HeatTunnelPower

Heat Tunnel Power -Nachhaltige Energiegewinnung in der Tunnelinfrastruktur

Programm / Ausschreibung	Mobilitätssystem, Mobilitätssystem, Mobilität 2023: Verkehrsinfrastrukturforschung (VIF)	**Status**	abgeschlossen
Projektstart	01.06.2024	**Projektende**	30.06.2025
Zeitraum	2024 - 2025	**Projektlaufzeit**	13 Monate
Keywords	Energieversorgungssysteme; Tunnelinfrastruktur; Wärmenetze, Geothermische Gewinnung; thermische Bauteilaktivierung; Elektrische Flexibilisierung, Zuverlässigkeit und Effizienz, Energietunnel; erneuerbare Energieträger		

Projektbeschreibung

Die Energiebranche durchläuft einen tiefgreifenden Wandel, der einen neuen, sektorübergreifenden Ansatz erfordert. Auf dem Weg zur Klimaneutralität sind innovative, nachhaltige Energieversorgungskonzepte in den Bereichen Industrie, Gewerbe, Gebäude und Mobilität unerlässlich. Tunnel waren bisher auf Ihre Funktion als Infrastrukturbauten für Straßen- und Bahnverkehr beschränkt.

Die Geothermie ist einer der Säulen der Wärmewende und hier im Speziellen für die Raumwärme. Neben „üblichen“ Geothermiesystemen wie Erdwärmesonden, rückt zunehmend das Potenzial der Wärmegewinnung aus Infrastrukturbauwerken wie Straßen und Tunnel in den Fokus. Tunnel haben den besonderen Vorteil, dass sie bereits in geringer Tiefe jahreszeitlich nur geringen Temperaturschwankungen ausgesetzt sind. Für die aus dem Tunnel gewonnene Niedertemperaturwärme und -kälte gibt es verschiedene Nutzungsmöglichkeiten, wobei eine direkte Nutzung der Wärme vor Ort oder die Integration in ein Wärmenetz als effizienteste Lösungen zu nennen sind.

Die Erhaltung und Nutzung vorhandener Ressourcen bzw. des Bestandes ist ein wesentlicher Aspekt nachhaltigen Wirtschaftens, daher sollen sich die Untersuchungen in diesem Projekt vor allem auf die Integration von zum Teil bereits erprobten geothermischen Gewinnungsmethoden in Bestandstunnel sowie sanierungsbedürftigen Bestandstunnel und in weiterer Folge auf die Nutzungsmöglichkeiten der dabei gewonnenen Wärme konzentrieren. Der erarbeitete technische Leitfaden soll als Grundlage für künftige Sanierungsmaßnahmen dienen und dazu beitragen, das geothermische Potenzial bestehender Tunnel bestmöglich auszuschöpfen.

Unser Projekt zielt darauf ab, die Potenziale vorhandener Tunnelinfrastruktur für neue geothermische und elektrische Anwendungen zu erschließen. Die Untersuchungen in diesem Projekt fokussieren auf die Integration von zum Teil bereits erprobten, aber auch neuen geothermischen Gewinnungsmethoden bei der Sanierung bestehender Tunnel und in weiterer Folge auf die Nutzungsmöglichkeiten der dabei gewonnenen Wärme. Hierbei wird ein besonderes Augenmerk auf unterschiedliche Bau- und Infrastruktur-Varianten und deren spezifische Randbedingungen gelegt, um maßgeschneiderte Technologien zur Wärme- und Stromgewinnung aus Tunnelbauwerken aufzuzeigen.

Basierend auf einer Bestandserfassung, Datenanalyse und Wärmeabnehmeranalyse werden im Projekt HeatTunnelPower

konkrete Maßnahmen und deren Potenziale mit Hilfe einer Bewertungsmatrix techno-ökonomisch-ökologisch bewertet und die Erkenntnisse als Endergebnis in einem Leitfaden zusammengefasst. Unter Abstimmung mit den Auftraggebern wird auch eine Umsetzungsroadmap erstellt. Damit wird das Ziel, nationale Innovationsprozesse zu fördern, um mit F&E einen Beitrag zum klimaverträglichen, effizienten und nachhaltigen Betrieb von Verkehrsinfrastrukturen beizutragen, umgesetzt.

