

Intelligente Systeme der Erdwärmenutzung – regenerative Energie aus dem Untergrund

Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. techn. Dietmar Adam
Geotechnik Adam ZT GmbH, Brunn am Gebirge

Im Boden unterhalb der Erdoberfläche befindet sich ein enormes – weitestgehend ungenutztes – Energiepotenzial in Form von Erdwärme. Im Schnitt nimmt die Temperatur ab der Erdoberfläche pro 100 m Tiefe um etwa 3 °C zu, sodass eine immense Wärmemenge zur Verfügung steht. Es handelt sich dabei um eine erneuerbare, inländische und umweltfreundliche Energiequelle, die zudem ständig verfügbar ist. Aufgrund der zahlreichen Vorteile, die damit verbunden sind, wurden bislang zahlreiche Methoden entwickelt, mit denen die Erdwärme (meist in Kombination mit einer Wärmepumpe) genutzt werden kann. Dazu zählen beispielsweise:

- Vertikale Erdwärmesonden, die in Tiefen von bis zu 100-200 m reichen und über einen geschlossenen Rohrkreislauf dem Boden Energie entziehen. In diesen Tiefen wird eine von der Tages- und Jahreszeit unabhängige Temperatur erreicht, sodass eine einzige Erdwärmesonde ausreicht, um beispielsweise ein Einfamilienhaus zu heizen und/oder zu kühlen (Abb. 1).
- Mit flächig verlegten Erdregistern, die knapp unterhalb der Erdoberfläche verlegt werden, wird die im Boden ge-

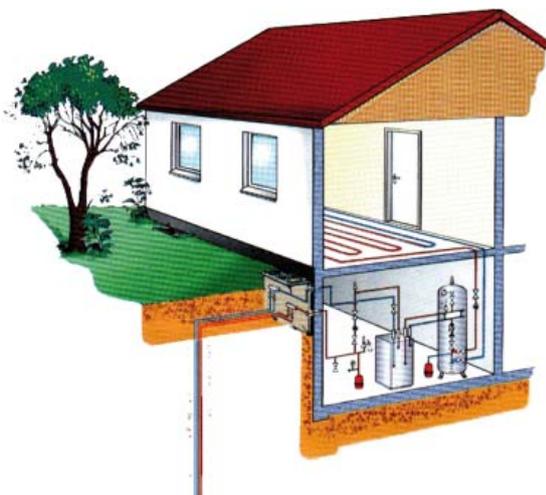


Abb. 1: Vertikal eingebaute Erdwärmeabsorber

speicherte Sonnenenergie genutzt. Auf einer Fläche von nur 20 m² wird von der Sonne mehr Energie eingetragen, als ein gut gedämmtes Einfamilienhaus für die Beheizung und Brauchwassererwärmung benötigt (Abb. 2).

