Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 114 (1996)

Heft: 14

Artikel: Wärme aus dem Berg: Projekt Tunnel-Geothermie des Bundesamtes für Energiewirtschaft

Autor: Keller, Max / Mender, Rudolf / Schudel, Nikolaus

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-78943

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.08.2025

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

2000 *Das Aktionsprogramm Energie 2000: Energie-Partnerschaft, die nachhaltig wirkt. Wir machen mehr – mit aller Energie*

Max Keller und Rudolf Minder, Zürich, und Nikolaus Schudel, Dietlikon

Wärme aus dem Berg

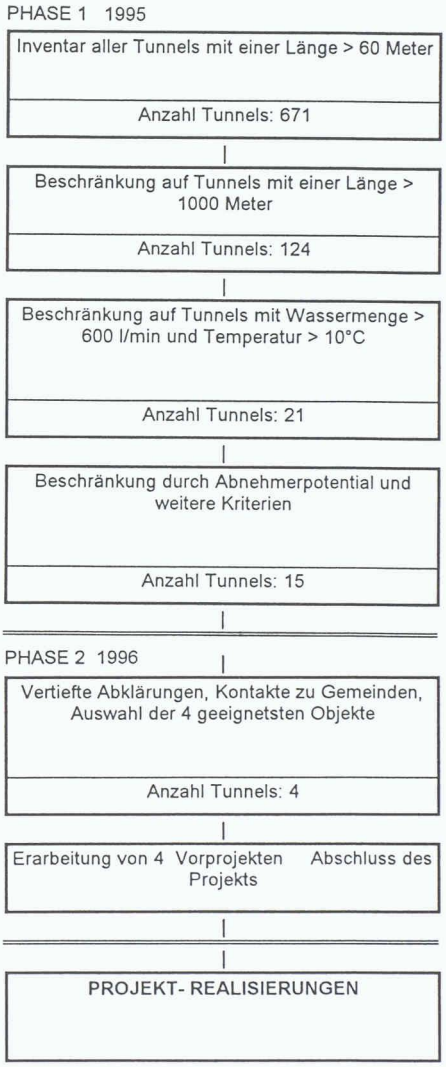
Projekt Tunnel-Geothermie des Bundesamtes für Energiewirtschaft

Die Nutzung von geothermischem Warmwasser in der Schweiz konzentrierte sich bisher auf Erdwärmesonden, saisonale Wärme- und Kältespeicherungsanlagen sowie warme Tiefenwässer. Da beim Erstellen von Bohrungen zur Gewinnung von warmen Tiefenwässern ein gewisses Risiko vorhanden ist, dass das Bohrloch trocken bleibt, besteht ein Interesse, andere Möglichkeiten der Gewinnung von warmem Wasser aus dem Erdinnern zu untersuchen. Eine naheliegende Möglichkeit ist dabei die Nutzung von Wasser, das aus bestehenden Tunneln und Stollen austritt.

Die Idee der Nutzung von warmen Tunnelwässern ist nicht neu. Einerseits bestehen bereits Anlagen in Oberwald und Airolo, wo Gebirgswasser aus dem Furka-Bahn-Tunnel bzw. Gotthard-Autobahntunnel für Heizzwecke genutzt wird. In Oberwald beispielsweise fliessen am Westportal des Furkatunnels konstant 90 lit/s mit einer Temperatur von 16 °C aus. Dieses Bergwasser wird über eine 1,6 km lange isolierte Leitung zu den Verbrauchern geführt und durch dezentrale Wärmepumpen zur Raumheizung genutzt. Andrerseits wurden im Zusammenhang mit neuen Tunneln wie Alp Transit oder Vereina verschiedene Untersuchungen über die zu erwartenden Wassermengen und -temperaturen durchgeführt, welche ebenfalls ein beachtenswertes geothermisches Potential aufweisen.

