



Basics of Electrical Power Generation

Geothermie



Stand: 2011
1 / 17

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

GE Global Research
Freisinger Landstrasse 50
85748 Garching
kontakt@reg-energien.de

Inhalte

1. Geothermie allgemein
2. Kategorien und Technologien

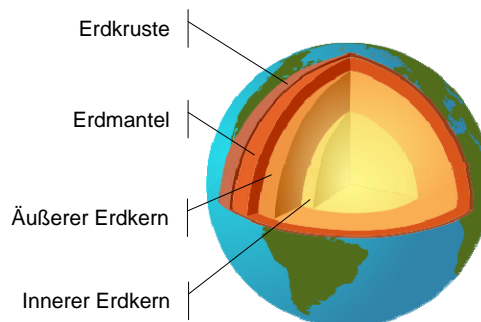
Stand: 2011
2 / 17

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Geothermie allgemein

Aufbau der Erde

- Die Erde ist kugelförmig ($r = 6357\text{-}6378\text{ km}$) aus Schichten aufgebaut
- Erdkruste:
0 - 50 km unter Oberfläche
äußere feste Schicht
- Erdmantel:
40 - 2.900 km u. Oberfläche
mächtigste, feste mittlere Schale im Erdaufbau
- Äußerer Erdkern:
2.900 - 5.100 km u. O.; flüssig bei ca. 2.900 °C
- Innerer Erdkern:
5.100 – 6371 km u. O.; fest bei ca. 6.700 °C



Ursprung geothermischer Energie

- Geschätzte 30-50 % der geothermischen Energie stammen aus der Restwärme aus der Zeit der Erdentstehung
- Geschätzte 50-70 % aus radioaktiven Zerfallsprozessen, die in der Erdkruste seit Jahrmillionen kontinuierlich Wärme erzeugt haben und heute noch erzeugen
- Ganz oberflächennah kommen Anteile aus der Sonneneinstrahlung auf die Erdoberfläche und aus dem Wärmekontakt mit der Luft dazu

Stand: 2011
5 / 17

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Geothermie (1)

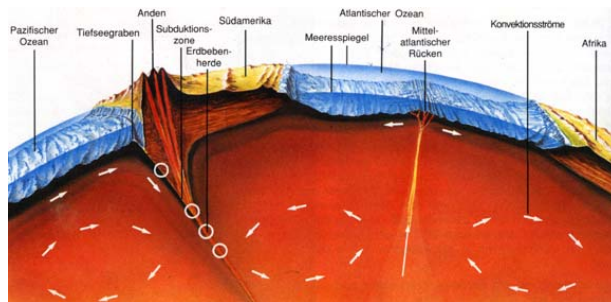
- Bei der Geothermie handelt es sich um Wärmeenergie, die im Erdinneren verfügbar ist
- Sie ist keinen meteorologischen Schwankungen oder Witterungseinflüssen unterworfen
- Geothermie bietet ein stetiges und gleichmäßiges Energieangebot
- Die Geothermie ist praktisch unerschöpflich
- Ab einer Tiefe von 20m nimmt die Temperatur in den oberen Erdschichten alle 30m Tiefe um etwa 1°C zu
- In 3.000m Tiefe sind demnach ca. 100°C zu erwarten

Stand: 2011
6 / 17

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Geothermie (2)

- Wärme des Erdmantels gelangt durch Wärmeleitung, aufsteigendes Magma und in der Erdkruste zirkulierende flüssige und gasförmige Stoffe zur Erdoberfläche
- Gestein hat prinzipiell eine schlechte Wärmeleitfähigkeit
- Der geringe Wärmestrom zur Erdoberfläche beträgt nur $0,07 \text{ W/m}^2$ (1.000 W/m^2 durch Sonnenenergie)



