 Quadratkilometer erstreckt. Mit Geothermie kann durch die Nutzung der Wärmeenergie in den umgebenden Gesteinsschichten der Magmakammer 900 Megawatt Strom erzeugt werden. Auf Platz zwei der Weltrangliste der größten Geothermiekraftwerke liegt das

<b>Anzahl der Tiefen Geothermieprojekte in Deutschland (Stand 2022)</b>	<b>42</b>
Geothermieheizwerke	30
Geothermiekraftwerke	3
Geothermieheizkraftwerke	9



◀ **Abbildung 12:** Der Pazifische Feuerring (eng.: Ring of Fire) spielt für die Geothermienutzung eine herausragende Rolle. Vulkangebiete (rote Zonen) und ozeanische Gräben (blaue Striche), die das Pazifikbecken teilweise umschließen, bilden eine Zone mit häufigen Erdbeben und Vulkanausbrüchen. In diesen Regionen kann die Energie des Erdinneren besonders leicht genutzt werden.

italienische Geothermiekraftwerk Larderello mit seiner Kapazität von 729 Megawatt. Es ist das älteste Geothermiekraftwerk der Welt (siehe Lernheft 1, Kapitel 1.3). Im Vergleich: Ein mittleres Atomkraftwerk wie das Kernkraftwerk Emsland hat eine Kapazität von etwa 1.400 Megawatt, das entspricht nach Angaben des Betreibers RWE jährlich elf Milliarden Kilowattstunden Strom für 3,5 Millionen Haushalte. Unter entsprechend guten geologischen Voraussetzungen lassen sich also über Geothermie enorme Mengen Energie bereitstellen. Das größte Geothermieheizwerk

Deutschlands befindet sich in München und versorgt 80.000 Haushalte mit Wärme.

Der Pazifische Feuerring (siehe Abbildung 12) spielt für die Geothermienutzung eine herausragende Rolle. Nahezu alle Länder entlang dieses Ringes stehen oben auf der Liste der Staaten, die Geothermie intensiv nutzen. Bei anderen, wie den Andenstaaten in Südamerika, ist diese Nutzung in Vorbereitung oder hat gerade begonnen.



### Webquest 5: Geothermie weltweit



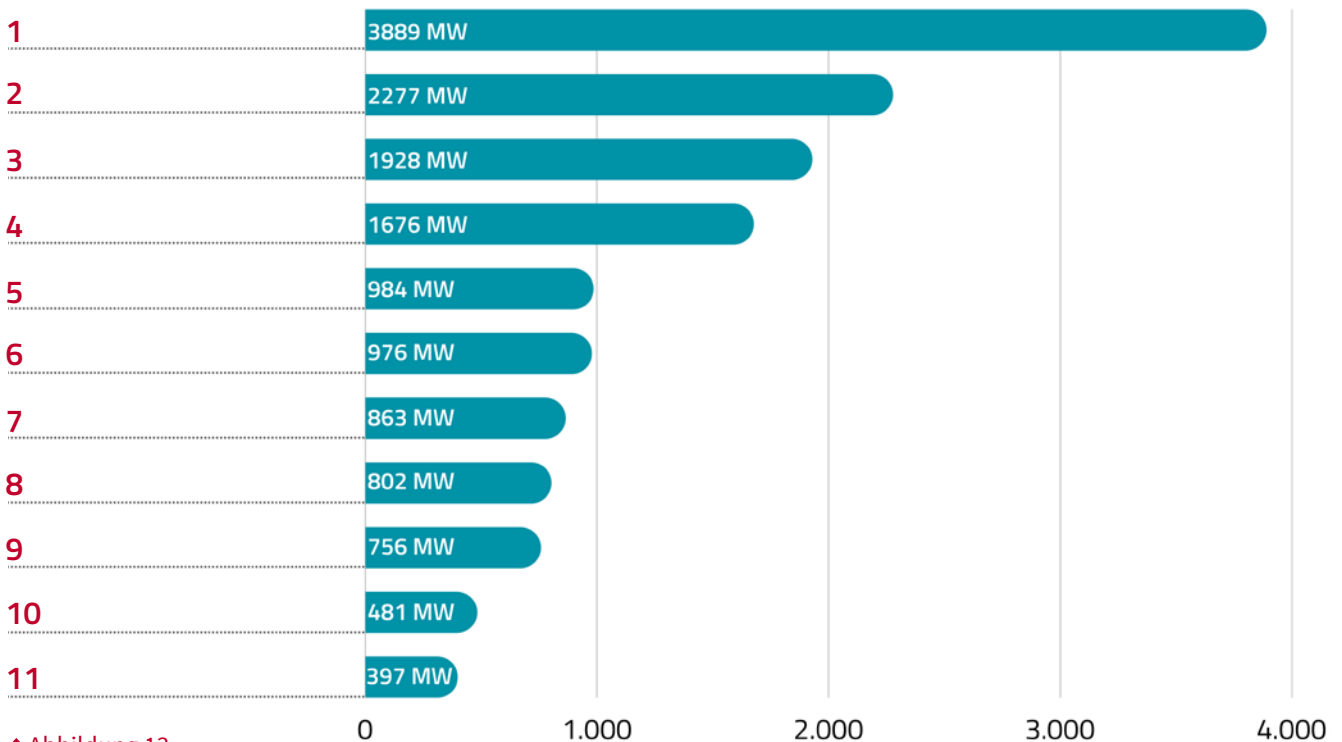
Schau dir auf [www.thinkgeoenergy.com/map/](http://www.thinkgeoenergy.com/map/) eine interaktive Weltkarte der Standorte mit geothermischer Stromerzeugung an und vergleiche sie mit der Abbildung des Pazifischen Feuerrings (Abbildung 12).



