

Energiewende durch tiefe Geothermie

Geothermische Nutzung von Tunnelanlagen

Klaus Voit (BOKU), Wolfgang Straka (BOKU), Gregor Götzl (GBA),
Magdalena Wolf (BOKU), Thomas Geisler (TU Graz), Edith Haslinger (AIT), Tobias Cordes (BBT), Ulrich Burger (BBT);
BOKU IAG, BOKU IVET

Geothermische Energie ist der Schlüssel zur Energiewende. Geothermie nutzt die in der Erdkruste gespeicherte thermische Energie. Die Nutzung dieses bereits vorhandenen und quasi unerschöpflichen Energiereservoirs ist emissionsfrei, wodurch die Geothermie zu den erneuerbaren Energieformen zählt. Im Unterschied zur oberflächennahen geothermischen Nutzung mit Tiefen bis ≤ 300 m werden mittels tiefer Geothermie Tiefenbereiche > 300 m erschlossen. Die Leistung von tiefen Anlagen ist dabei – durch das höhere Temperaturniveau in Abhängigkeit des geothermischen Gradienten – um ein Vielfaches höher. Tunnel als weitverbreitete Infrastrukturbauwerke dringen in den äußeren Bereich der Erdkruste ein und erschließen damit die in petrothermischer (Gesteinswärme) und hydrogeothermischer (Gebirgsässer) Form gespeicherte geothermische Energie.

GRUNDLAGEN der geothermischen Energie

Die im Untergrund gespeicherte Energie kann je nach regionalem Energiedargebot zum Heizen, aber auch zum Kühlen sowie zur Erzeugung von elektrischem Strom genutzt werden. Großer Vorteil der geothermischen Energie ist dabei ihre Grundlastfähigkeit, d.h. die aus dem Erdinneren bezogene Energie wird dauerhaft und unterbrechungsfrei bereitgestellt. Diese muss lediglich abgegriffen, an die Oberfläche transportiert und verteilt werden. Der Wärmetransport bzw. die Zufuhr von thermischer Energie im Untergrund erfolgt dabei bei Vorhandensein von zirkulierendem Grund- oder Bergwasser durch Wärmeströmung (Konvektion). Das Dargebot an geothermischer Energie wird von den jeweils regional vorliegenden geologischen und tektonischen Gegebenheiten beeinflusst, wobei die Temperaturzunahme mit der Tiefe und/oder das Vorhandensein eines Grundwasser- oder Bergwasserkörpers entscheidend für eine wirtschaftliche Umsetzung sind. Die wesentlichsten physikalischen Parameter sind dabei die Wärmeleitfähigkeit und Wärmespeicherkapazität des Untergrundes, welche von den drei Phasen Gestein, Porenwasser und Porenluft bestimmt werden. Hinsichtlich der Entnahme der Wärme- oder Kälteenergie wird grundsätzlich zwischen geschlossenen (Absorberkreislauf) und offenen Systemen (direkte Grundwasserentnahme) unterschieden (vgl. Adam & Markiewicz, 2010).

BEREITSTELLUNG tiefliegender geothermischer Energie

Die Bereitstellung bzw. Entnahme der tiefen geothermischen Energie kann durch petrothermale Systeme aus dem kristallinen Grundgebirge erfolgen. Klassische Entnahmesysteme erzeugen im Grundgebirge durch Aufbrechen von Gestein („hydraulic fracturing“) eine Erhöhung der Wasserwegigkeit (Permeabilität) und damit eine nutzbare Wärmetauscherfläche im Untergrund. Bei permeablem Untergrund ist ein künstlich induziertes Aufbrechen des Gebirges nicht notwendig. Mittels Injektions- und Förderbohrungen wird anschließend ein künstlicher Zirkulationskreislauf erzeugt (Abb.1), wobei das zirkulierende Wasser als Wärmeträger, das umgebende Gestein als Wärmequelle dient (Stober & Bucher, 2020, Bundesverband Geothermie Deutschland, www.geothermie.de).

Im Unterschied dazu werden bei hydrogeothermischen Systemen natürliche, im Gebirge zirkulierende Wasser über Thermalbrunnen gefördert und abgekühlte Wasser je nach Bedarf wieder in den Untergrund rückgeführt. Beide Verfahren stellen einen künstlichen Eingriff in den Untergrund dar und können zu einer induzierten Seismizität im Untergrund führen.

