

**Zeitschrift:** Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES

**Band:** 97 (2006)

**Heft:** 10

**Artikel:** Geothermie : Energie aus der Tiefe

**Autor:** [s.n.]

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-857684>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.10.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Geothermie: Energie aus der Tiefe

«Geothermische Energie» – auch als Erdwärme bezeichnet – ist die in Form von Wärme gespeicherte Energie unterhalb der Erdoberfläche. Im Erdinnern sind immense Wärmemengen gespeichert, deren Ursprung grösstenteils in der Zerfallsenergie natürlich radioaktiver Isotope liegt. So sind nach heutigen Kenntnissen im Erdkern Temperaturen von über 6000 °C, im oberen Erdmantel noch rund 1300 °C anzunehmen. Der geothermische Wärmefluss durch die Erdoberfläche beträgt über 40 Milliarden kW.

## Quellen

CREGE – Centre de recherche en géothermie  
www.crege.ch

Schweizerische Vereinigung für Geothermie  
www.geothermal-energy.ch

Bundesverband Geothermie  
Geothermische Vereinigung e.V.  
www.geothermie.de

Energieforum Schweiz  
www.energie-energy.ch

## Geothermie weltweit

Geothermie bedeutet Nutzung der Erdwärme in all ihren Formen – bei unterschiedlicher Tiefe, Temperatur und Nutzungsart. Die beiden prinzipiellen Nutzungsarten sind die direkte Verwendung der Wärme und die Umwandlung thermischer Energie in Elektrizität. Da sich 99% der Erdmasse bei einer Temperatur über 1000 °C befinden, sind die Ressourcen immens und übersteigen den Energiebedarf der Menschheit für viele Generationen, auch wenn nur ein sehr geringer Teil davon tatsächlich erschlossen werden kann.

Geothermie ist aus vielen Gründen interessant: Sie ist immer und überall verfügbar, sie hat zahlreiche Anwendungen,

sie ist eine lokale Ressource und ihre Erschliessungskosten sind gering, selbst wenn die Erstinvestition in einigen Fällen recht hoch sein kann. Aufgrund ihrer geringen Auswirkungen auf die Biosphäre und einer nachhaltigen Bewirtschaftung, ist die Geothermie eine umweltfreundliche Energie. Unter den erneuerbaren Energien ist sie eine der wirtschaftlichsten.

Die Verwendung der Erdwärme kann in zwei prinzipielle Kategorien unterteilt werden. Geothermische Ressourcen niedriger und mittlerer Temperatur (10 bis 100 °C) werden direkt zur Heizung bzw. als Warmwasser verwendet (Mietshäuser, Industriegebäude, Gewächshäuser, Fischzucht, Thermalbäder, Schwimmbäder usw.). Ressourcen hoher Temperatur

(120 bis 350 °C) können über Dampfturbinen und Generatoren in elektrische Energie umgewandelt werden. Diese Hochtemperatur-Ressourcen sind ungleich verteilt und befinden sich vor allem in vulkanischen Gegenden. Insgesamt produzieren 24 Länder einen Teil ihrer Elektrizität mithilfe der Geothermie, beispielsweise die Philippinen, Indonesien, Japan, Mexiko, Kalifornien, Island oder, ganz bei uns in der Nähe, die Toskana (Italien).

Im Schnitt nimmt die Temperatur ab Erdoberfläche pro 100 m Tiefe um etwa 3° C zu, was einem normalen geothermischen Tiefengradient entspricht. Hauptanliegen der geothermischen Energienutzung ist es, die Wärme mit Hilfe von geeigneten Technologien aus der Tiefe