## **Aufgabe 4 - Geothermie weltweit**

Basierend auf deinen Beobachtungen in Webquest 4 schätze ein, wer die Weltrangliste der geothermischen Energiegewinnung mit Tiefer Geothermie (Wärme und Strom) anführt. Ordne die Länder ihrem jeweiligen Listenplatz zu:

**Mexiko, Indonesien, Island, Deutschland, Italien, Türkei, Philippinen, USA, Neuseeland, Japan, Kenia**



▲ **Abbildung 13:**

Die Statistik zeigt die wichtigsten Länder weltweit nach installierter Leistung von Geothermieranlagen im Jahr 2021 in Megawatt (Statista 2022)

## **2.1 Technische Möglichkeiten der Stromerzeugung mit Geothermie**

Das geothermische Potenzial hängt stark von der Porosität und Permeabilität des Gesteins ab (siehe Lernheft 2, Kapitel 7.4). Je größer die Porosität und Permeabilität einer thermalwasserführenden Schicht (Aquifer) bei einer bestimmten Thermalwassertemperatur, desto größer ist die Menge von verfügbarem Thermalwasser und damit die Energieausbeute. Je nachdem, welche Temperatur vorherrscht, werden verschiedene Verfahren eingesetzt, um Strom zu produzieren. Zwei häufige Methoden sind das Flashverfahren und das Binärverfahren.



