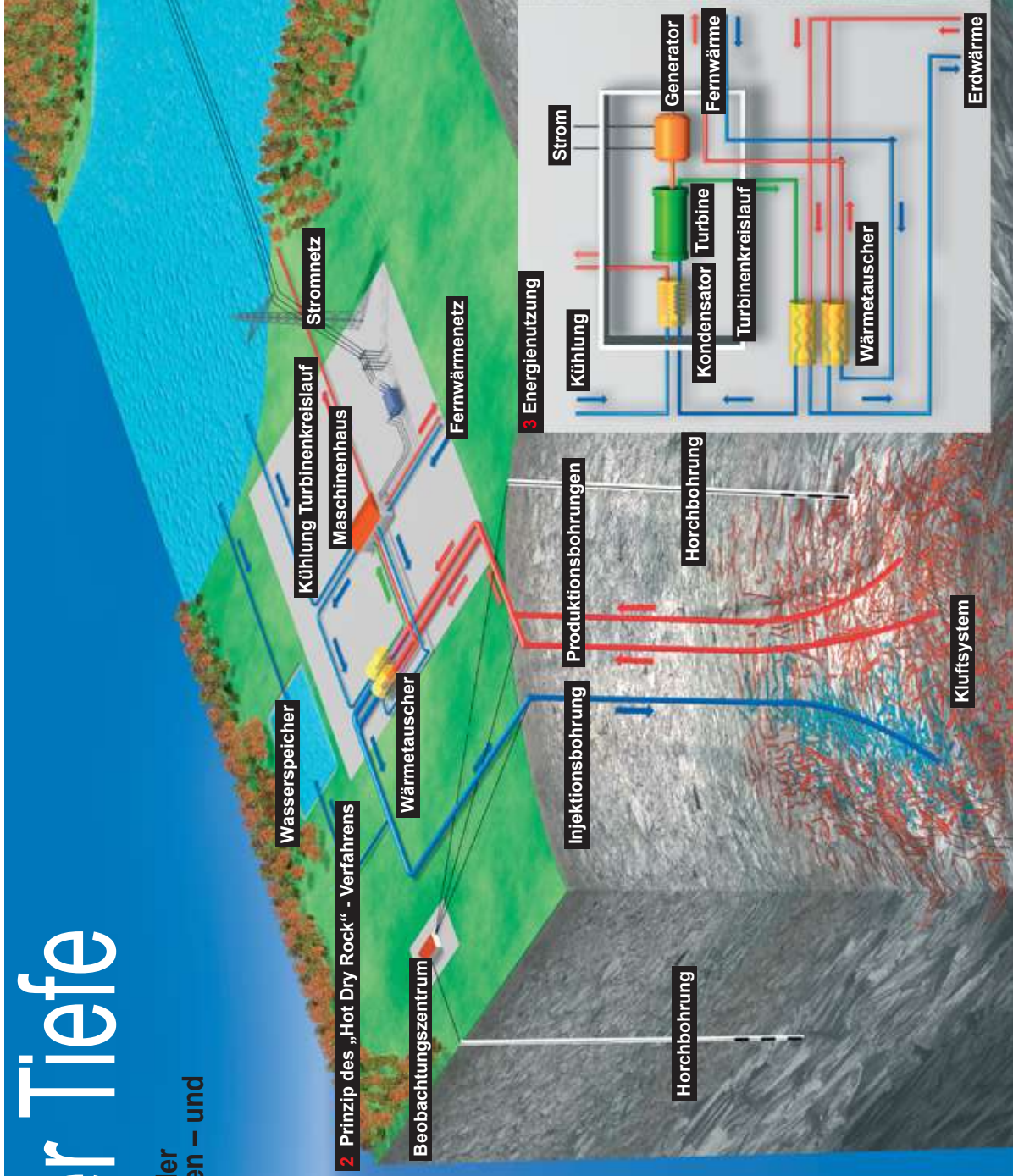
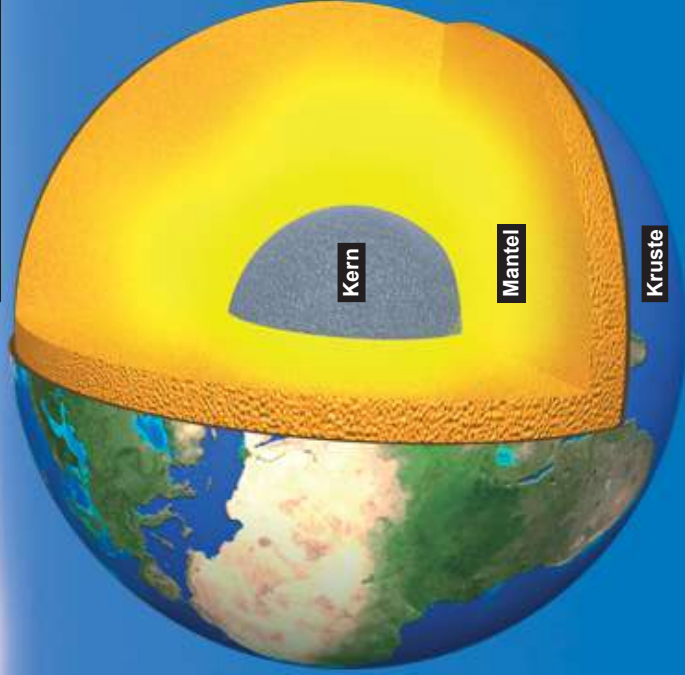