Aufgrund dieser ermutigenden Perspektiven hat das Bundesamt für Energiewirtschaft im Juni 1995 ein landesweites Projekt gestartet, in welchem das Potential und die Nutzungsmöglichkeiten warmer Gebirgswässer aus Tunneln systematisch und vertieft untersucht werden sollen. Mit der Förderung einer weiteren umweltfreundlichen, einheimischen und erneuerbaren Energiequelle ist zu hoffen, dass bis zum Jahr 2000 an erfolgsversprechenden Standorten zwei bis drei Nahwärmeversorgungssysteme mit geothermischer Tunnel-Wärmenutzung realisiert werden können.

Der vorliegende Beitrag beschreibt die erste Phase des Projekts. Diese umfasst das Inventar der schweizerischen Eisenbahn- und Strassentunnel sowie eine erste Beurteilung ihres Potentials bezüglich Wärmenutzung. Sie schliesst ab mit einer Liste ausgewählter Objekte, welche in einem nächsten Schritt vertieft untersucht werden. Mit der Durchführung der Arbeiten wurde eine Gruppe von Inge-

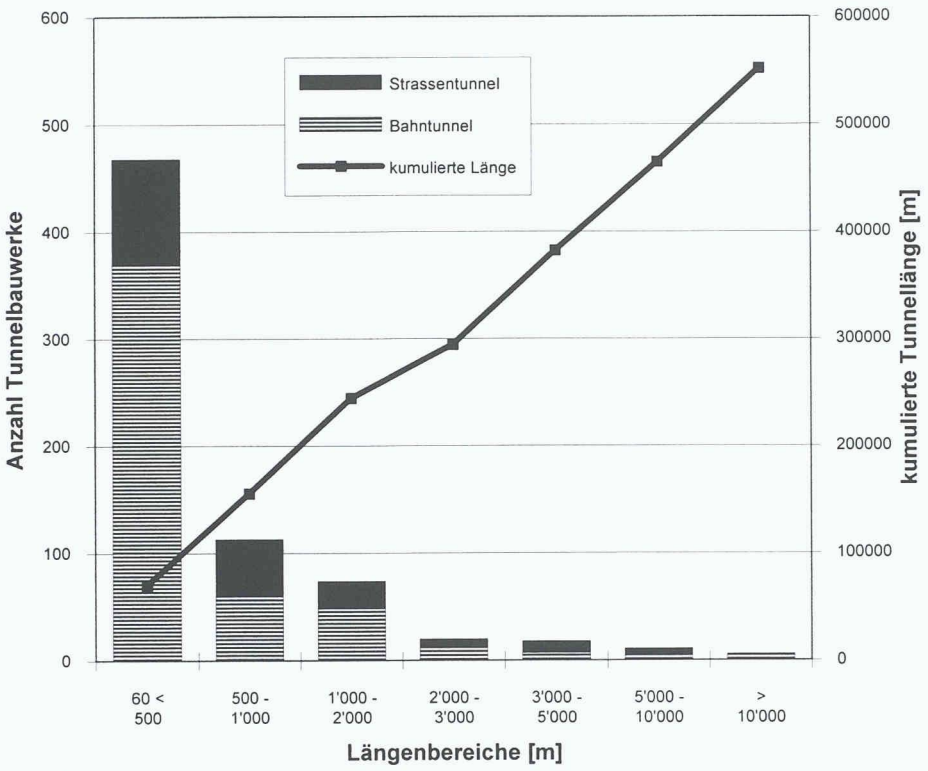


2

1

1
Projektorganisation und Arbeitsaufteilung

2
Vorgehensplan für das Projekt Tunnel-Geothermie



3

3
Anzahl und kumulierte Tunnellänge

4
Geographische Lage der 15 ausgewählten Sondierstollen, Bahn- und Strassentunnel

5
Wichtigste Daten der 15 ausgewählten Sondierstollen, Bahn- und Strassentunnel (teilweise geschätzte Werte)

nieurbüros sowie das Institut für Geophysik der ETH Zürich beauftragt (1).