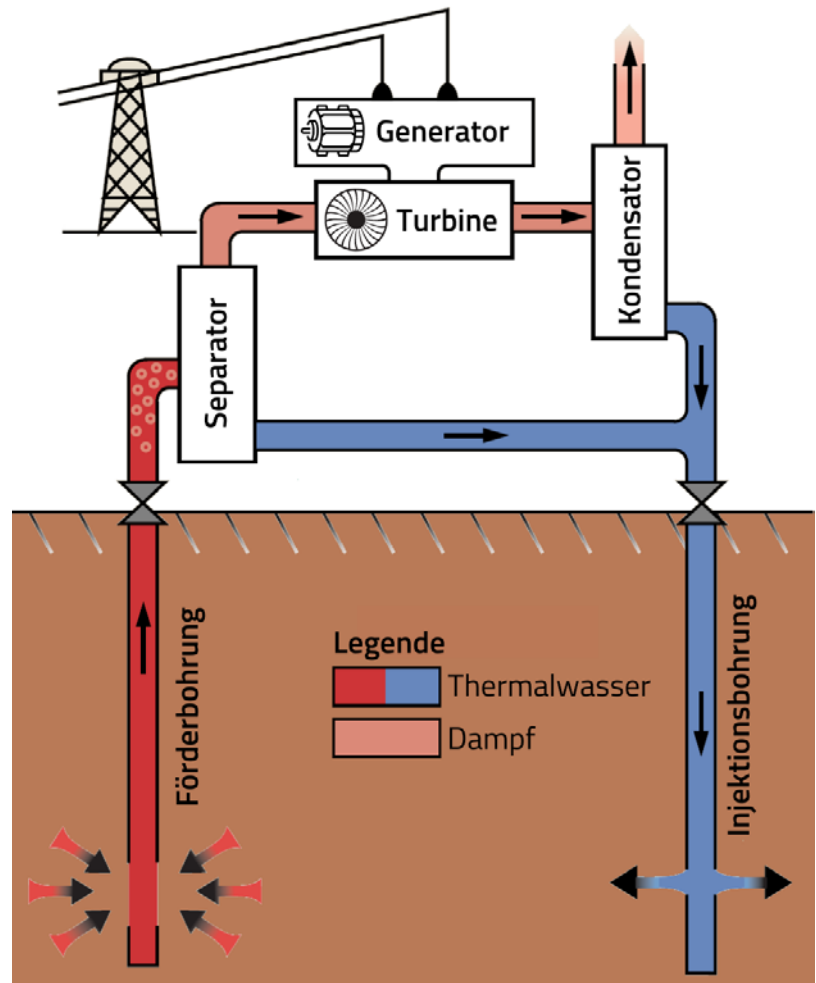
▲ **Abbildung 14:**

Das Hellisheidi-Kraftwerk im Südwesten Islands verfügt über 50 Bohrungen, die bis 2.200 Meter in die Tiefe reichen. Seit 2011 werden hier 300 MW elektrische Leistung (Strom) und 133 Megawatt thermische Leistung (Wärme) erzeugt.

## 2.2 Flashverfahren

Das heiße Wasser aus dem Förderbrunnen gelangt in einen Entspannungsbehälter (Separator), in dem das Wasser durch den reduzierten Druck schnell siedet oder „verdampft“ wird (Engl.: „flashing“). Der Separator muss regelmäßig gespült und gereinigt werden, um Mineralablagerungen zu verhindern. Wasser, das im Separator flüssig bleibt, wird direkt zurück in die Erde geleitet. Der Dampf aus dem Separator treibt eine Dampfturbine an, die die Welle eines elektrischen Generators dreht (Turbinengenerator). Nach dem Durchgang durch die Turbine wird der Dampf in einem Kondensator gekühlt. Durch den Druckabfall wird der Wasserdampf wieder in den flüssigen Zustand versetzt und zusammen mit dem umgeleiteten Wasser aus dem Separator wieder in den Aquifer (thermalwasserführende Schicht) geführt. Es gibt auch Möglichkeiten, das ‚Flashing‘ schrittweise durchzuführen (Double-Flashverfahren). Ein Teil des kondensierten Dampfes kann zudem als Trinkwasser verwendet oder zur Wärmeerzeugung genutzt werden.

Um mit Flashverfahren Elektrizität aus den Wasserdampfturbinen zu gewinnen, sind Thermalwassertemperaturen über 150 °C notwendig. Beispiele: Hallisheidi (Island), Piancastagnaio (Italien), Olkaria (Kenia)