Energie aus der Tiefe

Mit dem «Hot Dry Rock»-Verfahren kann aus der Erdwärme Strom und Wärme gewonnen werden – und zwar jederzeit und theoretisch überall.

1 Temperaturen in der Erdkugel



Auf diesem Schaubild wird die Funktion eines Geothermie-Kraftwerkes erklärt!

Die Erde birgt einen riesigen und unerschöpflichen Energievorrat. Mehr als 99 Prozent der Erdmasse sind wärmer als 1000 Grad Celsius, und im innersten Kern der Erde herrschen Temperaturen von gegen 5000 Grad. Die Energie stammt zum Teil aus der ursprünglichen Wärme bei der Entstehung der Erde, der grössere Teil der Erdwärme wird jedoch laufend aus dem natürlichen Zerfall radioaktiver Elemente erzeugt. Damit bleibt der Wärmeverrat trotz dauernder Wärmeabstrahlung in den Weltraum erhalten. An einigen Stellen tritt die Erdwärme besonders spektakulär in Erscheinung, nämlich dort, wo Vulkane glühende Lava ausspeien oder Geysire heisses Wasser in die Höhe schleudern. In der Nähe solcher Orte wird die Erdwärme schon lange genutzt, zum Beispiel in Islands Hauptstadt Reykjavik, wo der ganze Wärmebedarf aus heissen Quellen gedeckt wird. In der Schweiz liegen die Verhältnisse weniger günstig, deshalb wird die Erdwärme noch wenig genutzt, bisher vor allem in Thermalquellen oder mit Erdsonden-Wärmepumpen. In Zukunft soll sich dies ändern. In Basel entsteht im Rahmen des Projektes „Deep Heat Mining“ das erste geothermische Kraftwerk der Schweiz zur Strom- und Wärmeerzeugung.

Die vier Arbeitsschritte

Bearbeiten Sie die folgenden 4 Schritte! Zeitbudget: 4x10 Min. + Zusatzaufgabe

1. Schaubild als Lektionseinstieg (Überblick)

Das Schaubild verschafft Ihnen einen Überblick zum Thema!

2. Infotext mit Einzelbildern (Lesen und Verstehen)

Lesen Sie den Text aufmerksam und schauen Sie sich die entsprechenden Bilder dazu genau an! Ist Ihnen die Bildaussage unklar, lesen Sie den Abschnitt ein zweites Mal! Sie können sich den Text mit Bildern auch ausdrucken und haben so die Möglichkeit Wichtiges zu markieren oder sich Notizen zu machen.

3. Übung mit dem Schaubild (Anwenden und Üben)

Klicken Sie mit der Maus auf ein Textfeld und ziehen Sie dieses mit gedrückter linker Maustaste an die richtige Position (Drag and Drop)!
Wiederholen Sie die Übung, bis Sie alle Textfelder, ohne zu Zögern, platzieren können.

4. Kurztest mit 6 Ankreuzaufgaben (Testen und Vertiefen)

Bearbeiten Sie nun den Kurztest und lösen Sie die 6 Aufgaben!

