

GEOTHERMIE

Schöne Grüße von Vulcanus

Zähmen lässt sich das Feuer der Vulkane zwar nicht, mitunter aber zur Energiegewinnung nutzen.

Von Bernhard Gerl

Wenn der Ätna Feuer spuckt oder der Merapi auf Java ausbricht, geben die dramatischen Bilder in den Fernsehnachrichten eine Ahnung davon, welche gewaltige Hitze tief unter unseren Füßen brodet. Für Griechen und Römer war klar, dass der feurigen Natur der Vulkane eine machtvolle Gottheit innewohnen musste. Deutlich ziviler äußert sie sich in Form von Thermalquellen und Geothermiekraftwerken. In Ländern, in denen noch Vulkane aktiv sind oder die über so genannten Hotspots liegen, hat diese Form der Energienutzung schon länger Tradition. Island ist dabei Spitzenreiter: Geothermie deckt dort mehr als die Hälfte des Bedarfs an Wärme und Strom. Doch auch für Staaten, in deren unteren Stockwerken es gemütlicher zugeht, wird diese umweltfreundliche und klimaschonende Technologie zunehmend interessant.

Bergleute wissen, dass die Temperatur pro hundert Meter Tiefe um etwa drei Grad Celsius ansteigt. In einem drei Kilometer tiefen Schacht sollte es also zwischen 80 und 120 Grad Celsius warm sein, in fünf Kilometer Tiefe gar 130 bis 160 Grad. Führen diese Gesteinschichten zudem Wasser, lässt es sich in einem Bohrloch nach oben fördern, durch einen Wärmetauscher leiten und dann wieder in die Tiefe pumpen. Doch Tiefbohrungen sind schwierig und sehr kostspielig. Am Ende kann sich herausstellen, dass die betreffende Schicht nicht genug Wasser führt oder nicht gut getroffen wurde.

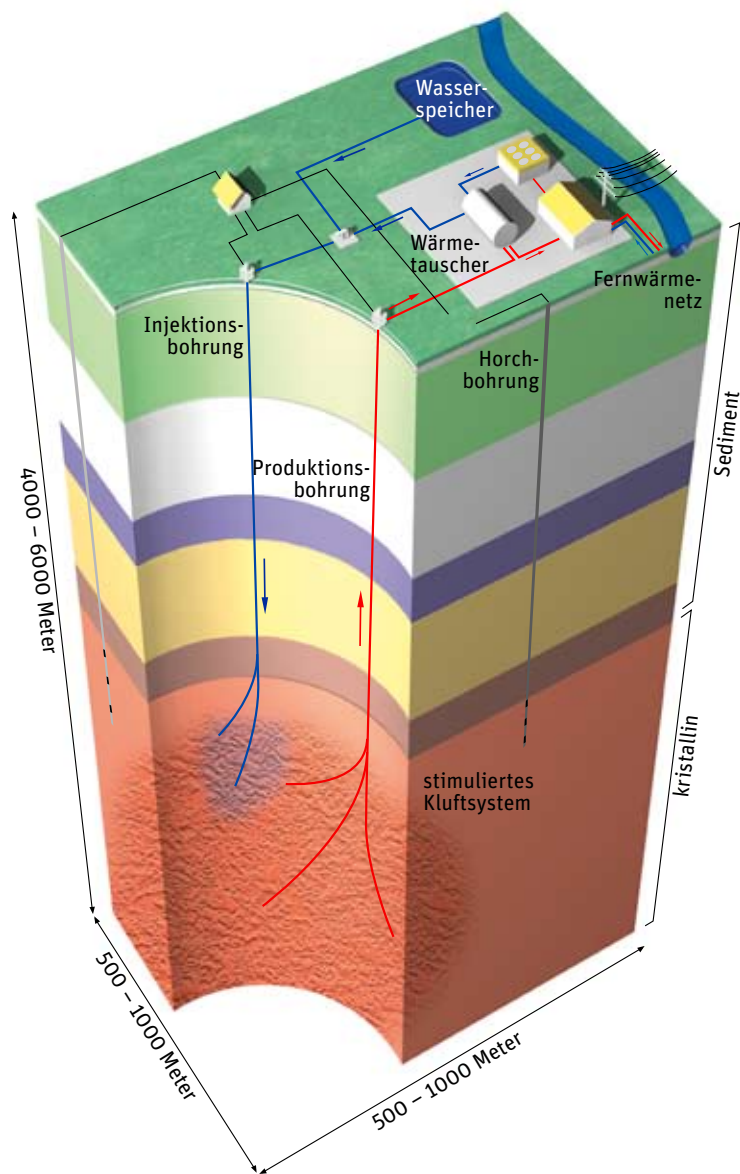
Das Hot-Dry-Rock-Verfahren macht vom Grundwasser unabhängig. Man benötigt lediglich zwei Bohrlöcher und presst dann Wasser mit 200- bis 300-fachem Atmosphärendruck durch das heiße Gestein. Auf diese Weise wird es aufgesprengt und durchlässig gemacht. Die Kräfte, die dabei wirken, sind beträchtlich: Im Dezember 2006 wurde durch eine derartige »Sprengung« in der Region Basel ein Erdbeben der Stärke 3,4 ausgelöst, in El Salvador wurde 2003 sogar 4,4 auf der Richterskala gemessen. Warum dergleichen geschieht, wissen die Experten noch nicht. Vermutlich verstärkt das Einpressen mechanische Spannungen in tiefen Gesteinszonen. Bislang hatten Bohrungen bis vier Kilometer Tiefe keine Beben zur Folge, in Basel war man fünf Kilometer in die Erdkruste vorgestoßen.