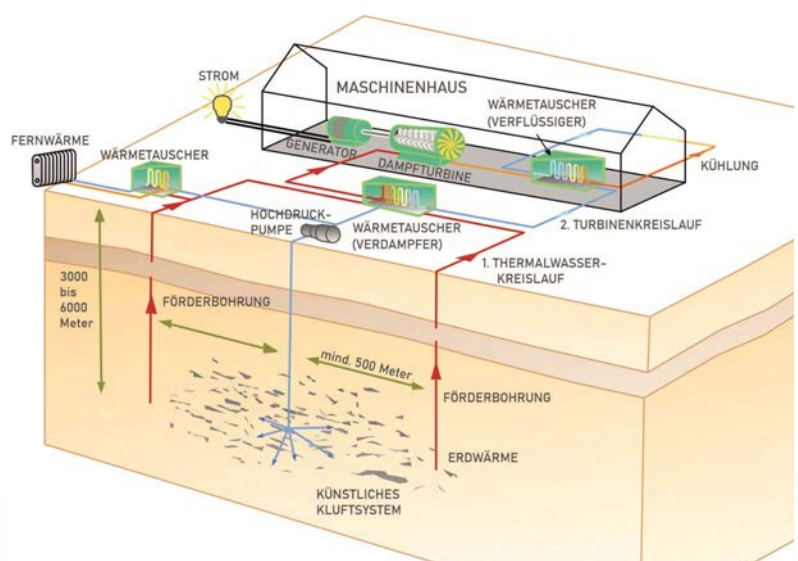


Abb.1: Petrothermale Nutzung der geothermischen Energie (Bundesverband Geothermie, www.geothermie.de)

Geothermische NUTZUNG von Tunnelanlagen

Tiefliegende Tunnelanlagen bieten neben ihrer verkehrstechnischen Funktion auch einen erheblichen energetischen Nutzen. Die vom Gebirge bereitgestellte Energie kann mit moderatem Mehraufwand gewonnen werden, ohne dass kostenintensive Injektionsbohrungen und dgl. notwendig sind. Die geothermische Energie im Tunnel kann zum einen aus der Felswärme mittels geschlossener Systeme (Absorberleitungen in Betonbauteilen oder Ankern als Wärmetauscher) entnommen werden. Zum anderen kann Wärme oder Kälte aus den im Gebirge zirkulierenden und über die Tunnel Drainage gesammelten Wässern extrahiert werden (Abb. 2.1 und Abb. 2.2). Bei beiden Nutzungsarten ist die Kopplung mit Wärmepumpen zur Anhebung des Temperaturniveaus möglich.

Gebirgs wässern werden über ein Drainagesystem im Tunnel gesammelt und über das Tunnelportal abgeführt. Dort stehen diese – bevor sie dem jeweiligen Vorfluter zugeführt werden – einer energetischen Nutzung mittels Wärmepumpe bzw. der Einleitung der Wärme in das lokale Energienetz mit vergleichbar geringem Aufwand zur Verfügung. Eine Nutzung bestehender Tunnelanlagen erfolgt seit mehreren Jahren in der Schweiz, die Anwendung der Tunnelgeothermie umfasst bisher die Wärme- und Kühlversorgung von Wohn- und Bürogebäuden sowie Sport- und Mehrzweckhallen, bei den langen Tunneln Lötschberg und Gotthard Basistunnel außerdem die Beheizung von Tropenhäusern und Fischzuchtanlagen (Förderstelle Geothermie, Online-Zugriff).



Abb. 2.1 und Abb. 2.2: Ortsbrust mit Wasseraustritten entlang von Klüften (oben Vortrieb, unten ausgebauter Erkundungsstollen Brenner Basistunnel, Fotos Klaus Voit)

Geothermische POTENZIALANALYSE am Beispiel Brenner Basistunnel

Ein aktuelles Beispiel, bei welchem eine Nutzung der Tunnelgeothermie angedacht ist, ist der derzeit im Bau befindliche Brenner Basistunnel. Mit einer Gebirgsüberlagerung von bis zu etwa 1800 m werden Temperaturen im Tunnel von abschnittsweise über 30°C erwartet (vgl. Abb. 3). Zusätzlich zeigt der laufende Vortrieb zahlreiche Wasserzutritte (für den österreichischen Tunnelabschnitt derzeit eine Schüttung von insgesamt ca. 50 l/s) mit Wassertemperaturen von im Mittel 20 bis 23°C, die in Abhängigkeit der geologischen Gegebenheiten unregelmäßig über die Tunneltrasse verteilt sind (Abb. 4).

Insgesamt lassen die bisher gewonnenen Ergebnisse auf ein hohes Potenzial zur geothermischen Nutzung des Brenner Basistunnels – v.a. zur Nutzung der an den Portalen austretenden Drainagewässern – schließen (prognostizierte Leistung in der Größenordnung eines Kleinkraftwerks mit mehreren Megawatt) und sind derzeit Inhalt laufender Forschungsarbeiten (FFG-Förderprojekt Proj.-Nr. 879458).