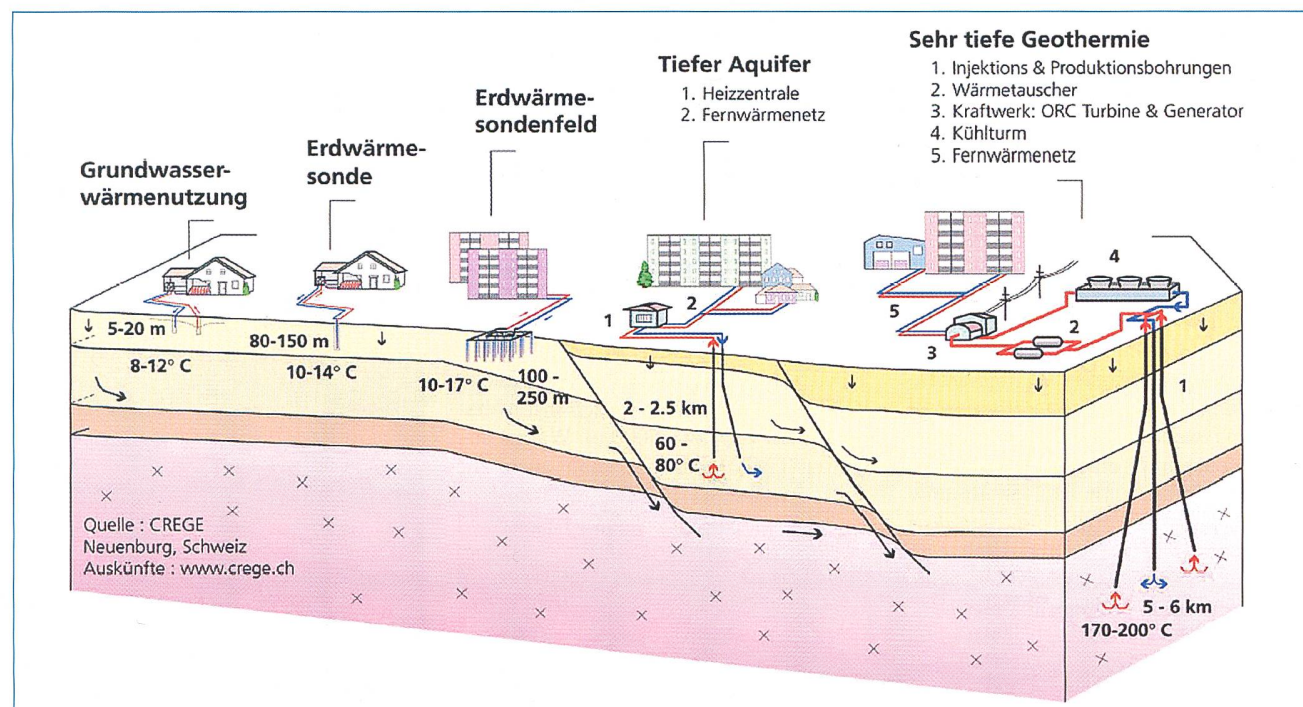


Bild 1 Bei der Nutzung einheimischer geothermischer Ressourcen wird häufig eine Unterscheidung zwischen «untiefer» (z.B. konventionelle Erdwärmesonden und Energiepfähle) und «tiefer» Geothermie (z.B. Tunnelwassernutzungen und Deep Heat Mining) gemacht. Um höhere Temperaturbereiche zu nutzen, stossen Erdwärmesonden mit zunehmender Tendenz in Tiefenbereiche von 250 m bis 300 m vor.



Geothermisches Kraftwerk Hatchobaru (Japan).



Geothermisches Kraftwerk Weirakei (Neuseeland).

an die Erdoberfläche zu befördern. An einigen Stellen liefert die Natur selbst das notwendige Zirkulationssystem (z.B. Thermalquellen). Anderswo müssen Erschließungsbohrungen mit Förderpumpe beziehungsweise Erdwärmesonden mit Zirkulationspumpe eingesetzt werden.