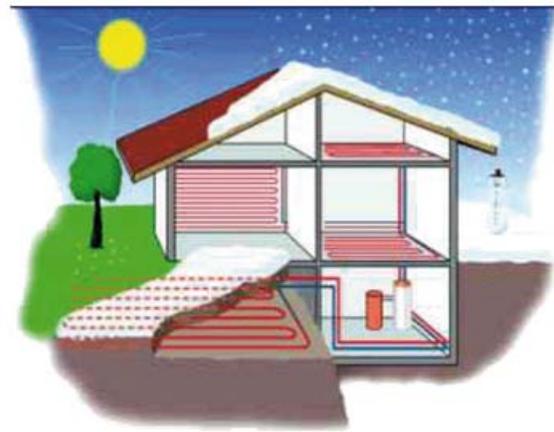


Abb. 2: Flächig verlegte Erdregister

- Grundwasser hat in unseren Breiten eine Temperatur von im Mittel 8 bis 12 °C und unterliegt im Gegensatz zu Oberflächengewässern nur sehr geringen jahreszeitlichen Temperaturschwankungen. Durch Förderung des Grundwassers kann auch diese Energie in idealer Weise genutzt werden.
- Tiefe Erdwärmesonden reichen in Tiefen von 500-2.000 m, wobei Temperaturen von bis zu 70 °C vorherrschen. Mithilfe einer Koaxialsonde wird damit ein derart großes Energiepotenzial erschlossen, sodass Mehrfamilienhäuser, Wohn- und Industrieanlagen kostengünstig mit umweltfreundlicher Wärme versorgt werden können (Abb. 3).
- Bei den so genannten Massivabsorbern handelt es sich um eine Technologie, bei der statisch-konstruktiv erforderliche Bauteile – z. B. Pfähle, Schlitzwände, Bodenplatten (Abb. 4 und 5) – im Sinne

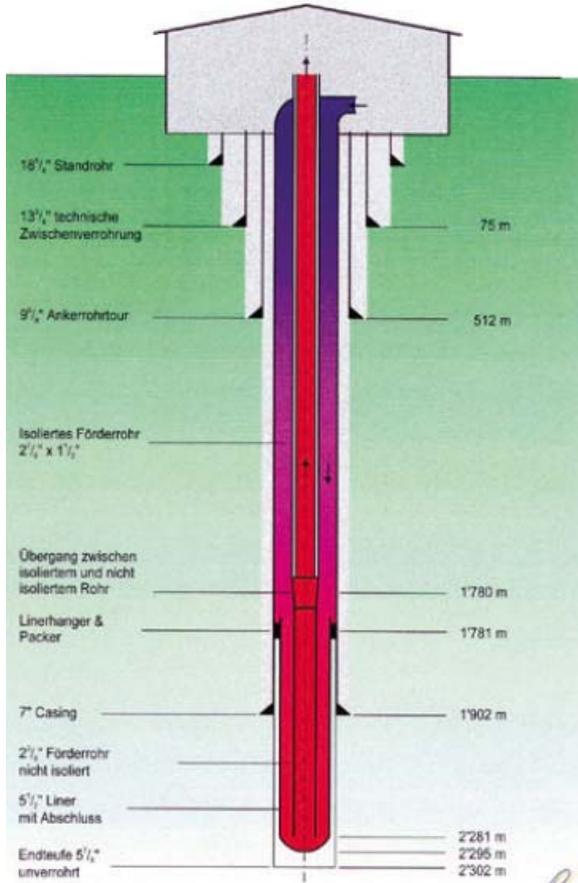


Abb. 3: Verrohrungsschema der Tiefen-Erdwärmesonde Thermal 1 in Weggis. Die Wärmeträgerflüssigkeit zirkuliert in einem geschlossenen Rohrsystem – koaxialer Sondentyp. Die dem Untergrund entzogene Wärme wird zur Heizung und Wassererwärmung von drei Mehrfamilienhäusern verwendet (Quelle: Polydynamics, Zürich).



Abb. 4: Bewehrungskorb mit Absorberleitungen eines „Energiepfahles“



Abb. 5: Absorberleitungen einer „Energiebodenplatte“

eines Synergieeffektes nicht nur zur Lastabtragung, sondern auch zum Energieaustausch nutzbar gemacht werden und dadurch besonders wirtschaftlich sind. Diese äußerst vielversprechende Methode der Erdwärmennutzung wird bereits seit den 1980er-Jahren bei einer Vielzahl von Hochbauten verwendet, sodass nun, vor allem im Bereich des Hochbaus, auf einen langjährigen Erfahrungsschatz und eine Vielzahl von Detaillösungen zurückgegriffen werden kann. Mittels Wärmetauscherrohre werden Betonbauteile ähnlich einer Fußbodenheizung thermisch aktiviert, sodass der Boden unterhalb des Gebäudes im Winter als natürlicher Wärmelieferant genutzt werden kann. Am Beispiel eines Einfamilienhauses ist ersichtlich, welche enorme Energiemengen auf diese Weise genutzt werden können:

Bei einer angenommenen Grundfläche von 100 m² und einer Aktivierung des Erdreiches bis in 12 m Tiefe unter dem Gebäude beträgt das unmittelbar nutzbare Erdreichvolumen 1.200 m³, was einem Gewicht von etwa 2.000 t entspricht. Wird diese Masse nur um 1 °C abgekühlt, können daraus rund 1.000 kWh thermische Energie entzogen werden.

