2. Zusammenfassung einer Publikation

Tunnel geothermics – A review. Ruben Stemmle, Kathrin Menberg, Ladislaus Rybach, Philipp Blum.
2022 Ernst & Sohn GmbH, Berlin. Geomechanics and Tunnelling 15 (2022), No. 1.

Leitfragen: Was sind die wichtigsten Aussagen der Publikation? Warum ist die Publikation relevant für mich?

2.1 Überblick

Die oben genannte Publikation befasst sich mit der Relevanz und dem Potential sowie den zwei vorherrschenden Systemen zu der geothermischen Aktivierung von Tunnels (offene hydrothermale Systeme und geschlossene Absorbersysteme). Des Weiteren wird die geografische Verteilung bereits bestehender und geplanter tunnelgeothermischer Anlagen untersucht und ein Überblick über Möglichkeiten zur Bestimmung des geothermischen Potentials von Tunnels angegeben.

2.2 Grundlagen: Tunnelgeothermische Systeme

Immer mehr Bau-Elemente werden für die geothermische Nutzung aktiviert (siehe auch Kap. 1.1.6). Die Tunnelgeothermie hat in diesem Zusammenhang grosses Potential, nicht zuletzt aufgrund der grossen Kontaktfläche mit dem Erdreich, welche sich positiv auf den Wärmestrom auswirkt.

Offene hydrothermale Systeme

Alle bisher realisierten offenen hydrothermalen Systeme befinden sich in Bergregionen mit mächtigen Gesteinsüberdeckungen. Hierbei wird das Tunneldrainagewasser als Quelle genutzt, an einen Verbraucher geleitet und das durch den Wärmeentzug abgekühlte Tunneldrainagewasser in einen Wasserkörper abgeleitet (siehe Abbildung 9).

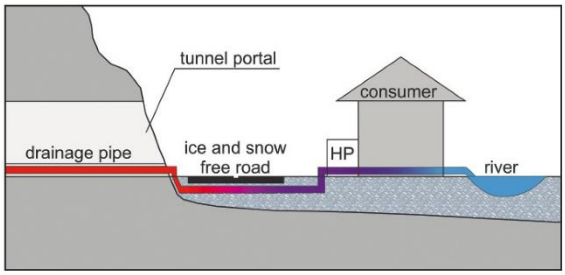

Abbildung 9: Funktionsprinzip eines offenen, hydrothermalen Systems mit Beispiel für Wärmenutzung.

Die Temperatur des Wassers korrespondiert sehr gut mit jener des Gesteins der Tunnelwände und kann bis zu 50°C erreichen. Je nach Nutzungsansprüchen kann die thermale Energie direkt oder mit einer zwischengeschalteten Wärmepumpe genutzt werden.
Die relevantesten Einflussfaktoren auf die Temperatur des Wassers sind die Mächtigkeit der Gesteinsüberdeckung und die Verteilung der Permeabilität sowie die lithologische Struktur des Gesteins. Neben der Temperatur spielt auch die Abflussrate eine entscheidende Rolle für die Menge an nutzbarer thermaler Energie: die hydraulische Leitfähigkeit (Brüche, Klüfte) erschwert jedoch oftmals zuverlässige Modellierungen der Abflussrate.

Da lange Transportwege der thermalen Energie hohe Erstellungskosten und eine verringerte thermale Effizienz mit sich bringen, ist ein Endnutzer in der Nähe des Tunneleingangs bzw. -ausgangs essentiell.

Geschlossene Absorbersysteme

Bis anhin werden geschlossen Absorbersysteme hauptsächlich in städtischen Tunnelkonstruktionen genutzt. Mit Wärmeaustauschern wird thermale Energie aus dem angrenzenden Untergrund sowie vom Inneren des warmen Tunnels gewonnen. Das Prinzip ist dasselbe wie bei allen geschlossenen Systemen der untiefen Geothermie; ein Wärmeträgerfluid zirkuliert durch geschlossene Rohre, nimmt Wärme auf, gibt sie an eine Wärmepumpe weiter und gelangt in abgekühltem Zustand zurück in das System.

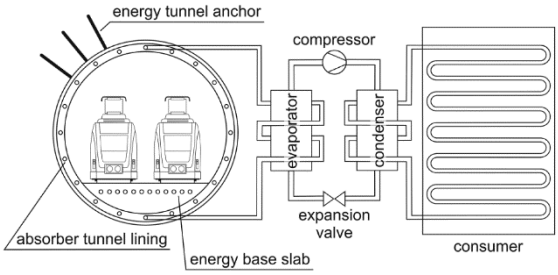

Abbildung 10: Funktionsprinzip eines geschlossenen Absorbersystems, illustriert mit verschiedenen Absorbertypen.

Eine wichtige Voraussetzung ist ein relativ stabiler Jahresverlauf der Temperatur im Untergrund, wie dies in Tiefen ab ca. 10 m in grossen Teilen Europas der Fall ist. In Abhängigkeit der Erstellungsform des Tunnels sind verschiedene Varianten zur thermischen Aktivierung möglich bzw. ideal. Diese beinhalten beispielsweise die thermische Aktivierung der Anker, welche für den Bauprozess erforderlich sind, oder die Integration von Absorberrohren in die Tunnelwand.