Vorgehen

Das für die Untersuchung gewählte Vorgehen ist in (2) dargestellt. In einem ersten Arbeitsschritt wurde aufgrund umfangreicher Akten- und Literaturstudien ein Inventar der wichtigsten Tunnel in der Schweiz erstellt. Dabei wurden alle Tunnelbauwerke mit einer Länge > 60 m erfasst. Das Resultat dieser Abklärungen war eine Liste mit 671 Objekten. Pro Tunnel wurden dabei folgende Grössen erfasst:

- Tunnelname
- Ort (Kanton, Kreis)
- Länge
- Portalhöhe (soweit bekannt)
- Eröffnungsjahr
- Geologie (soweit bekannt)
- Anzahl Röhren
- Betreiber (z.B. SBB, RhB)

Da es im Rahmen dieser Studie nicht möglich war, das Wärmepotential aller 671 Tunnel zu ermitteln, wurde ein Kriterium gesucht, das es erlaubte, die Anzahl der zu untersuchenden Tunnel auf ein handhabbares Mass zu reduzieren. Nach Untersuchung verschiedener Parameter wurde die Tunnellänge als Auswahlkriterium herangezogen. Die Festlegung einer Minimallänge von 1000 m durch die Projektleitung führte zu einer Reduktion der Anzahl Tunnel auf 124. Die Erfahrung zeigt, dass die Wahrscheinlichkeit gering ist, bei einem Tunnel unter 1000 m Länge ein nutzbares Wärmepotential zu finden.

Die 124 Tunnel wurden nun den verschiedenen am Projekt mitwirkenden Ingenieurbüros zugeteilt. Da vom lokalen Wissen der beteiligten Firmen profitiert werden sollte, erfolgte die Zuteilung vorwiegend nach geographischen Gesichtspunkten. Um ein einheitliches Inventar erstellen zu können, musste festgelegt werden, welche Tunneldaten erhoben werden sollen. Dazu wurde eine standardisierte Datenbank-Maske entworfen, in welche Grundangaben, verfügbares Wärmepotential, Nutzungspotential sowie eine Beurteilung zum Tunnel einzutragen waren.

Um die Datenerhebung zu erleichtern, informierte das Bundesamt für Energiewirtschaft zu Beginn der Arbeiten alle betroffenen Ämter und Verwaltungen über das Tunnelprojekt und ersuchte sie, die beauftragten Ingenieure bei der Beschaffung der Daten über das Wärme- bzw. das Verbraucherpotential zu unterstützen.

Insgesamt kann gesagt werden, dass die angefragten Stellen (z.B. Strassenbauämter, Geologen, Gemeindeverwaltungen) bei der Beschaffung der Daten meist sehr hilfsbereit waren. Einzelne waren sogar bereit, selber Messungen über Bergwassermengen und Temperaturen vorzunehmen. Damit konnte, eine gute, wenn auch nicht ganz vollständige Basis für die Abschätzung des Wärmepotentials der Tunnel in der Schweiz geschaffen werden.

In einem nächsten Schritt wurden aus den 124 Tunneln diejenigen ausgewählt, welche über ein nutzbares Wärmepotential verfügen. Als Kriterien wurde dabei folgendes festgelegt:

- Minimale Wassermenge: 600 lit/min
- Minimale Wassertemperatur: 10 °C

Diese Anforderungen werden noch von 21 Tunneln bzw. 23 Portalen erfüllt.

Die gewählten Grenzwerte für Wassermenge und -temperatur stellen natürlich keine physikalische Grenzen dar. Sie basieren auf der Überlegung, dass bei tieferen Werten die Tunnelwärmenutzung gegenüber einer Nutzung von Grund- und Oberflächenwasser kaum mehr Vorteile bringt.

Das nächste Auswahlkriterium betraf das Abnehmerpotential zusammen mit einigen weiteren praktischen Kriterien wie die Distanz vom Portal, welche eine Nutzung des anfallenden Bergwassers als kaum realisierbar erscheinen lassen. Damit mussten einige weitere Objekte ausgeschieden werden, womit sich die Zahl der Tunnel mit realistischem Nutzungspotential auf 15 reduzierte.