Bei der Verwendung von geothermischen Ressourcen erfolgt eine integrale Wärmeenergienutzung aus dem Untergrund – praktisch ab der Erdoberfläche bis zu technisch-ökonomisch erreichbaren Tiefen von etwa 5000 m. Wärme aus diesen Tiefenbereichen kann auch zur

Kraftwerkstyp	Installierte Leistung		Produktion pro Jahr	
	(MW)	(%)	(GWh)	(%)
Geothermie	8 000	42,6	46 000	70,7
Wind	10 000	53,2	18 000	27,6
Sonnenenergie (PV)	500	2,7	500	0,8
Gezeiten	300	1,6	600	0,9
Total	18 800	100	65 100	100

Tabelle I Weltweite Stromproduktion aus regenerierbaren Quellen, ohne Biomasse und Hydroelektrizität (Quelle: World Energy Assessment Report 2000).

Produktion von Elektrizität verwendet werden (Deep Heat Mining oder Hot-Dry-Rock-Technologie).

In der Schweiz beschränkt sich der Grossteil der heute üblichen geothermischen Nutzungen auf die obersten 500 m ab Erdoberfläche.

### Produktion steigt bis 2010 weltweit um 50%

Derzeit sind weltweit knapp 9000 MW elektrische Leistung aus Geothermie an den Netzen. Während des Geothermischen Weltkongresses 2005 in Antalya (Türkei) prognostizierte die International Geothermal Association/IGA einen Anstieg um 1900 MW bis 2010. Die amerikanische Geothermal Energy Association hält diesen Wert inzwischen für überholt. Man verweist auf die derzeit auf den Weg gebrachten Vorhaben mit einer Grössenordnung von 13 500 MW. Diese würden eine Steigerung von rund 50% gegenüber der 2005er-Ausgangslage bedeuten.

Rapide voran geht es vor allem in den Vereinigten Staaten selbst. Allein 2005 konnten für 500 neu geplante MW Stromlieferverträge abgeschlossen werden. Weitere stehen für 2006 an. In elf westlichen Bundesstaaten wurden auf Initiative der Gouverneursvereinigung neue Felder und Kraftwerksstandorte identifiziert. Auf den Philippinen sollen in den nächsten vier Jahren 500 bis 700 MW neu in Betrieb genommen werden. Die Zielvorgabe liegt bei 10 000 MW aus geothermischen Ressourcen, von denen bis 2010 rund 2000 MW Strom liefern werden. Ähnlich sieht die Situation in Indonesien aus. Derzeit sind dort 800 MW am Netz. Bis 2009 sollen 1200 MW hinzukommen. In Island entstehen derzeit eine Reihe neuer Kraftwerke. Neue Anlagen wurden in Neuseeland und Nicaragua auf den Weg gebracht. Als neue Spieler im geothermischen Stromorchester kommen in Kürze Kanada und Indien hinzu. Auf dem Subkontinent stehen geo-



Pilotanlage in Soultz-sous-Forêts im Elsass (Frankreich).

thermische Ressourcen mit mehr als 10 000 MW zur Verfügung. Auch der Iran baut gegenwärtig sein erstes Erdwärmekraftwerk. Für Ostafrika hat die Weltbank ein neues Förderprogramm zur weiteren Erschliessung der etwa 7000 MW Ressourcen aufgelegt. Vermerkt wurde in den USA aber auch, dass in Deutschland neue Kraftwerke ausserhalb klassischer geothermischer Regionen entstehen.