▲ **Abbildung 15:**

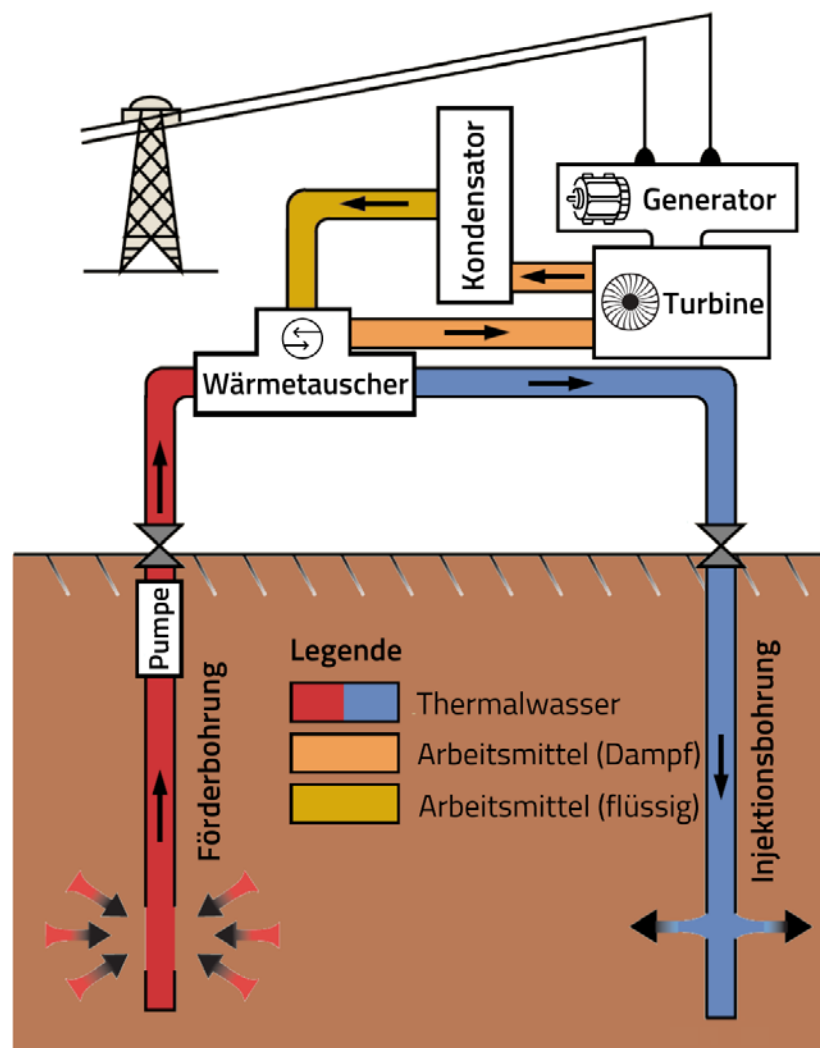
Geothermische Stromerzeugung über das Flashverfahren. Der Teil des hydrothermischen Wassers, der sich im Separator in Dampf verwandelt, wird abgetrennt und zum Antrieb eines Turbinengenerators verwendet. Das abgekühlte und wieder verflüssigte Thermalwasser aus dem Kondensator wird über die Injektionsbohrung zurück in den Untergrund geleitet.

## 2.3 Binärverfahren

Das Binärverfahren (engl.: „Binary Cycle“) ist ein geschlossenes System mit zwei getrennten Kreisläufen. Es kommt zum Einsatz, wenn das verfügbare Thermalwasser mindestens 120 °C heiß ist. Binärverfahren können auch von Vorteil sein, wenn das Thermalwasser aufgrund hoher Mineralgehalte sehr korrosiv ist oder einen hohen Anteil Gase enthält. Korrosives Thermalwasser kann in Rohren und technischen Komponenten zu Ablagerungen führen (siehe Lernheft 4, Kapitel 1.5).

In einem Binary Cycle Kraftwerk wird das heiße Thermalwasser von einer Förderbohrung über einen Wärmetauscher in die Injektionsbohrung und somit zurück in den Untergrund gepumpt. Im Wärmetauscher gibt das Thermalwasser einen Teil der Wärmeenergie an den Sekundärkreislauf ab. In diesem vom Thermalwasser getrennten Kreislauf zirkuliert ein Arbeitsmittel mit niedriger Siedetemperatur. Beispiele sind organische Flüssigkeiten wie Isobutan, Pentane, Hydrocarbon oder eine Mischung aus Ammoniak und Wasser. Der Sekundärkreislauf treibt den Turbinengenerator an.