Parallel zu den beschriebenen Hauptarbeiten der Phase 1 wurden auch für im Bau befindliche Tunnel begleitende geothermische Abklärungen vorgenommen. Im Vordergrund stehen hier die Nutzungsmöglichkeiten von bereits im Bau befindlichen Tunneln und längeren Sondierstollen (z.B. St. Gotthard- und Lötschberg-Basistunnel, Vereina-Tunnel usw.),

4

wobei deren Wärmepotential erst nach dem Jahre 2000 genutzt werden könnte.

Die Arbeiten der zweiten Phase beginnen mit einer vertieften Untersuchung der 15 ausgewählten Tunnel. Dabei wird mit den Standortgemeinden Kontakt aufgenommen, und es werden die Nutzungsmöglichkeiten vor Ort abgeklärt. Auf Grund erster Kostenschätzungen werden auch die wirtschaftlichen Aspekte einbezogen. Für jedes Objekt wird schliesslich eine Gesamtbeurteilung durchgeführt.

Nach Vorliegen sämtlicher Beurteilungen werden die vier geeignetsten Objekte ausgewählt. Für diese werden anschliessend Vorprojekte ausgearbeitet, welche die Grundlage für die Realisierung bilden. Die Vorprojekte umfassen die Überprüfung und Bereinigung der Daten, sowohl in bezug auf Verfügbarkeit als auch Nutzungsmöglichkeiten des Tunnelwassers. Im weitern beinhaltet dieses Arbeitspaket auch eine Kostenermittlung und Wirtschaftlichkeitsrechnung als Grundlage für die Finanzierung. Für das gesamte Projekt ist eine Zeitdauer von rund 2 Jahren vorgesehen. Die Detailplanung und Realisierung der Anlagen sind nicht mehr Gegenstand des Projekts Tunnel-Geothermie, sondern sollen von den beteiligten Gemeinden und/oder andern Wärmeabnehmern getragen werden.

Tunnelname	Länge	Wassermenge lit/min.	Wassertemperatur °C	Wärmeleistungspotential *) kW
Anschluss Vispertal (Zubringer)	3'250.00	1'200.00	16.00	501
Frutigen - Sondierstollen	3'200.00	800.00	20.00	557
Furka-Basis	15'407.00	5'400.00	16.00	2'255
Gotthard (inkl. Vortunnel)	16'918.00	7'200.00	15.00	2'506
Grenchenberg	8'578.00	24'000.00	13.00	5'011
Hauenstein-Basis	8'134.00	2'500.00	19.00	1'566
Isla Bella	2'449.00	800.00	14.70	262
Lötschberg	14'612.00	731.00	12.00	102
Mappo-Morettina	5'536.00	2'412.00	16.00	1'007
Mauvoisin (Galerie-pilote de Riddes)	790.00	600.00	20.00	418
Polmengo - Sondierstollen	4'950.00	600.00	20.00	418
Rawyl - Sondierstollen	3'200.00	1'200.00	24.30	1'194
Ricken	8'603.00	1'200.00	11.90	159
Simplon	19'803.00	1'200.00	12.00	167
Vereina	19'050.00	1'500.00	20.00	1'044
Vereina Nord	19'050.00	600.00	17.00	292
				17'459