### Nutzung von Erdwärme: fünf Gründe

- Geothermie ist eine einheimische und umweltfreundliche Energiequelle. Sie erzeugt weder Luftschadstoffe noch CO<sub>2</sub> und ist somit ein idealer Ersatz für fossile Energieträger.
- Geothermie ist ständig verfügbar. Sie hängt nicht von klimatischen Verhältnissen oder von der Jahres- oder Tageszeit ab.
- Da in menschlichen Zeiträumen unerschöpflich, wird Geothermie zu den erneuerbaren Energien gerechnet, ist also «nachhaltig»; das heisst, die Bedürfnisse der heutigen Generation können befriedigt werden, ohne dadurch die Möglichkeiten künftiger Generationen zu beeinträchtigen.
- Die Schweiz verfügt über gute Voraussetzungen zur Geothermienutzung. Sowohl für Ein- und Mehrfamilienhäuser als auch für grössere Überbauungen und ganze Quartiere sind praxiserprobte Lösungen vorhanden.
- An der Erdoberfläche sind geothermische Anlagen kaum sichtbar. Sie beanspruchen wenig Platz am Kopf des Bohrloches.



Bohrturm der Pilotanlage Bad Urach (Süddeutschland).



Die grösste geothermische Anlage Europas liegt südlich der Schweiz in der Toskana (Larderello/Italien).

### Geothermische Nutzungsmethoden

- Vertikale Erdwärmesonden (verschiedenste Bauarten; mehr als 25 000 Anlagen in der Schweiz)
- Flächig verlegte Erdregister (heute nur noch selten eingesetzt)
- Wärmenutzung von Grundwasser (Beispiel: allein im Kanton Bern 870 Anlagen in Betrieb, Stand 1997)
- «Tiefe» Erdwärmesonden (Nachnutzung von Altbohrungen)
- Energiepfähle und Schlitzwände zur Wärme- und Kälteproduktion (Klimatisierung)
- Hydrothermale Nutzung von warmen Quellaufstössen oder mittels Singletten- und Doublettenanlagen (z.B. geothermische Heizanlage in Riehen)
- Nutzung von warmen Tunnelwässern für Heizzwecke (z.B. aus dem Furka-, Ricken- und Mappo-Morettina-Tunnel)
- Deep Heat Mining (DHM oder Hot Dry Rock Geothermal Energy, HDR)



Horchbohrungen bei Basel.

zur Strom- und Wärmegewinnung (z.B. die Pilotanlage in Soultz-sous-Forêts im Elsass; ein entsprechendes Schweizer Projekt gibt es in Basel)

### Geothermie in der Schweiz

In der Schweiz gibt es keine Vulkane. Daher gehört unser Land zu den Pionieren der Geothermie bei niedrigen Temperaturen und geringen Tiefen. Tatsächlich befindet sich die Schweiz in der Spitzengruppe der 71 Geothermie-Nationen. Mehr als 35 000 Wohnungen werden durch vertikale Erdwärmesonden mit gekoppelter Wärmepumpe beheizt, und 25% aller neuen Häuser sind so ausgerüstet. Die gleiche Technologie wird auf grösserem Massstab und mit Gewinn zur Heizung grosser Gebäude verwendet, und zwar in Form von Erdwärmesondenfeldern. Diese Technik ist in mehrfacher Hinsicht interessant, da die Wärmepumpe nur 25% der zum Heizen notwendigen Energie benötigt, während der Untergrund 75% liefert. Ausserdem erlaubt eine jahreszeitlich angepasste Nutzung, winterliche Heizung und sommerliche Kühlung mit hohem Wirkungsgrad miteinander zu verbinden, ohne eine Klimaanlage zu benötigen.

Ausserdem läuft in Basel derzeit ein innovatives Projekt zur Geothermie in grosser Tiefe und bei hoher Temperatur (DHM). Dort wird eine Pilotanlage zur Wärme- und Stromproduktion für 5000 Haushalte gebaut. Die Geothermie ist in der Schweiz bereits vielerorts präsent

## Der Berg heizt

(eth) Die Schweiz ist mit mehr als 700 Eisenbahn- und Strassentunnels eines der tunnelreichsten Länder der Welt. Da die Tunnel gleichsam eine «Drainage» des durchbohrten Gebirges bewirken, lassen sich die in Tunnelröhren einsickernden warmen Kluftwässer sammeln und nutzen. Alleine das Wärmeleistungspotenzial der 15 geothermisch interessantesten Schweizer Bahn- und Strassentunnels beträgt knapp 30 Megawatt (MW). Mit 11,7 MW am meisten Potenzial hat der Eisenbahntunnel Grenchenberg, gefolgt vom Gotthard-Strassentunnel (4,5 MW) und vom Furka-Tunnel (3,8 MW).