Ein ‚Binary-Cycle‘ (=Binärverfahren) Geothermiekraftwerk (GKW) gestattet es, bei niedrigerer Thermalwassertemperaturen von unter 175 °C Strom zu erzeugen. Beispiele: Unterhaching, Landau, Inshheim und Bruchsal (Deutschland)



▲ **Abbildung 16:**

Geothermische Stromerzeugung über das Binärverfahren. In der Praxis ist der Prozess etwas komplexer als in diesem vereinfachten Schema (siehe Abbildung 17)





► **Abbildung 17:**

Blick in den Maschinenraum des Geothermiekraftwerkes Bruchsaal des Betreiber EnBW. Aus einer Tiefe von 2.450 Metern wird 131 °C heißes Thermalwasser gefördert.



### Video ab!

Zu welchem Typus gehört das Geothermieheizkraftwerk in Sauerlach? Schau dir das Infovideo der Stadtwerke München (ab Minute 8:13 bis Minute 11:00) an und beantworte die untenstehenden Fragen in Aufgabe 5.



Stadtwerke München (SWM)

Geothermie Sauerlach – Strom und Wärme aus natürlicher Quelle

[Link zum Video der Stadtwerke München \(SWM\) zur Geothermie in Sauerlach](#)

### Platz für dein Wissen



### **Aufgabe 5: Das Geothermieheizkraftwerk Sauerlach der Stadtwerke München – Strom und Wärme aus Geothermie**

Vergleiche Abbildung 15 und 16 mit dem im oberen Infovideo der Stadtwerke München (SWM) gezeigten Prozess der Stromgewinnung. Erfolgt die Stromgewinnung in Sauerlach über ein Flashverfahren oder ein Binärverfahren? Kreuze an.

Flashverfahren

Binärverfahren



▲ **Abbildung 18:**

Das Geothermieheizkraftwerk in Sauerlach der Stadtwerke München

## 3. Team Erneuerbare – Ausbildungsmöglichkeiten für die Macher\*innen der Wärmewende

Seit 2022 plant die Bundesregierung den verstärkten Einbau von Wärmepumpen als Alternative zu Öl- und Gasheizungen. Laut Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck (Grüne) ist das Ziel, bis 2030 sechs Millionen Wärmepumpen einzubauen. Der gesamte Bereich Sanitär, Heizung, Klempner (SHK), das Elektrohandwerk und die Gebäudetechnik werden dabei die entscheidende Rolle spielen!

Eine duale Ausbildung in diesem Bereich dauert zwischen 3 und 3.5 Jahren und findet sowohl in einem Ausbildungsbetrieb als auch an einer staatlichen Berufsschule statt. Es gibt zahlreiche fachliche oder betriebswirtschaftliche Spezialisierungen. Mit einer abgeschlossenen Ausbildung können ausländische Projekte durchgeführt werden und als Gesellin oder Geselle in unterschiedlichen Betrieben gearbeitet werden. Du kannst auch den Meisterbrief (Bachelor Professional) erwerben und als Meisterin oder Meister im Brunnenbau die Leitung eines Betriebes übernehmen, studieren und Lehrlinge ausbilden.

### 3.1 Brunnenbauer\*in

Brunnenbauer\*innen führen Erdbohrungen durch, wenn beispielsweise Erdwärmesonden für eine Erdwärmeheizung gebraucht werden. In der Berufsschule werden wichtige Grundlagen vermittelt, denn jedes Bohrprojekt ist einzigartig. Auch das Management einer Baustelle, sowie Fachwissen zu Erdwärmebohrungen gehören dazu. Das erworbene Wissen wird parallel auf der Baustelle praktisch erprobt. Als Brunnenbauer\*in sammelt man viele Reiseerfahrungen und ist in ganz Deutschland unterwegs.



▲ **Abbildung 19:**

Brunnenbau gibt es schon seit hunderten von Jahren. Heute stehen uns moderne Bohrgeräte mit diamantbesetzten Bohrköpfen zu Verfügung



### Webquest 6: Ausbildung zur Brunnenbauer\*in

Wie der Arbeitsalltag aussieht, kannst du dir in einem Infvideo eines Brunnenbaus in Boizenburg anschauen. Der Prozess ist dem Einbau einer Erdwärmesonde vergleichbar.