Lesen Sie den Text aufmerksam und schauen Sie sich die entsprechenden Bilder dazu genau an! Ist Ihnen die Bildaussage unklar, lesen Sie den Abschnitt ein zweites Mal! Sie können sich den Text auch ausdrucken haben so die Möglichkeit, Wichtiges zu markieren oder sich Notizen zu machen

Infotext mit Einzelbildern

Die Erdwärme ist eine vielversprechende erneuerbaren Energiequellen. Sie ist ständig verfügbar und nicht von der Tageszeit oder vom Wetter abhängig. Die Erdwärmereserven sind praktisch überall vorhanden und nach menschlichen Massstäben unerschöpflich. Erdwärmeanlagen brauchen wenig Platz, da sich der grösste Teil der Anlage unter der Erde befindet. Dazu ist die Erdwärmenutzung äusserst umweltfreundlich. Da keine Verbrennung stattfindet, werden keine Abgase und auch kein klimaschädliches Kohlendioxid (CO₂) freigesetzt.

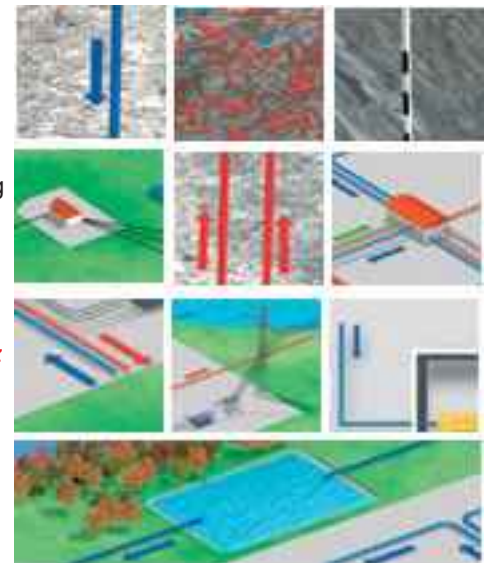
Bei der Erdwärmenutzung unterscheidet man zwischen der oberflächennahen und der tiefen Nutzung. Bei der oberflächennahen Nutzung wird die Erdwärme bis in etwa hundert Meter Tiefe genutzt, entweder durch Erdwärmesonden oder, bei günstigen geologischen Verhältnissen, über Tiefengrundwasser. Da hier die Erdwärmetemperatur geringer als die notwendige Heiztemperatur ist, braucht es zur Temperaturerhöhung eine Wärmepumpe. Bei der tiefen Nutzung wird bis in etwa 3000 bis 5000 Meter Tiefe gebohrt und das sogenannte Hot-Dry-Rock-Verfahren angewandt, mit dem auch Strom produziert werden kann. Das erste geothermische Kraftwerk der Schweiz, das nach diesem Verfahren arbeitet, entsteht gegenwärtig in Basel. Es soll bis ins Jahr 2007 fertig gestellt werden.

1 Temperaturen in der Erdkugel

Die Erde ist ein unerschöpfliches Energiereservoir. Die Kruste hat eine Tiefe bis etwa 50 Kilometer und entspricht im Vergleich mit einem Ei der Eierschale. Hier beträgt die Temperaturzunahme pro Kilometer Tiefe etwa 30 Grad Celsius. Der Mantel weist Temperaturen zwischen etwa 1200 und 4000 Grad Celsius auf, während der Kern bis 5000 Grad heiss ist.

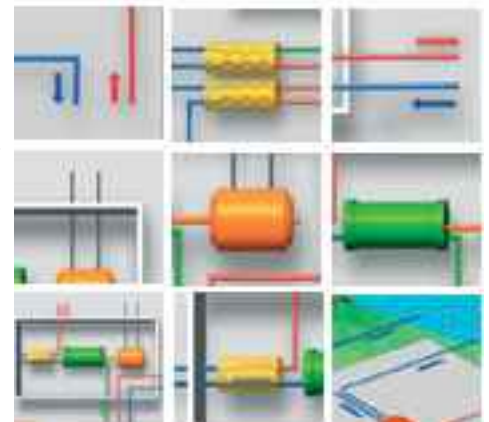
2 Prinzip des „Hot Dry Rock“ - Verfahrens