Stand: 2011
7 / 17

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Geothermische Anomalien

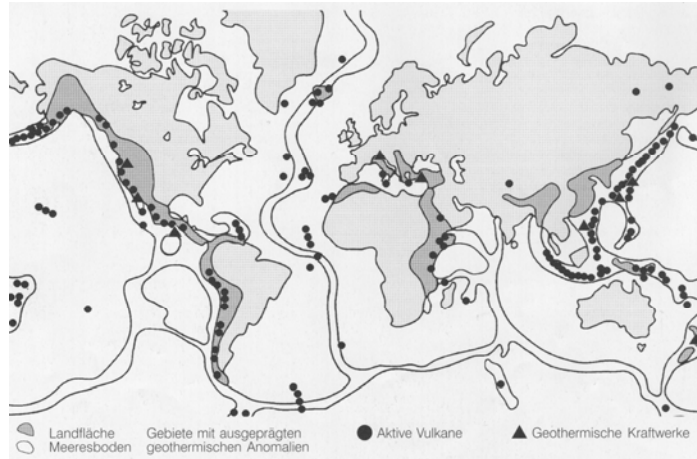
- Erdkruste ist keine einheitliche Hülle um die Erde, sondern durch Gebiete sogenannter geothermischer Anomalien unterbrochen
- An diesen Stellen kommt Magma nahe an die Erdoberfläche, was eine überdurchschnittliche Erwärmung des Gesteins und des eventuell im Gestein eingeschlossenen Wassers zur Folge hat
- Heiße Quellen, Geysire oder Dampfaustritt dienen zur Energieerzeugung
- Die Anomalien kommen überwiegend an den kontinentalen Plattengrenzen & in vulkanischen Spannungsgebieten vor
- Dort kann die Erdwärme relativ einfach und wirtschaftlich genutzt werden

Stand: 2011
8 / 17

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Gebiete geothermischer Anomalien

- Geothermische Anomalien erstrecken sich insbesondere an den tektonischen Plattengrenzen



Stand: 2011
9/17

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Kategorien und Technologien

Kategorien geothermischer Systeme (1)

- Thermalwasserfelder
 - Warmes Wasser mit Temperaturen unter 100°C
 - Nutzung in Thermalquellen oder zu Heizzwecken
- Nassdampffelder
 - Ausstoßung von Wasser-Dampf-Gemisch (Geysire)
 - Temperaturen zum Teil weit über 100°C
 - Energetische Nutzung des Dampfes und Heißwassers
- Heißdampffelder
 - Liefern trockenen, überhitzten Dampf, der gasförmige Bestandteile enthalten kann (Dampftemperaturen: 125°C - 245°C)
 - In der Regel frei von flüssigen Bestandteilen
 - Am bedeutendsten für energetische Nutzung



Stand: 2011
11 / 17

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Kategorien geothermischer Systeme (2)

- Geokomprimierte Heißwassersysteme:
 - Sie sind unter hohen Drücken stehende, unterirdische Heißwasservorkommen
 - Der Dampf oder Wasserdampf liegt im Bereich von 150°C - 200°C
 - Sie haben einen hohen Anteil an gasförmigen Bestandteilen, vor allem Kohlenwasserstoffen
 - Sie bieten sich besonders zur Stromerzeugung an
- Hochtemperatur-Kluftspeichersysteme
 - Treten in Grabensystemen der Störungs- und Bruchzonen oder in wenig porösen oder geklüfteten tiefen Gesteinen der Erdkruste auf
 - Das eindringende Wasser erwärmt sich dort auf bis zu 220°C
 - Hot-Dry-Rock Verfahren

Stand: 2011
12 / 17

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Energetische Nutzung

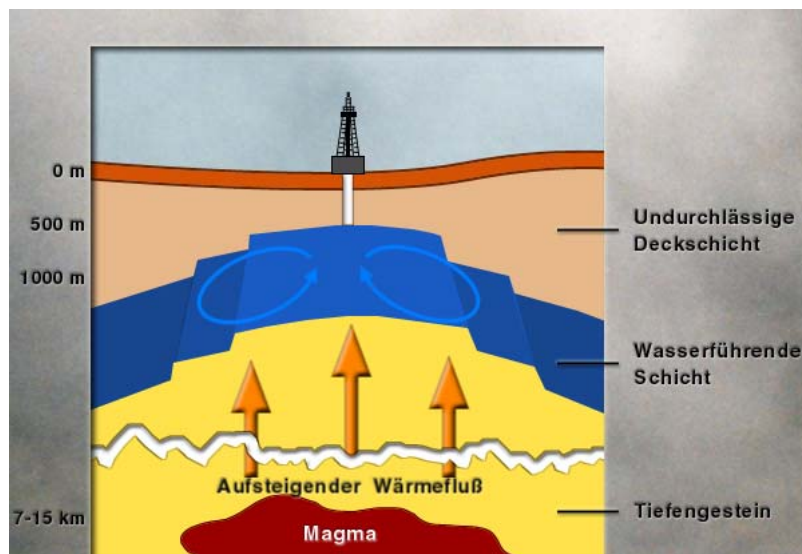
- Das heiße Wasser kann zu Heizzwecken verwendet werden (z.B. Fernwärmenetz)
- Bei geeigneten Voraussetzungen kann die geothermische Energie über Dampfturbinen verstromt werden (z.B. ORC oder Kalina Cycle)



Stand: 2011
13 / 17

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Nutzung geokomprimiertes Heißwassersystem