Neat-Tunnel bei Faido: Auch der neue Gotthard-Basistunnel wurde auf geothermische Quellen untersucht. Forscher vermuten ein Wärmeleistungspotenzial von 15 bis 25 MW (Bild: Alptransit).

und trägt zur Verringerung der Emissionen von Treibhausgasen bei. Die Weiterentwicklung der notwendigen Technologie schafft ausserdem hoch qualifizierte Arbeitsplätze in der Schweiz. Die erworbenen Kenntnisse können sowohl in der Schweiz als auch im Ausland nutzbringend eingesetzt werden.

### Erste Tiefbohrung im Basler Geothermieprojekt

Geopower Basel AG, die Trägerschaft des Basler Geothermieprojekts (Basel-Kleinhüningen), informierte über die anstehende erste Tiefbohrung. Mit der Bohrung soll im Mai 2006 begonnen werden. Gleichzeitig startet damit die bis Mitte 2007 dauernde Explorationsphase des Geothermieprojekts.

Die Entwicklung des bisher weltweit ersten «Hot-Fractured-Rock»-Projektes für die kommerzielle Strom- und Wärmenutzung erfolgt in zwei Teilschritten: In der Explorationsphase bis 2007 soll das Wärmereservoir, also das unterirdische System der Klüfte im Gestein, schrittwei-

se erschlossen werden. Im Frühjahr 2007 sind dann erste Zirkulationstests mit eingepresstem Wasser vorgesehen und anschliessend eine zweite Tiefbohrung. Falls die Eignung zur wirtschaftlichen Energiegewinnung nachgewiesen werden kann, d.h. falls die Gesteinstemperatur mindestens 200 °C erreicht, werden in der Ausbauphase bis 2009 eine zusätzliche Bohrung ausgeführt und die oberirdischen Kraftwerkanlagen gebaut. Die Pilotanlage soll dann den Bedarf von 10 000 Haushalten mit Strom und von 2700 Haushalten mit Wärme decken.

Allerdings musste die Kostenschätzung für die Explorationsphase bis Mitte 2007 deutlich erhöht werden, von 47 auf 62 Millionen Franken. Die höheren Kosten seien hauptsächlich auf massive Preissteigerungen beim Stahl und auf die Konkurrenz mit der Erdölindustrie zurückzuführen, deren Technologien bei der Tiefbohrung genutzt werden. Weiter seien auch neue Erkenntnisse in den Bereichen Planung, Technik und Geologie berücksichtigt worden, welche die Erfolgsaussichten verbessern, aber Mehrkosten verursachen.

Die Gesamtkosten für das Geothermieprojekt betragen aufgrund der aktuellen Schätzung rund 108 Millionen Franken plus 10 Millionen Franken für eine zusätzliche Erdgasturbine, die zu einer Leistungssteigerung und zur Verbesserung der Effizienz der Anlage beiträgt.

Einen wissenschaftlichen Zusatznutzen erwarten die Projektleiter von einem unterirdischen System mit insgesamt sechs Messstellen in mehreren Horchbohrungen in Tiefen von 300 bis 2700 Metern. Diese überwachen die Erschlies-

### HDR technology is now in transition from research to commercialisation.

(gd) The concept of Hot Dry Rock (HDR) geothermal energy originated some three decades ago at the Los Alamos National Laboratory in the USA.