Im Sommer kann zudem die Anlage zur Kühlung des Gebäudes verwendet werden. Diese Art der Klimatisierung ist im Vergleich zu herkömmlichen Systemen (Kühlung mit Strom) besonders wirtschaftlich und findet daher breite Anwendung bei modernen Bauten, bei denen der Kühlbedarf aufgrund großflächiger Glasfassaden oftmals enorm ist.

Durch die Weiterentwicklung dieses

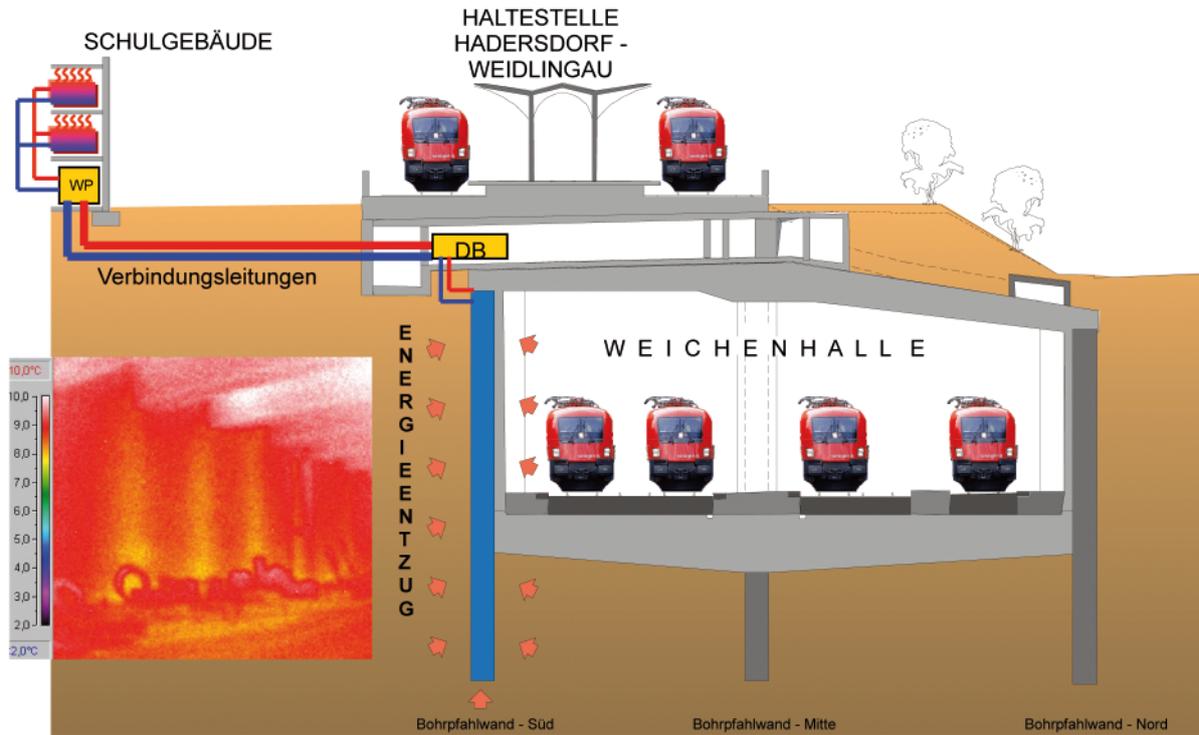


Abb. 6: Massivabsorbertechnologie am Beispiel des Lainzer Tunnels, Abschnitt Hadersdorf – Weidlingau, offene Bauweise. Die konstruktiv erforderlichen Pfähle sind als Erdwärmeabsorber („Energiepfähle“) ausgestattet. Die dadurch dem Erdreich entnommene Wärme wird zur Beheizung einer angrenzenden Schule genutzt.