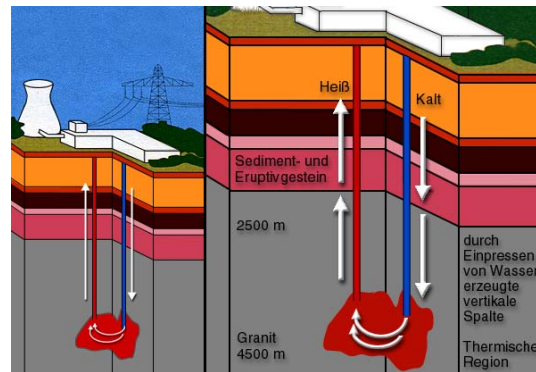


Stand: 2011
14 / 17

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Hot-Dry-Rock Verfahren

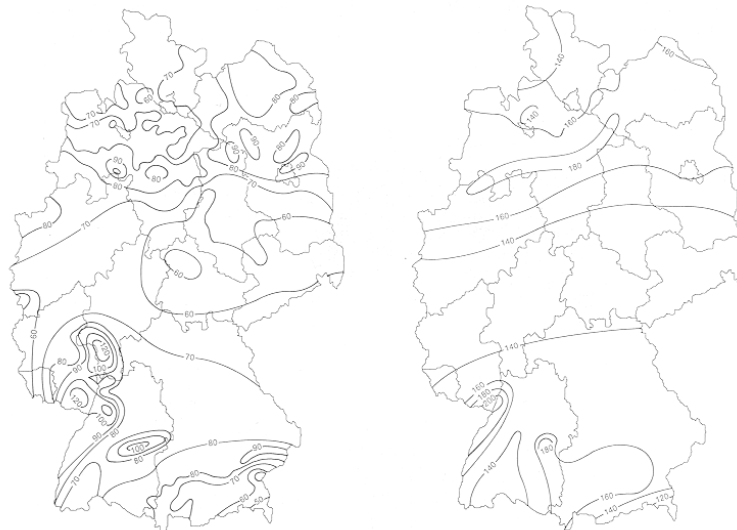
- Über die eine Injektionsbohrung wird Wasser eingespeist
- Im heißen Gestein wird das Wasser erhitzt
- Über die zweite Extraktionsbohrung kommt es mit hohem Druck als Dampf wieder heraus



Stand: 2011
15 / 17

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

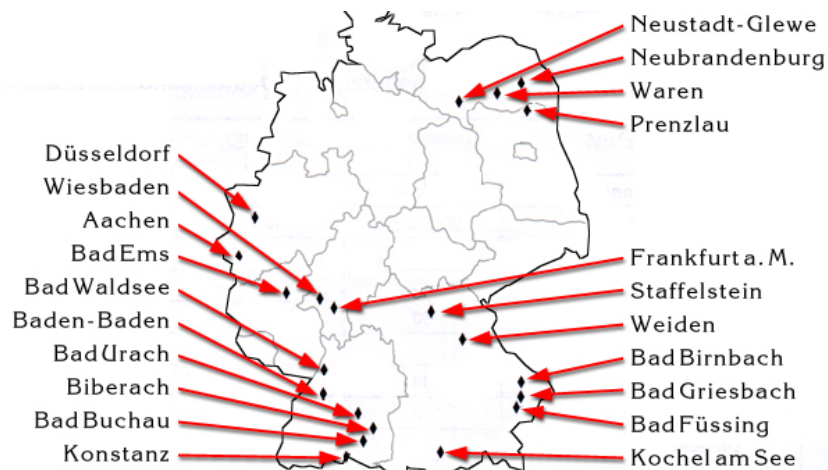
Temperaturverteilung in 2km und 5km Tiefe



Stand: 2011
16 / 17

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Erdwärmennutzung in Deutschland



Stand: 2011
17 / 17

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Zusammenfassung

- Wärmeenergie, die im Erdinneren verfügbar ist
- Aufbau der Erde aus innerer Kern, äußerer Kern, Erdmantel und Erdkruste
- Ursprung: 30-50% Restwärme der Erdentstehung, 50-70 % aus radioaktiven Zerfallsprozessen
- Geothermische Anomalien erleichtern die Energienutzung
- Kategorien geothermischer Systeme:
Thermalwasserfelder, Nassdampffelder, Heißdampffelder, Geokomprimierte Heißwassersysteme, Hochtemperatur-Kluftspeichersysteme
- Die energetische Nutzung erfolgt über das Wasser und den Dampf

Stand: 2011
18 / 17

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer

Frei

Stand: 2011
19 / 17

Umweltwissenschaften, Oliver Mayer