ANDFilm Andreas Schütte  
Brunnenbau in Boizenburg

[Link zum Video ANDFilm Andreas Schütte zum Thema Brunnenbau](#)

### 3.2 Rohrleitungsbauer\*in

Als Rohrleitungsbauer\*in steht die Verlegung von Rohrsystemen für beispielsweise Leitungswasser oder Nah- und Fernwärmenetze im Mittelpunkt. In einer Berufsschule werden Themen, wie verschiedene geologische Voraussetzungen der Baugrubengestaltung oder theoretisches Wissen zu Baumaschinen vermittelt. Auf der Baustelle gehören die Rohrleitungsbauer\*innen zu den Fachkräften, die als Team mit großen Maschinen Gräben ausheben und die Leitungen gemeinsam verlegt. Ähnlich wie beim Beruf der Brunnenbauer\*in steht der Weg zum Meisterbrief (Bachelor Professional) oder höheren Fortbildungen offen. Als Anschlussführer\*in bist du Chef\*in deines Teams und kannst Großprojekte leiten und kennst dich hervorragend mit Geologie, diversen Baggern und Baumaschinen aus.



▲ **Abbildung 20:**

Als Rohrleitungsbauer\*in führt man ein abwechslungsreiches Berufsleben und ist viel auf Montage in ganz Deutschland unterwegs. Statt als Einzelkämpfer\*in bist du Teil eines Teams.

### 3.3 Heizungsbauer\*in

Seit 2003 heißt diese technikaffine Berufsgruppe Anlagenmechaniker\*in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik. Während der Ausbildung wird einer dieser Schwerpunkte gewählt:

- Wärmetechnik
- Wassertechnik
- Erneuerbare Energie/Umwelttechnik
- Klimatechnik



▲ **Abbildung 21:**

Eine Auszubildende prüft die Verteilerstation einer Fußbodenheizung eines Neubaus und optimiert die Einstellungen.



### Webquest 7: Ausbildung zur Anlagenmechaniker\*in

Was macht man eigentlich als Anlagenmechaniker\*in? Hol dir einen ersten Eindruck im Infovideo der Innung Sanitär, Heizung, Klempner (SHK).



Zentralverband Sanitär Heizung Klima -ZVSHK  
Deine Ausbildung zum Anlagenmechaniker SHK

[Link zum Video vom ZVSHK zum Thema Ausbildung zum Anlagenmechaniker](#)

# Anhang

## Weiterführende Informationen

[Bundesverbandes Geothermie](#)

[Bundesverband Wärmepumpe](#)

[Bundesverband der Erneuerbaren Energien](#)

[Suchmaschine für Gebäude mit Wärmepumpen](#)

L

## Lösungen der Aufgaben

### Aufgabe 1: Funktionsprinzip Wärmepumpe

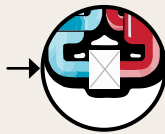
1

Das Kühlmittel verdampft durch die Umgebungswärme. Die Siedetemperatur des Kältemittels ist niedriger als die Temperatur der Umgebung.



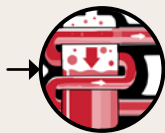
2

Das gasförmige Kühlmittel wird in einem Verdichter (= „Kompressor“) komprimiert. Dadurch steigt der Druck und damit auch die Temperatur des Gases.



3

Das unter Druck stehende Kältemittel gelangt über ein Expansionsventil in den Verdampfer. Es ist nun wieder auf dem gleichen Temperatur- und Druckniveau wie zu Beginn.



4

Im Verflüssiger kondensiert (= verflüssigt) das Kältemittel und gibt dabei seine Wärmeenergie an das Heizsystem ab. Diese entspricht der Umgebungswärme zuzüglich der Antriebsenergie des Verdichters.



### Aufgabe 2: Funktionsprinzip der Erdwärmeheizung (Variante: Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdwärmesonde)

1. Wie viele Meter schafft das Bohrgerät für oberflächennahe Geothermie in dem Beispiel etwa am Tag?

- **100 Meter pro Tag**

2. Wie lange hält eine Erdwärmesonde durchschnittlich?

- **Mehrere Jahrzehnte**

3. Wie viel Prozent CO<sub>2</sub> spart die Familie in dem Beispiel mit ihrer neuen Erdwärmeheizung im Vergleich zu der alten Gasheizung?