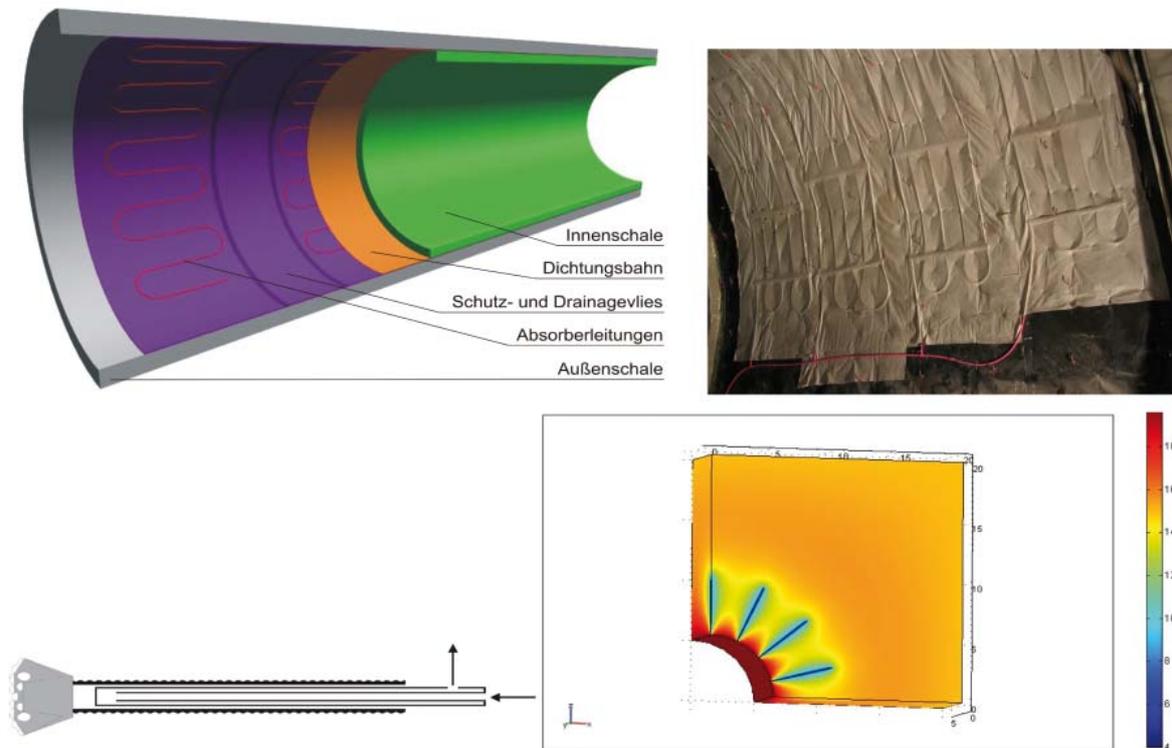


Abb. 7: Tunnel in geschlossener Bauweise. Tunnelthermie® wird über „Energievlies“ und „Energieanker“ nutzbar gemacht.

innovativen Energiesystems können nun auch Tunnelbauwerke als Energieabsorber herangezogen werden, wobei im Vergleich zu Hochbauten ein noch größeres Bodenvolumen und damit ein noch größeres Energiepotenzial erschlossen wird. Die ersten großmaßstäblichen Anwendungen dieser Art finden sich in Wien: Sowohl beim Lainzer Tunnel als auch bei der Wiener U-Bahn wird diese so genannte Tunnelthermie[®] genutzt, wobei die dem Boden entzogene Energie entweder zur Deckung des eigenen Heiz- und/oder Kühlbedarfs verwendet oder aber an Dritte lukrativ verkauft wird. Gerade auf diesem Sektor finden derzeit umfangreiche Forschungstätigkeiten statt, mit denen in Zukunft nahezu jeder Tunnel, unabhängig von der Bauweise, als Energielieferant herangezogen werden kann (Abb. 6 und 7).