Die **Injektionsbohrung** wird bis in die heissen Gesteinsschichten in einer Tiefe von 5000 Metern vorangetrieben. Unter hohem Druck werden grosse Wassermassen in die Bohrung gepresst. Durch den hohen Druck bildet sich ein **Kluftsystem**, ein Netzwerk von Rissen im heissen Gestein. Mittels den **Horchbohrungen**, die mit Mikrofonen ausgestattet sind, werden die Knackgeräusche registriert, welche durch die Rissbildung im Gestein entstehen. Sie werden in einem **Beobachtungszentrum** ausgewertet. Auf diese Weise kann die Ausrichtung und die Grösse des Kluftsystems geortet werden. Auf Grund der Ortung werden ein oder mehrere sogenannte **Produktionsbohrungen** zum Ende des Kluftsystems vorangetrieben. Nun kann in einem Wasserkreislauf dem heissen Gestein Wärme mit einer Temperatur von etwa 200 Grad Celsius entzogen werden. Zwei Wärmetauscher übertragen die Erdwärme ins **Maschinenhaus**, wo einerseits Strom erzeugt und andererseits Wärme für die Abgabe in ein **Fernwärmenetz** bereit gestellt wird. Der Strom wird ins öffentliche **Stromnetz** eingespeist. Die **Kühlung des Turbinenkreislaufs** erfolgt mit Flusswasser oder einem Luftkühler. Aus dem **Wasserspeicher** wird das wenige Wasser nachgespeist, das im Kluftsystem verloren geht.



3 Energienutzung

Wie erwähnt, wird die **Erdwärme** nicht direkt, sondern über **Wärmetauscher** genutzt. Ein Wärmetauscher dient zur Abgabe von **Fernwärme**, der zweite gibt Wärme an einen Kreislauf zur Stromerzeugung ab. Der **Strom** wird in einem **Generator** erzeugt, der von einer speziellen **Turbine** angetrieben wird. Da die Temperatur der Erdwärme zu tief ist, um eine herkömmliche Dampfturbine anzutreiben, wird im Turbinenkreislauf statt Wasser ein Arbeitsmittel verwendet, das eine tiefere Verdampfungstemperatur aufweist. Der **Turbinenkreislauf** besteht aus dem Wärmetauscher, der Turbine und dem Kondensator. Im Wärmetauscher nimmt das Arbeitsmittel Wärme auf und verdampft. Der Dampf treibt die Turbine an und diese den Generator. Nach der Turbine wird das Arbeitsmittel im **Kondensator** gekühlt und damit wieder verflüssigt. Die **Kühlung** erfolgt wie erwähnt mit Flusswasser oder mit einem Luftkühler.



1. Welche Aussage zur Erdwärme ist korrekt?

- Der grösste Teil des Erdinnern ist 500-1000 Grad heiss
- Mehr als 99% der Erdmasse sind 1000 Grad heiss und mehr
- Der Kern hat Temperaturen von über 6000 Grad
- Erdwärme stammt ausschliesslich aus dem natürlichen radioaktiven Zerfall

2. Erdwärme

- ist nur an wenigen Standorten nutzbar
- ist für ca. 150 Jahre genug vorhanden
- ist umweltfreundlich, da keine Verbrennung stattfindet
- ist nur im oberflächennahen Boden nutzbar

3. Beim Hot-Dy-Rock- Verfahren

- wird Warmwasser und Strom produziert
- wird nur Warmwasser produziert, das ins Fernwärmenetz gelangt
- ist Italien mit 3 bestehenden Werken führend
- wird durch den Erdmantel bis in den Kernbereich gebohrt

4. Die Injektionsbohrung

- wird bis rund 5000 m in die Tiefe vorangetrieben
- hat die Aufgabe, das warme Wasser an die Oberfläche zu leiten
- dient der Ortung der warmen Wassermassen
- dient dem Auffinden geeigneter Standorte

5. Das warme Wasser für die Stromerzeugung

- gelangt via Wärmetauscher mit Hochdruck zur Turbine
- gelangt als Dampf zum Generator
- gelangt direkt zum Kondensator
- verdampft über den Wärmetauscher das Arbeitsmittel im Turbinenkreislauf

6. Die Kühlung

- ist nicht nötig, da genug neues Grundwasser dazu gepumpt werden kann
- ist im Turbinenkreislauf mit Wasser oder Luft notwendig
- wird nur im Sommer und bei Spitzenbelastungen nötig
- erfolgt mit reichlich vorhandenem Grundwasser