Abstract

The energy sector is undergoing a profound transformation that requires a new, cross-sectoral approach. Innovative, sustainable energy supply concepts in the industrial, commercial, building and mobility sectors are essential on the road to climate neutrality. Until now, tunnels have been limited to their function as infrastructure structures for road and rail transport.
Geothermal energy is one of the pillars of the heating transition, especially for space heating. In addition to "conventional" geothermal systems such as geothermal boreholes, the potential of heat recovery from infrastructure such as roads and tunnels is increasingly coming into focus. Tunnels have the particular advantage that they are exposed to only minor seasonal temperature fluctuations, even at shallow depths. There are various ways of utilising the low-temperature heat and cold obtained from tunnels, with the most efficient solutions being direct use of the heat on site or integration into a heating network.
The preservation and utilisation of existing resources and existing tunnels is an essential aspect of sustainable management, which is why the investigations in this project will focus primarily on the integration of geothermal extraction methods, some of which have already been tested, in existing tunnels and existing tunnels in need of renovation, and subsequently on the possible uses of the heat generated. The technical guidelines developed should serve as a basis for future refurbishment measures and help to maximise the geothermal potential of existing tunnels.
Our project aims to utilise the potential of existing tunnel infrastructure for new geothermal and electrical applications. The investigations in this project focus on the integration of geothermal extraction methods, some of which have already been tested, but also new ones, in the renovation of existing tunnels and subsequently on the potential utilisation of the heat generated. Special attention will be paid to different construction and infrastructure variants and their specific boundary conditions in order to identify customised technologies for heat and power generation from tunnels.
Based on a data analysis and heat consumer analysis, the HeatTunnelPower project will evaluate specific measures and their potential using a techno-economic-ecological evaluation matrix and summarise the findings in a guideline as the final result. An implementation roadmap will also be drawn up in consultation with the clients. This will realise the goal of promoting national innovation processes in order to contribute to the climate-friendly, efficient and sustainable operation of transport infrastructure through R&D.

Endberichtkurzfassung

Im Projekt Heat Tunnel Power wurde untersucht, inwiefern Tunnelbauwerke der ASFINAG im österreichischen Straßennetz geothermisch genutzt werden können, um einen Beitrag zur nachhaltigen Wärmeversorgung zu leisten. Ziel war die Entwicklung eines ganzheitlichen Bewertungsansatzes zur thermischen Nutzung von Tunneln in Kombination mit der Analyse des lokalen Wärmebedarfs sowie der elektrischen Infrastruktur und deren Flexibilisierungspotenzialen.

Die Wärmegewinnung aus Bestands-Straßentunneln stellt weltweit ein Novum dar. Trotz der technischen Herausforderungen, die die Umrüstung von Bestandstunneln für die geothermische Energiegewinnung darstellt, gibt es für jede Tunnelbauweise die richtigen Technologien bzw. die richtige Kombination an Technologien für die Wärmegewinnung.

Auch wenn derzeit nur wenige Tunnelneubauten geplant sind und umfassende Sanierungen bestehender Tunnel eher selten anstehen, gibt es in Österreich dennoch einige Projekte, bei denen entweder ein Neubau oder eine Sanierung bereits vorgesehen oder bereits in Umsetzung ist. Gerade solche Tunnel – ebenso wie künftige Neubau- oder Sanierungsvorhaben – eignen sich in besonderer Weise für die Integration einer Tunnelthermie-Anlage. Bei allen Technologien ist auf die einzuhaltenden lichten Mindest-Tunnelquerschnitte zu achten und die jeweils passende geothermische Gewinnungstechnologie zu wählen. Am vielversprechendsten für die Wärmegewinnung sind in jedem Fall die Nutzung von Infrastruktur abseits der Haupttunnelröhren wie Querschläge, Fluchttunnel oder Ähnliches sowie bestehenden wasserführenden Leitungen wie Drainage- und Löschwasserleitungen. Wenn neue Querschläge oder Fluchttunnel bei bestehenden Tunneln errichtet werden, sollte jedenfalls gleich eine geothermische Wärmegewinnungsmethode oder eine Kombination aus mehreren Technologien mitgeplant werden.