Durch Erdwärme erhitztes Wasser ist oft noch zu kalt, um bereits effektiv Turbinen anzutreiben. Darum gibt es in einem Wärmetauscher seine Energie an ein Medium ab, das schon bei Temperaturen von beispielsweise 50 Grad Celsius siedet. Dieses verdampft und treibt eine Turbine an.

Stand der Technik war bis vor Kurzem das ORC-Verfahren (*Organic Rankine Cycle*). Die hier eingesetzten Medien sind Fluorchlorkohlenwasserstoffe mit Siedepunkten zwischen minus 40 und plus 50 Grad Celsius oder Kohlenwasserstoffisobutan mit einem Siedepunkt von minus 11,7 Grad Celsius. Diese Verbindungen können aber die Umwelt schädigen. Modernere Anlagen verwenden deshalb das nach dem russischen Ingenieur Alex Kalina benannte Verfahren, bei dem ein Wasser-Ammoniak-Gemisch als Arbeitsmittel verwendet wird. Vorteil hier: Es kann weit über den Siedepunkt des Ammoniaks von minus 33,7 Grad Celsius hinaus erhitzt werden. Die Temperatur einer reinen Flüssigkeit dagegen steigt nur bis zum Siedepunkt, dann verdampft sie. Das flüssige Gemisch Alex Kalinas aber vermag auch über den Siedepunkt hinaus noch Wärme aufzunehmen. Das verbessert den Wirkungsgrad des Wärmetauschers.

Die Stadt Unterhaching bei München hat das Glück, dass 3300 Meter unter ihr eine Wasser führende Schicht durch 122 Grad Celsius heißes Gestein fließt. Aus diesem Grund wird dort eine solche Geothermieanlage gebaut. Die Techniker rechnen mit einer Leistung von 3,36 Megawatt – damit lassen sich etwa 6000 Vier-Personen-Haushalte mit Strom versorgen. Neben elektrischer Energie wird das Wasser auch Heizwärme für etwa die Hälfte der 20 000 Einwohner der Stadt liefern. Dazu werden 25 von den 150 pro Sekunde geförderten Litern abgezweigt und in ein Fernwärmenetz gespeist. Die Bohrungen wurden 2004 beendet, das Heizwerk wie auch die Anlage zur Stromerzeugung sind bereits fertig gestellt, im November 2007 soll die komplette Anlage im Betrieb sein – und jährlich den Ausstoß von 12 000 Tonnen Kohlendioxid, sieben Tonnen Schwefeldioxid und fast elf Tonnen Stickstoffoxiden einsparen. So macht man Häuser warm, ohne das Weltklima zu verändern. <

Der Autor **BERNHARD GERL** arbeitet als freier Fachjournalist in Mainz.