2.3 Tunnelgeothermische Anlagen weltweit

In der vorliegenden Studie wurden 24 tunnelgeothermische Anlagen untersucht. Hiervon befinden sich alle offenen hydrothermalen Systeme in Zentraleuropa und hauptsächlich in den Schweizer Alpen. Mit insgesamt 9 tunnelgeothermischen Anlagen ist die Schweiz weltweit führend in diesem Bereich. Davon zählen 7 Anlagen zu den offenen geothermalen Systemen. In Deutschland und Österreich, den beiden Ländern mit den zweitmeisten Anlagen – jeweils 5 Stück – sind vor allem geschlossene Absorbersysteme vorhanden.

2.4 Beispiele von tunnelgeothermischen Anlagen

Offene hydrothermale Systeme: Lötschberg-Basistunnel NEAT

Der 34.6 km lange Lötschberg-Basistunnel (Zugverkehr) befindet sich unter einer bis zu 2 km mächtigen Gesteinsüberdeckung und wird als offenes hydrothermales System genutzt. Das Tunneldrainagewasser hat eine Abflussrate von ca. 100 l/s, eine Temperatur von rund 20°C und wird kaskadenartig genutzt. Zuerst wird es zum Tropenhaus Frutigen geleitet, wo es die Zucht von wärmeliebenden Fischen und Pflanzen ermöglicht. Danach wird es einem Heiznetzwerk in Frutigen zugeführt, sodass ihm weitere Wärme entzogen wird und ein Abfluss mit der gesetzlich vorgeschriebenen Temperatur ins Gewässer möglich ist.

Geschlossene Absorbersysteme: Turin Metro, Linie 1, Italien

Die Metro-Linie 1 von Turin befährt eine rund 15 km lange Strecke und hat im Schnitt eine Überdeckung von ca. 21.5 m. Sie befindet sich unterhalb des Grundwasserspiegels in einem Aquifer. Die thermisch aktivierte Auskleidung des Tunnels beinhaltet einen Doppel-Absorber-Kreislauf, sodass neben dem Untergrund auch die Tunnelluft geothermisch genutzt werden kann. In Testdurchläufen von 2017 und 2018 wurden Wärmestromdichten von 49 W/m^2 bzw. 51 W/m^2 erreicht.

2.5 Geothermisches Potential von Tunnels

Bei bereits existierenden Tunnels kann das geothermische Potential für ein offenes hydrothermales System relativ einfach berechnet werden, da gewisse Kenngrössen bekannt oder relativ einfach herauszufinden sind. Zukünftige, noch nicht realisierte Projekte stellen hingegen eine gewisse Herausforderung dar, da Abschätzungen in die Rechnung mit einfliessen.

Bezüglich geschlossene Absorbersysteme werden zur Einschätzung des geothermischen Potentials in der Regel numerische Simulationen angewandt. Basierend auf den Temperaturfeldern im Untergrund, den Tunnelwänden und dem Inneren des Tunnels werden Prognosen zu der Wärmeentzugsrate gemacht. Bei Bauwerken innerhalb des Grundwasserstroms muss zusätzlich der advektive Wärmetransport in Betracht gezogen werden.

2.6 Schlussfolgerung und Relevanz der Publikation

Die offenen hydrothermalen Systeme in der Schweiz zeigen, dass die Technologie funktioniert. Dennoch fehlt auf globaler Skala der Anstoss, weitere solcher Systeme zu realisieren. Ein grundlegender Vorteil dieser Systeme liegt darin, dass Tunnels relativ einfach damit nachgerüstet werden können – sie müssen nicht zwingend in der Planungsphase mitberücksichtigt werden.

Geschlossene Absorbersysteme sind weltweit (insbesondere in Zentraleuropa) stärker verbreitet, die Technologie ist allerdings noch nicht sehr ausgereift. Aufgrund derer klassischen Verbreitung im eher urbanen Bereich gibt es dafür theoretisch zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten. Die Nähe zu potentiellen Nutzern der gewonnen Energie sowie das Potential zum Heizen und Kühlen sprechen ebenfalls für die Realisierung solcher Systeme.

Obwohl bereits zahlreiche Publikationen in den Bereichen Machbarkeit und Potential der tunnelgeothermischen Nutzung durchgeführt wurden, fehlen Studien zu der Wirtschaftlichkeit und Umweltfreundlichkeit. Diese könnten die Attraktivität dieser Systeme potentiell deutlich erhöhen und zu einer grösseren Verbreitung führen.

<u>Kommentar Sibyl Rebmann:</u>

Diese Publikation habe ich gewählt, da sich die geothermische Energiegewinnung aktuell grosser Beliebtheit erfreut, die tunnelgeothermischen Systeme bzw. die geothermische Aktivierung von Bauelementen generell wenig verbreitet sind. Meiner Meinung nach stellen diese (bei gegebenen Voraussetzungen) eine hervorragende Methode zu der weiterführenden und CO_2-armen Nutzung bereits vorhandener oder geplanter Infrastrukturen dar (im Gegensatz zur Erstellung neuer Infrastrukturen eigens für die Wärmegewinnung). Das aus dieser Publikation gewonnene Wissen bzgl. Möglichkeiten der thermischen Aktivierung von Bauelementen kann ich zukünftig in meiner oft beratenden Funktion bei Neubauprojekten anwenden und hoffentlich zu der Verbreitung solcher Systeme beitragen.