*) bei Abkühlung auf 10°C

5

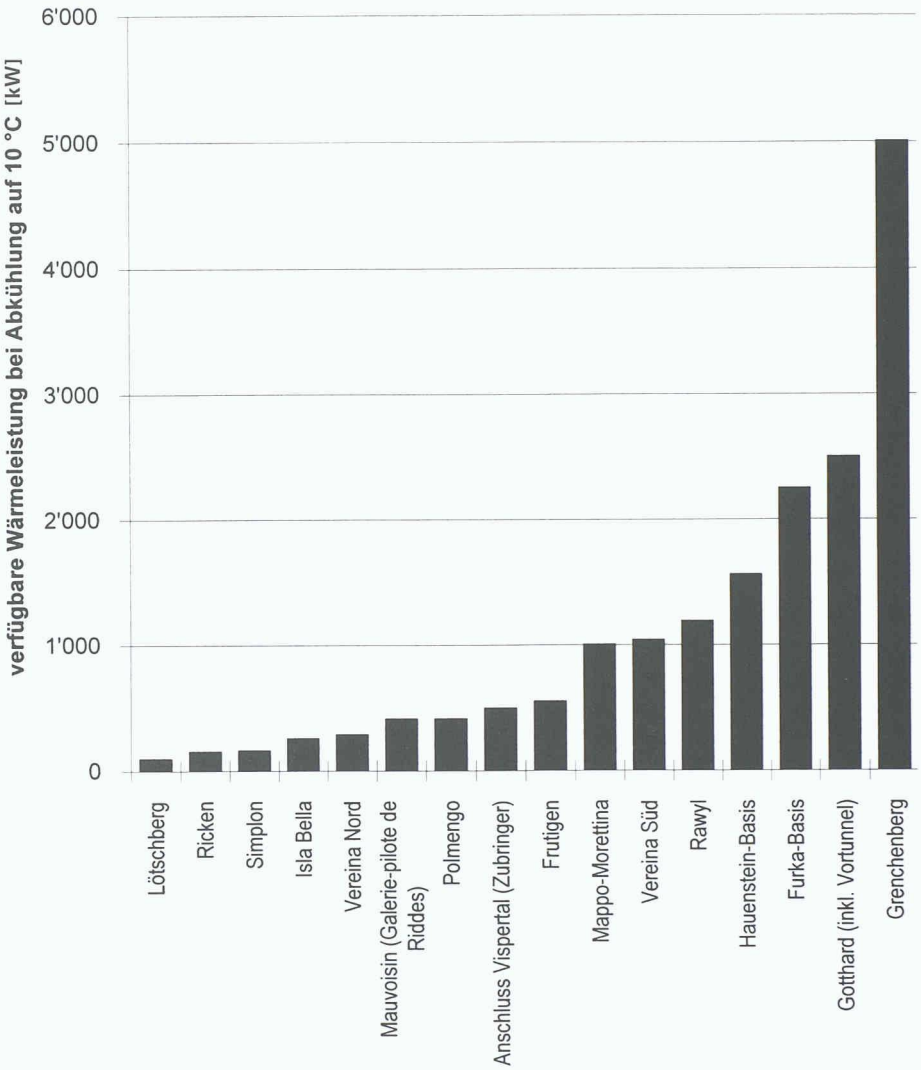
Resultate

Wie bereits dargestellt, wurden die Tunnel zunächst nach der Länge selektioniert. Obwohl sich mit dem gewählten Minimalwert von 1000 Metern eine Reduktion der Zahl von 671 auf 124 ergab, umfassen die verbliebenen 124 Tunnel, bei denen das Wärmepotential erfasst wurde, mit 71 % noch immer den Grossteil der kumulierten Länge. Dieser Sachverhalt ist graphisch in (3) dargestellt.

Von besonderem Interesse sind die Ergebnisse in Zusammenhang mit den aufgrund des Angebots- und Nutzungspotentials selektionierten 15 Tunneln. Die geographische Lage sowie die wichtigsten geothermischen Daten sind aus Bild (4) respektive der Tabelle (5) ersichtlich.

Zur Kolonne «Wärmeleistungspotential» der Tabelle (5) ist zu bemerken, dass diese Werte auf der Annahme basieren, dass die verfügbare Wassermenge auf eine Temperatur von 10 °C abgekühlt wird. Dieser Wert ist wie bereits erwähnt kein absoluter Grenzwert; mit gewissen Einbussen bei der Leistungsziffer der Wärmepumpe ist auch eine Abkühlung auf tiefere Temperaturen möglich, wodurch sich das Wärmepotential bedeutend vergrössern würde. Ein optimaler Wert für die Grenztemperatur muss in jedem Fall individuell ermittelt werden. Bei der bereits

6
Verfügbare Wärmeleistung der 15 ausgewählten Tunnel bei Annahme einer Abkühlung des Bergwassers auf 10 °C



6

realisierten Tunnelwärmenutzung in Oberwald (Furka-Bahntunnel) wird das Bergwasser beispielsweise bis auf 4 °C abgekühlt. - Die bei den 15 ausgewählten Tunneln anfallende Wärmeleistung ist graphisch in (6) dargestellt.