Beim Hot-Dry-Rock-Prinzip wird das Gestein in der Tiefe durch Wasserdruck gesprengt und es entstehen Verbindungen zwischen zwei Bohrlöchern. Nun kann eine Injektionspumpe kaltes Wasser (blau) in die warme Schicht pressen. Es erwärmt sich im zerklüfteten Gestein und wird wieder an die Oberfläche gepumpt (rot). Dort entzieht ein Wärmetauscher dem Wasser die Energie zur Strom- und Wärmeproduktion.

WUSSTEN SIE SCHON?

Ein Geothermiekraftwerk nutzt wirklich eine **erneuerbare Energie**, denn die Wärme im Erdinneren wird nachgeliefert, wenn auch langsamer, als sie das Kraftwerk abführt. Die Energiequelle: zu etwa einem Drittel die Restwärme aus der Zeit der Erdentstehung, zu zwei Dritteln der Zerfall der radioaktiven Elemente Uran und Thorium in der Erdkruste. Ein Gesteinsblock von einem Kubikkilometer könnte 30 Jahre lang 300 Megawatt liefern und würde dabei von 200 auf 100 Grad abgekühlt. Theoretisch reichte allein die in den oberen drei Kilometern der Erdkruste gespeicherte Energie aus, um die Welt 100 000 Jahre lang zu versorgen.

Auch **oberflächennahes Grundwasser** hat eine konstante Temperatur von 7 bis 12 Grad und kann deshalb mittels Wärmepumpen zum Heizen genutzt werden kann. Der Ursprung dieser Wärme ist aber gespeicherte Sonnenenergie und hat mit Geothermie wenig zu tun.

Das in Deutschland geltende Erneuerbare-Energien-Gesetz ermöglicht eine **verlässliche finanzielle Förderung** regenerativer Energien, etwa durch einen garantierten Strompreis von 15 Cent pro Kilowattstunde. Deshalb können Geothermiekraftwerke langfristig rentabel arbeiten, auch wenn der Wirkungsgrad – also die Relation von elektrischer Bruttoleistung zu zugeführter Wärme – mit 12,5 bis 14 Prozent nicht sehr hoch ist. Weltweit werden durch Geothermieranlagen rund acht Gigawatt Leistung pro Jahr erzeugt, das entspricht etwa 0,06 Prozent des Primärenergieverbrauchs der Menschheit.

In **vulkanisch aktiven Zonen** gibt es Heißdampfquellen. Bereits 30 Grad warmes Wasser genügt, um ein Thermalbad zu versorgen. Entweicht heißer Dampf von über 180 Grad Celsius aus der Erde, können sogar Dampfturbinen zur Stromerzeugung damit angetrieben werden. Im italienischen Larderello gibt es eine solche Anlage bereits seit 1904. Sie erzeugt heute eine Leistung von 545 Megawatt, ungefähr so viel wie ein modernes Kohlekraftwerk.

Wie bei der Suche nach Erdöl wird für die Bohrungen das **Drehbohrverfahren** eingesetzt. Am Ende des Bohrgestänges sitzt ein diamantbesetzter Bohrkopf. Wasser, das durch das Gestänge gepresst wird, spült das zerriebene Gestein nach oben. Mit etwa vierzig Prozent der Kosten für das gesamte Geothermiekraftwerk sind die Bohrungen der teuerste Einzelposten. Will man die Erdwärme nur zum Heizen verwenden, reicht manchmal eine einzige Bohrung, durch die Wasser in das heiße Gestein gepresst und weiter unten wieder entnommen wird. Für die Stromerzeugung ist aber die Fläche, an der das heiße Gestein Wärme an das Wasser abgeben kann, zu klein.