- Bei der hydrothermalen Energienutzung wird mittels Tiefbohrungen Thermalwasser an die Erdoberfläche gepumpt. Typische Anwendungen dafür sind beispielsweise Thermalbäder, bei denen das geförderte heiße Wasser zunächst für den Badebetrieb und anschließend noch zur Behei-

zung weiterer Räumlichkeiten (Kaskadenprinzip) verwendet wird (Abb. 8).

- Eisenbahntunnels, aber auch andere Tunnels, bieten ebenfalls eine ideale Möglichkeit zur Wärmegewinnung. Bei derartigen Tunnelbauwerken fallen oftmals warme Tunnelwässer mit Temperaturen von 15 °C bis sogar 24 °C an, die bislang mit Hilfe von Verdunstungsbecken abgekühlt werden, bevor sie in einen Vorfluter eingeleitet werden. Anstatt dieser Energievernichtung können diese warmen Tunnelwässer auch direkt für Heizzwecke genutzt werden (Abb. 9).

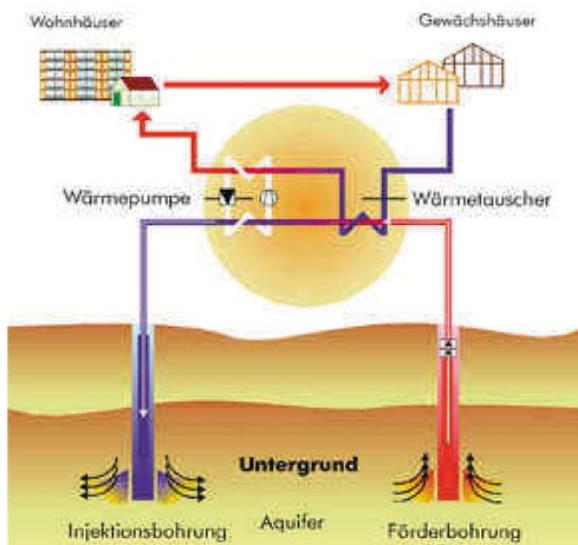


Abb. 8: Funktionsweise einer Doubletten-Anlage: Eine Förderbohrung pumpt warmes Thermalwasser mithilfe einer Tauchpumpe an die Oberfläche, wo ein Wärmetauscher und eine nachgeschaltete Wärmepumpe zur Anhebung auf die gewünschte Heiztemperatur eingesetzt werden. Der Heizkreislauf beliefert in Form einer Fernwärmeleitung den Verbraucher. Das abgekühlte Wasser wird mit einer Injektionsbohrung in den Aquifer zurückgeführt (Quelle: Erdwärme Neustadt-Glewe GmbH, Schwerin).



Abb. 9: Nutzung von Tunnelwässern: In einer Rigole (im Bild links unten zu erkennen) wird am Portal des Rickentunnels in Kaltbrunn das Drainagewasser zur Beheizung einer Mehrzweckhalle, einer Turnhalle, einer Zivilschutzanlage und eines Kindergartens abgeführt (Quelle: Bild NOK, Nordostschweizerische Kraftwerke).

- Aber nicht nur zum Heizen und/oder Kühlen kann die Erdwärme genutzt werden: Beim so genannten Deep Heat Mining (bzw. Hot-Dry-Rock-Technologie) wird das Wärmereservoir der Erde zur Stromproduktion herangezogen. Dabei wird ein bereits vorhandenes unterirdisches Kluftsystem künstlich aufgeweitet und anschließend zum Wärmeentzug verwendet. An der Oberfläche überträgt schließlich ein Wärmetauscher die Wärme zur Stromerzeugung auf einen Generatorkreislauf. Die da-