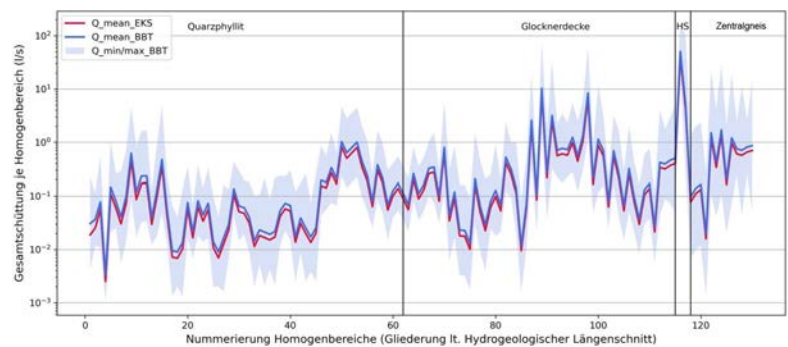


Abb. 4: Darstellung der Abflussmengen-Ganglinien (l/s) für den nördlichen Abschnitt des Brenner Basistunnels auf Basis prognostizierter Wasserzutritte mit Stand 2015 (Burger und Perello 2015)

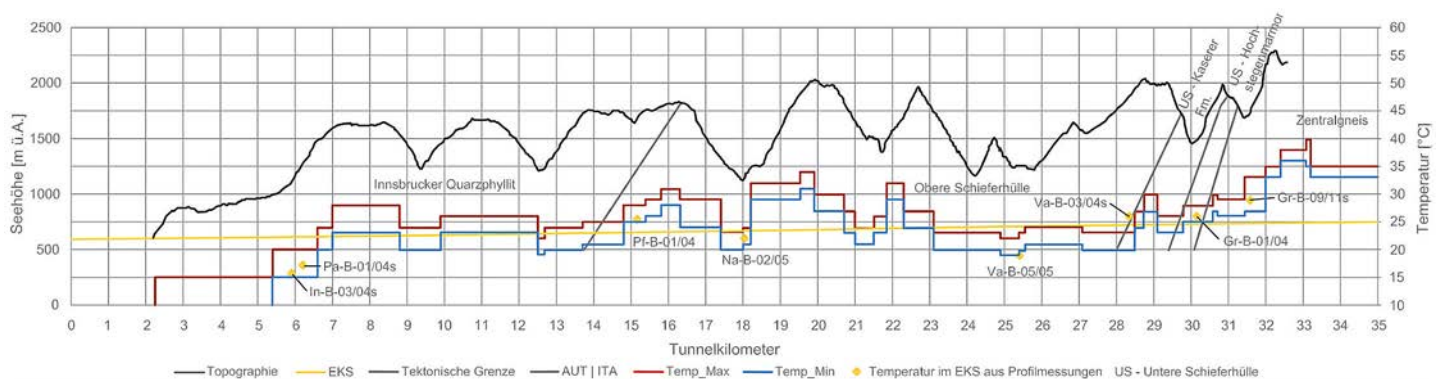


Abb.3: Temperaturanalyse im Zuge der Vorstudie zu FFG-Förderprojekt Proj.-Nr. 879458 entlang des österreichischen Abschnittes des Erkundungsstollens (EKS) des Brenner Basistunnels auf Basis der T-Profile der Tiefenbohrungen (interne Berichte BBT) © Gregor Götzl

Referenzen:

Adam D., Markiewicz R. (2010): Nutzung der Geothermie mittels Erdwärmeabsorber und Grundwasserbrunnen. Österr Wasser- und Abfallw 62, 77–85 (2010). <https://doi.org/10.1007/s00506-010-0183-4>
 Burger, U. und Perello P. (2015): Hydrogeologische Prognose Brenner Basistunnel – Grundlage Ausschreibungsplanungen; technischer Bericht BBT SE
 Stober I., Bucher K. (2020): Geothermie. 3. Auflage. Berlin. ISBN 978-3-662-60939-2.
 Förderstelle Geothermie: Tunnelgeothermie: Eine nutzenswerte Energiequelle im Land der Tunnels. Online-Abfrage am 08.03.2021: <https://info-geothermie.ch/>
 FFG-Förderprojekt „Wärme Gewinnung aus Infrastrukturprojekten und Einbindung in dezentrale Wärme- und Kältenetze für Plus-Energie-Quartiere“, SdZ 7. Ausschreibung 2019, Proj.-Nr. 879458 bzw. vorangegangene Vorstudie „Thermocluster BBT“.

Impressum:

BOKU-Energiecluster, Universität für Bodenkultur Wien
 Koordination: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Gernot Stögllehner
 Peter-Jordan Straße 82, A-1190 Wien
energiecluster@boku.ac.at
<https://boku.ac.at/boku-energiecluster>
 Stand: März 2021
 ISSN 2791-4143 (Online)