Since that time, more than US \$500 Million has been spent on research and development internationally (in the USA, Europe and Japan). Progress has been relatively slow, partly because advances can only be achieved by drilling deep research wells (3 to 5 km) followed by scientific and engineering tests at great expense. However, steady progress has been made and HDR technology is now in transition from research to commercialisation. Several HDR projects are currently being pursued in various countries.

International cooperation is the hallmark of HDR research and development and Geodynamics is well placed to directly benefit from this co-operation, without having to «reinvent the wheel». The most advanced HDR projects is being developed in France (Saultz, Le Mayet) and Japan (Hijiori, Ogachi), whilst new projects are being initiated in Germany (Falkenberg, Bad Urach) and Switzerland (Basel, Geneva).



Fenton Hill HDR Test Site (Los Alamos, New Mexico, USA), weltweit erste HDR-Testanlage.

Land	Installierte Leistung (MW)	Aktuelle Leistung (MW)	Produktion (GWh/a)	Einheiten	Nationale Leistung (%)	Nationale Energie (%)
Australien	0.2	0.1	0.5	1		
Äthiopien	7	7		1	1	
China	28	19	95.7	13		
Costa Rica	163	163	1145	5	8.4	15
Deutschland	0.2	0.2	1.5	1		
El Salvador	151	119	967	5	14	24
Frankreich	15	15	102	2		
Guatemala	33	29	212	8	1.7	3
Island	202	202	1406	19	13.7	16.6
Indonesien	797	838	6085	15	2.2	6.7
Italien	790	699	5340	32	1.0	1.9
Japan	535	530	3467	19	0.2	0.3
Kenya	127	127	1088	8	11.2	19.2
Mexiko	953	953	6282	36	2.2	3.1
Neuseeland	435	403	2774	33	5.5	7.1
Nicaragua	77	38	270.7	3	11.2	9.8
Österreich	1	1	3.2	2		
Papua Neu Guinea	6	6	17	1		
Philippinen	1931	1838	9419	57	12.7	19.1
Portugal	16	13	90	5		
Russland	79	79	85	11		
Thailand	0.3	0.3	1.8	1		
Türkei	20	18	105	1		
USA	2544	1914	17840	189	0.3	0.5
Total	8912	8010	56798	468		

Tabelle II Geothermie-Anlagen in verschiedenen Ländern (Daten nach World Geothermal Congress 2005).



Geothermisches Kraftwerk Nesjavellir (Island).

sung des unterirdischen Wärmereservoirs und registrieren nebenbei auch natürliche Erdschütterungen, die an der Erdoberfläche nicht wahrnehmbar sind. Der schweizerische Erdbebendienst wie auch die amerikanische Forschergruppe, die die Technologie entwickelt hat, werden direkten Zugriff auf die Messergebnisse erhalten.

## Literatur

- [1] Strom aus Erdwärme wird Wirklichkeit (Anlage Bad Urach): Bulletin SEV/VSE Nr. 2/2004.
- [2] Berger, Wolfgang: Die Geothermie in Italien. Bulletin SEV/VSE Nr. 8/2005.



Geothermisches Becken in Neuseeland.

## La géothermie – une énergie disponible partout et en tous temps

La géothermie représente l'exploitation de la chaleur de la Terre sous toutes ses formes, quelque que soit la profondeur, la température et le mode d'utilisation. Les deux principaux modes d'exploitation sont d'une part l'usage direct de la chaleur pour des applications dans le domaine du chauffage et d'autre part la conversion de l'énergie thermique en électricité. Sachant que 99% de la masse de la Terre se trouve à une température supérieure à 1000 °C, les ressources sont immenses, bien au-delà de tous les besoins énergétiques de l'humanité pour de nombreuses générations, même si seule une très petite partie de cette énergie peut être exploitée.