bei anfallende Restwärme kann zusätzlich für Heizzwecke genutzt werden (Abb. 10).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Nutzung von Erdwärme ein Paradebeispiel für nachhaltiges Wirtschaften darstellt. Volkswirtschaftlich wird eine inländische, umweltfreundliche und erneuerbare Energiequelle erschlossen, die ständig verfügbar ist und zudem einen Beitrag zum Klimaschutz und zur Erfüllung der internationalen Verpflichtungen, wie das Kyoto-Protokoll, leisten kann. Zusätzlich wird die Erdwärme mittelfristig eine kostengünstige Energieform im Vergleich zu fossilen Energieträgern darstellen, vor allem wenn entsprechende Lenkungsmaßnahmen gesetzt werden. Für den Eigentümer der Anlage bietet die Erdwärme die Möglichkeit, Betriebskosten zu senken und/oder zusätzliche Einnahmequellen durch den Verkauf von Energie zu lukrieren. Durch den Einbau von Wärmetauscherrohren in Betonbauteile wie Fundierungen, Tunneln etc. (Massivabsorbersystem) wird zusätzlich ein deutlicher Imagegewinn von Betonbauwerken auf Grund des umweltfreundlichen und innovativen Charakters dieser Technologie erzielt, wodurch die Akzeptanz derartiger Bauwerke erheblich gesteigert werden kann. Die Anlagen liegen praktisch unterirdisch und bilden daher auch keine störenden Elemente in der Landschaft.

Mit der Nutzung von Gebäudefundierungen, U-Bahnen, innerstädtischen Eisenbahn- und Straßentunnels, Fußgängerpassagen, Tiefgaragen und des öffentlichen Kanalnetzes als Energielieferant könnten somit zahlreiche Heiz- und Kühlanforderungen kostengünstig und umweltfreundliche bewerkstelligt werden. Abgesehen von dieser Gebäudeklimatisierung kann die auf diese Weise genutzte Erdwärme noch für zahlreiche andere Anwendungen wie z. B. zur Eis- und Schneefreihaltung von Brücken, Bahnsteigen, Busstationen etc. oder zur Rasenbeheizung von Fußballfeldern genutzt werden.

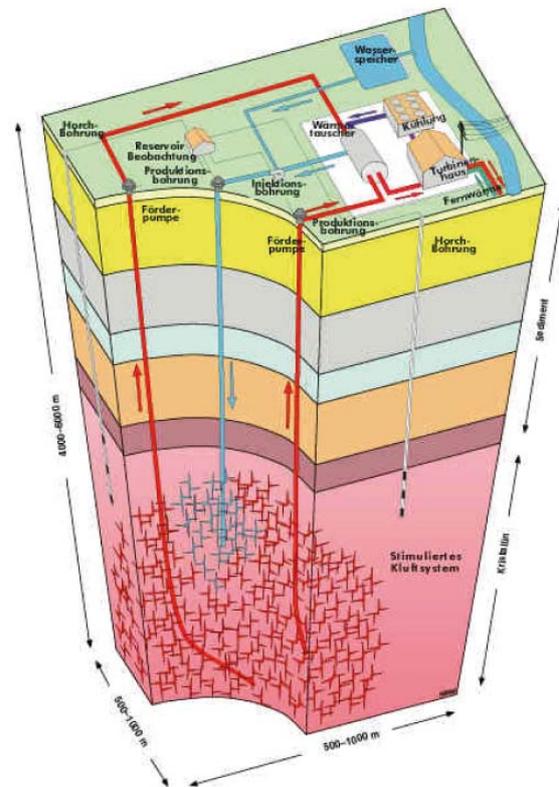


Abb. 10: Das Hot-Dry-Rock-Prinzip: Die Wärmeproduktion erfolgt über einen geschlossenen Wasserkreislauf. Eine Injektionspumpe presst Wasser (blau) in ein Wärmereservoir. Das Wasser erwärmt sich am zerklüfteten Gestein und wird wieder an die Oberfläche gepumpt (rot). Dort entzieht ein Wärmetauscher dem Wasser die Energie zur Strom- und Wärmeproduktion (Quelle: Häring GeoProject, Steinmaur).