- **70 Prozent**

### Aufgabe 3: Funktionsprinzip der Erdwärmeheizung

**1 Dusche (Warmwasserleitung)**

**2 Heizkörper (hier Fußbodenheizung)**

**3 Trinkwasserspeicher**

**4 Wärmepumpe**

**5 Speicher (Pufferspeicher)**

**6 Erdwärmesonde**

#### Aufgabe 4: Geothermie weltweit

1 USA

2 Indonesien

3 Philippinen

4 Türkei

5 Neuseeland

6 Mexiko

7 Kenia

8 Italien

9 Island

10 Japan

11 Deutschland

---

#### Aufgabe 5: Das Geothermieheizkraftwerk Sauerlach der Stadtwerke München – Strom und Wärme aus Geothermie

Vergleiche Abbildung 6 und 8 mit dem im Infovideo gezeigten Prozess der Stromgewinnung. Erfolgt die Stromgewinnung in Sauerlach über ein Flashverfahren oder ein Binärverfahren? Kreuze an.

- **Binärverfahren**

#### Lexikon



Eine Erklärung zu den Fachwörtern findest du auf:

[Geothermie Lexikon des Bundesverbandes Geothermie](#)

# Impressum

- Herausgeber:** Bundesverband Geothermie e.V.  
E-Mail: [info@geothermie.de](mailto:info@geothermie.de)  
Internet: [www.geothermie.de](http://www.geothermie.de)
- Text:** M.Sc. Kathrin Schwarz
- Fachliche Begleitung:** Dr. Götz Kaufmann (Lehrkraft für Englisch und Politik in Abordnung bei der Fachaufsicht für die gesellschaftswissenschaftlichen Fächer der Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin – Aufgabenbereich: Entwicklung von Unterrichtsmaterialien zum Globalen Lernen)
- Wissenschaftliche Beratung:** Dr. Andreas Bertram (Umweltbundesamt), Michael Gauß (Karlsruher Institut für Technologie, Fachbereich ZML - Zentrum für Mediales Lernen), M. Sc. Valentin Goldberg (KIT, Abteilung für Geothermie und Reservoir-Technologie), Dipl. Geol. Bernhard Potthoff, Prof. Dr. Horst Rüter (Ruhr-Universität Bochum)
- Gestaltung:** Susanne Kasper
- Abbildungen:** Sofern nicht anders gekennzeichnet: Susanne Kasper
- Titel: EnBW / canva (sturti) / Fraunhofer IEG / wikimedia commons
- S. 4: European Geothermal Energy Council
- S. 6: Breaking Lab (Jacob Beutemps)
- S. 7: Bundesverband Wärmepumpe e.V.
- S. 8: Bundesverband Wärmepumpe e.V., Stadtwerke Bamberg, Stadtwerke Bad Nauheim
- S. 11: Veronica Meriggi, HYPERLINK „<http://www.oggidoveandiamo.com>“ [www.oggidoveandiamo.com](http://www.oggidoveandiamo.com)
- S. 12: Stadtwerke Hamburg
- S. 13: United States Geological Survey
- S. 14: Wikimedia commons, (verändert nach) United States Geological Survey (USGS)
- S. 17: Energie Baden-Württemberg (EnBW)
- S. 17: Stadtwerke München (SWM)
- S. 18: Geotec Bohrtechnik GmbH
- S. 19: Energiewende Garching (EWG), Canva
- Stand:** August 2022