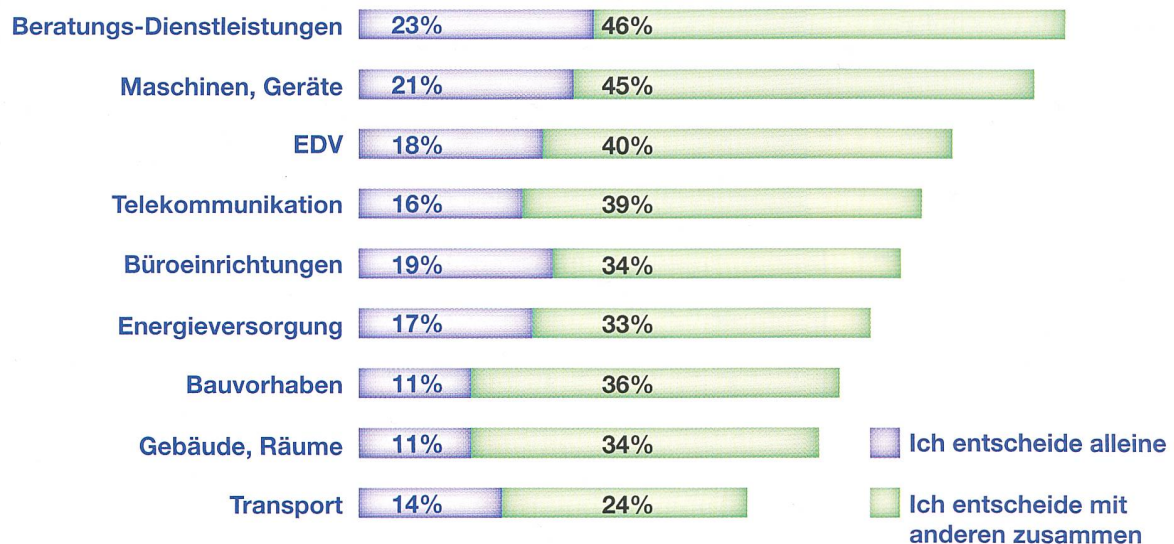
L'intérêt de la géothermie est multiple: elle est accessible partout et en tous temps, ses applications sont très nombreuses, elle représente une ressource locale et son coût d'exploitation est faible, même si l'investissement initial reste élevé dans certains cas. D'autre part, grâce à de faibles impacts sur la biosphère et à une gestion durable, la géothermie est une énergie favorable à l'environnement. Parmi les énergies renouvelables, elle est aussi l'une des plus économiques.

L'utilisation de la chaleur de la Terre se partage en deux catégories principales. Les ressources géothermiques de basse et moyenne température (10 à 100 °C) sont utilisées de manière directe pour des applications de chauffage (bâtiments locatifs ou industriels, serres agricoles, pisciculture, centres thermaux, piscines, etc.). Les ressources géothermiques à haute température (120 à 350 °C) permettent de convertir l'énergie calorifique en électricité par le biais de turbines à vapeur couplées à des générateurs. Les ressources géothermiques de haute température sont réparties inégalement sur les continents, surtout dans les régions volcaniques. Au total, 24 pays produisent une partie de leur électricité grâce à la géothermie, par exemple les Philippines, l'Indonésie, le Japon, le Mexique, la Californie, l'Islande ou près de chez nous la Toscane.



**Mit Ihrem Inserat  
im BULLETIN  
sprechen Sie die  
Entscheider  
in unserer Branche an**

**Unsere Leser/innen haben eine hohe Einkaufskompetenz:**



**83% der Leser/innen besuchten eine Fachhochschule oder eine Hochschule (16600 Leser/innen).**



Das BULLETIN hat mehr als 20000 Leser/innen, ist WEMF-beglaubigt und wurde vom Verband SCHWEIZER PRESSE mit dem Gütesiegel Q-Publikation ausgezeichnet.

Verlangen Sie die Unterlagen: Jean Frey AG, Jiri Touzimsky  
 Telefon +41 (0)43 444 51 08  
 Fax +41 (0)43 444 51 01  
 E-Mail: bulletin@jean-frey.ch