Das gesamte Wärmepotential der 15 ausgewählten Tunnel liegt gemäss Tabelle (5) bei rund 18 MW^{TH}. Nimmt man an, dass pro Person ein Wärmeleistungsbedarf von etwa 3 kW besteht und dass die Wärmepumpe bei einer Nutzung von Tunnelwasser eine Arbeitszahl von etwa 3.5 aufweisen würde, so liessen sich bei voller Ausschöpfung des verfügbaren Wärmepotentials, bei einer Abkühlung auf 10 °C, etwa 8500 Personen mit Heizwärme versorgen.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Resultate der ersten Phase des Projekts Tunnel-Geothermie zeigen, dass das aus den bestehenden Tunneln fliessende Bergwasser eine zwar nicht unbegrenzte, aber doch mindestens lokal bedeutsame Energieressource darstellt. Die Nutzung dieser Art geothermischer Energie könnte einen willkommenen Beitrag zum Erreichen der im Aktionsprogramm Energie 2000 des Bundes formulierten Ziele bezüglich der erneuerbaren Energien leisten.

Welcher Anteil des hier ermittelten Potentials sich durch die Realisierung von Anlagen in den nächsten Jahren praktisch nutzen lassen wird, ist heute noch nicht voraussehbar. Erste Kontakte haben gezeigt, dass seitens der Gemeinden zwar ein grosses Interesse an umweltfreundlicher Energiegewinnung besteht. Die wirtschaftlichen Randbedingungen sind allerdings zurzeit nicht gerade optimal für solche Vorhaben. Die Finanzknappheit der öffentlichen Hand, kombiniert mit dem tiefen Preis konventioneller Energieträger, führt dazu, dass wohl nur Projekte Realisierungschancen haben, bei welchen die Gestehungskosten der Wärme nahezu konkurrenzfähig zu Öl oder Gas sind. Dies bedeutet in der Praxis, dass eine geringe Distanz zwischen Verbraucher und Tunnelportal sowie ein genügendes Abnehmerpotential gefordert sind.

Neben den hier diskutierten Möglichkeiten der Wärmegewinnung aus bestehenden Tunneln sind längerfristig die im Bau befindlichen bzw. geplanten Tunnel von grossem Interesse. Insbesondere betrifft dies die AlpTransit-Tunnel, bei denen die grosse Überdeckung hohe Bergwasser-Temperaturen erwarten lässt. Allein aus den beiden AlpTransit-Tunneln könnte eine thermische Leistung von 40 bis 80 MW gewonnen und damit mehrere tausend Wohnungen umweltfreundlich geheizt werden.

Bisherige Untersuchungen haben gezeigt, dass das austretende Wasser unter Umständen sogar ein Entsorgungsproblem darstellt, was eine energetische Nutzung auch wirtschaftlich interessant erscheinen lässt. Aus diesem Grund wurde dem Projekt Tunnel-Geothermie auch ein Arbeitspaket «Geothermisches Begleitprogramm» angegliedert. Im Rahmen dieser Tätigkeit werden weitere Abklärungen im Hinblick auf die Nutzung der Wärme aus den zukünftigen grossen Tunneln durchgeführt.

Adresse der Autoren:
M. Keller, dipl. Bauing. ETH, M.Sc. Mech. Eng. CSU, und *R. Minder*, Dr. phil., dipl. Physiker, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Zürich; *N. Schudel*, dipl. Bauing. ETH, S.A. Conrad Zschokke Ingenieurbüro, 8305 Dietlikon.