Das Projekt HeatTunnelPower hat gezeigt, dass Tunnelthermie ein realistischer, nachhaltiger und skalierbarer Ansatz zur Nutzung bestehender Infrastrukturen für die Energiewende ist. Die entwickelten Bewertungswerkzeuge und Methodiken bieten eine fundierte Grundlage für die Integration in zukünftige Infrastrukturprojekte.

Im Folgenden sind die methodischen Ansätze und zentralen Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete zusammengefasst:

1. Inventur und Tunnelkategorisierung

Methodik:
Systematische Inventur von 178 ASFINAG-Tunneln. Auswahl geeigneter Tunnel anhand folgender Kriterien:

Nähe zu Wärmeabnehmern
Tunnelbauweise (offen/geschlossen)
Neubauten oder anstehende Sanierungen

Ergebnisse:
15 Tunnel wurden für vertiefte Analysen identifiziert. Besonders relevant sind Standorte, bei denen eine thermische Nutzung bereits in der Planungs- oder Sanierungsphase mitgedacht werden kann, um eine effiziente und kostengünstige Umsetzung zu ermöglichen.

2. Geothermische Technologien

Methodik:
Entwicklung einer vereinfachten Berechnungsmethodik zur Abschätzung der entziehbaren Wärmeleistung auf Basis von:

Tunnelgeometrie und -bauweise
Geologischen und hydrogeologischen Parametern (Wärmeleitfähigkeit, Bodentemperatur, Grundwasserverhältnisse)

Auswahl geeigneter Energie-Geostrukturen (z.?B. Energiepfähle, Geotextilien, Energiesohlen)

Ergebnisse:
Ein übertragbares und anwenderfreundliches Abschätzungsmodell wurde erstellt. Es ermöglicht eine grobe Bewertung des thermischen Potenzials einzelner Tunnel und dient als technische Entscheidungsgrundlage für weiterführende Planungen.

3. Wärmebedarfsanalyse

Methodik:
Analyse des Wärmebedarfs im Umfeld von 17 ausgewählten Tunnelstandorten mittels City Energy Analyst (CEA). Bewertung von:

Raumwärme- und Strombedarf
Anzahl und Typologie der Gebäude im Umkreis von ca. 1 km

Ergebnisse:
Die Analyse zeigt ein hohes Potenzial zur Wärmenutzung in vielen Tunnelnähen. Der Plabutschtunnel etwa könnte rechnerisch über 5.000 Haushalte mit Raumwärme versorgen. Die Daten bestätigen, dass Tunnelthermie in mehreren Fällen einen substanziellen Beitrag zur dezentralen Wärmeversorgung leisten kann.

4. Elektrizitäts- und Flexibilitätspotential

Methodik:
Simulation mit dem TESCA-Framework zur Bestimmung:

des Strombedarfs für Wärmepumpen
der Anschlussmöglichkeiten an Mittelspannungsnetze
des Potenzials für Photovoltaik (PV) an Tunnelportalen
von Batteriespeichern (BESS) zur Lastverschiebung
der Flexibilitätspotenziale für die Teilnahme am Strommarkt

Ergebnisse:
Der Strombedarf der Wärmepumpen übersteigt in allen Fällen deutlich den typischen Tunnel-Stromverbrauch. PV-Anlagen können zur Eigenbedarfsdeckung beitragen, sind jedoch flächenlimitiert. Batterien sind in ausgewählten Fällen technisch sinnvoll. Die Wärmepumpen bieten signifikantes Flexibilisierungspotenzial, sofern ein Nahwärmenetz Lastschwankungen puffern kann.

Projektkoordinator

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Projektpartner

- Technische Universität Wien