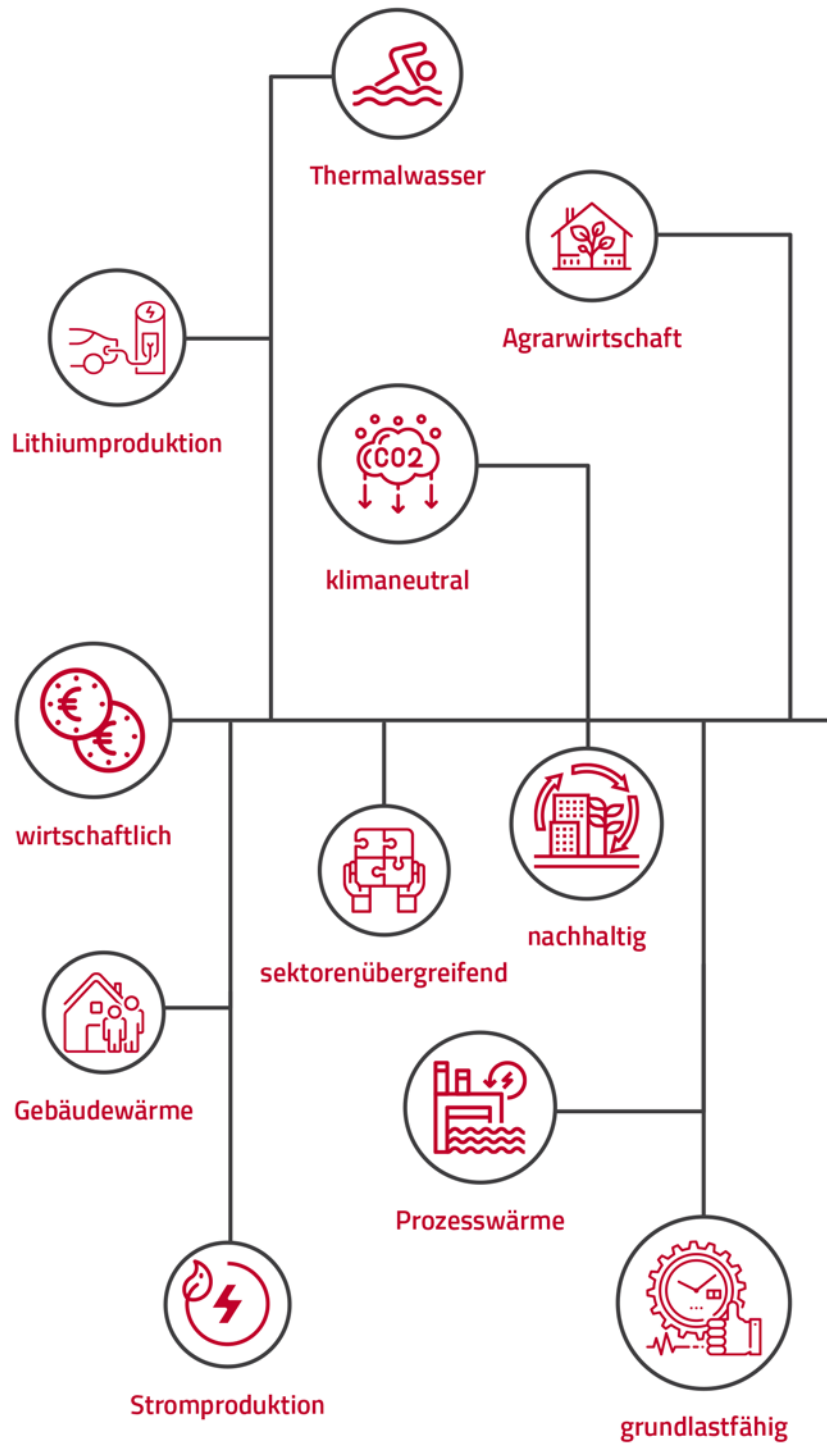
## Notizen



## Alles Gute kommt von unten!

Der Effizienzmeister Geothermie ist ein wichtiger Baustein für die Energie- und Wärmewende. Sie ist nicht nur landschaftsschonend, klimafreundlich und nach menschlichem Ermessen unerschöpflich, sondern ermöglicht eine zuverlässige, preisstabile und sichere Energieversorgung. Geothermie ist immer verfügbar und wetterunabhängig.

Mit den bereits entwickelten Technologien ist es fast überall möglich, das Potenzial der Erdwärme zu nutzen. Mit ihren vielen Anwendungsmöglichkeiten wird die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern weiter reduziert und Versorgungssicherheit ermöglicht.



**Bundesverband Geothermie e.V.**  
Albrechtstraße 22 (Quergebäude)  
10117 Berlin

Tel.: +49.(0)30.200 954 950

Fax: +49.(0)30.200 954 959

[info@geothermie.de](mailto:info@geothermie.de)

[www.geothermie.de](http://www.geothermie.de)