Tunnelkraftwerk

Erzeugung von elektrischer Energie aus natürlich gene-rierten Luftströmungen in Tunnelbauwerken

Programm / Ausschreibung	Mobilität der Zukunft, MdZ - 2021 Verkehrsinfrastruktur	**Status**	abgeschlossen
Projektstart	01.06.2022	**Projektende**	30.06.2023
Zeitraum	2022 - 2023	**Projektlaufzeit**	13 Monate
Keywords	Tunnellüftung, Energieerzeugung, Luftströmungen		

Projektbeschreibung

Die Erzeugung von elektrischer Energie im eigenen Wirkungsbereich ist Wunsch und Notwendigkeit eines jeden großen Stromverbrauchers, wie dies z. b. Betreiber von Tunnelanlagen sind. Neben dem weit verbreiteten Einsatz von Photovoltaik ist auch die Nutzung von Geothermie (meist für Raumwärme) von Interesse. In den Fokus rückte bereits vor einiger Zeit aber auch die Möglichkeit in Straßentunneln vorherrschende, natürlich generierte Luftströmungen zur Erzeugung von Strom zu nutzen. Die Idee begründet sich darin, dass vorhandene mechanische Lüftungssysteme eigentlich den Großteil der Zeit im Standby Betrieb laufen, da vor allem in Tunnels mit Richtungs-verkehr der Betrieb einer mechanische Lüftung zur Erzielung des notwendigen Luftwechsels im Tunnel nicht mehr erforderlich ist. Andererseits erfordert die Nutzungssicherheit für Sonderfälle wie Stau oder sogar ein Brandereignis im Tunnel eine Lüftungsanlage.
Oft kommt es jedoch durch unterschiedliche meteorologische Bedingungen an den Portalen, oder thermisch getriebener Auftriebsströmungen zu Luftbewegungen im Tunnel. Die so generierte kinetische Energie könnte mittels geeigneter Maschinen in elektrische Energie umgewandelt werden. Eine vorhandene mechanische Lüftungsanlage ist prinzipiell in der Lage nicht nur eine Luftströmung zu erzeugen, sondern (bei entsprechender elektrischer Ausstattung) auch im Turbinen/Generator Betrieb aus einer Luftströmung wiederum elektrische Energie zu generieren (vgl. Windrad).
Grundsätzlich ist anzumerken, dass die Idee der Stromgewinnung aus Luftströmungen in Tunnelanlagen nicht neu ist. Überschlägige Abschätzungen haben erbracht, dass das Potenzial einer Umwandlung von kinetischer in elektrische Energie in geringen Größenordnungen liegt. Im Zuge der Notwendigkeit der Erzeugung von elektrischer Energie aus nachhaltigen Quellen sind aber derartige Konzepte einer detaillierten Überprüfung auf Machbarkeit zu unterziehen.
Das gegenständliche Forschungsvorhaben gliedert sich wie folgt:
• Theoretische Potenzialabschätzung der zur Verfügung stehenden Energie in Bezug auf die in der Ausschreibung genannten Rahmenbedingungen von bis zu 10 m/s Luftgeschwindigkeit im Tunnelfahrraum sowie bis zu 20 m/s in Abluftschächten.
• Definition der notwendigen elektrotechnischen und maschinenbaulichen Erfordernissen zum Betrieb der Lüftungsanlage sowohl im Ventilator- als auch im Turbinenmodus.
• Erhebung der natürlich auftretenden Strömungsgeschwindigkeiten im Fahr-raum und in Abluftschächten relevanter Tunnel im österreichischen Straßen-netz auf Basis bestehender Information.
• Beurteilung des real zu erwartenden Potenzials einer Nutzung der natürlich erzeugten Luftströmung zur Gewinnung

elektrischer Energie.

• Optimierungsvorschläge in Bezug auf Maschinentechnik (Elektrotechnik und Ventilator) und bauliche Ausgestaltung von Kanälen

Zur Klarstellung sei hier angeführt, dass eine Luftströmung im Tunnel, welche aus-schließlich durch den Fahrzeugschub generiert wird, energetisch nicht nachhaltig genutzt werden kann, da diese Luftströmung erst mittels Energieeinsatz durch die Fahr-zeuge (mit einem relativ schlechten Wirkungsgrad) erzeugt wird. Jeglicher Versuch der Nutzung dieser Energie würde fahrzeugseitig einen Mehrverbrauch von Energie hervorrufen und somit energetisch zu einem Nettoverlust führen.

Abstract

The generation of electrical energy in one's own sphere of activity is the desire and necessity of every big electricity consumer, such as operators of large transport infra-structures. In addition to the widespread use of photovoltaic, the use of geothermal energy (mostly for space heating) is of interest. For some time now, however, the focus has also been on the possibility of using naturally generated air flows in road tunnels to generate electricity. The idea is based on the fact that existing mechanical ventilation systems actually run most of the time in standby mode, since mechanical ventilation is no longer required to achieve the necessary air exchange in the tunnel, especially in tunnels with unidirectional traffic. On the other hand, safety considerations for special cases such as traffic jams or even a fire in the tunnel require a ventilation system.

However, different meteorological conditions at the portals or buoyancy forces often lead to air movements in the tunnel. The kinetic energy generated in this way could be converted into electrical energy by means of suitable turbines. The existing mechanical ventilation system is in principle not only able to generate an air flow, but also (with the appropriate electrical equipment) in turbine / generator operation to generate electrical energy from an air flow (e.g. like a wind turbine).

Basically, it should be noted that the idea of generating electricity from air flows in tunnels is nothing new. Rough estimates have shown that the potential for converting kinetic energy into electrical energy is only in a small order of magnitude. However, in the course of the necessity of generating electrical energy from sustainable sources, such concepts are worth to be subjected to a detailed check for feasibility.

The proposed research project is structured as follows:

• Assessment of the theoretical potential of the available energy based on the boundary conditions as given in the tender: of up to 10 m / s air speed in the traffic room and up to 20 m / s in exhaust air ducts.

• Definition of the necessary electrical and mechanical engineering requirements for the operation of the ventilation system, both in fan and turbine mode.

• Survey of the naturally occurring air flow velocities in the traffic room and in the exhaust air shafts of relevant tunnels in the Austrian road network on the basis of available information.

• Assessment of the expected potential of using the naturally generated air flow to generate electrical energy.

• Suggestions for optimization with regard to machine technology (electrical engineering and fan) and structural design of ducts

To clarify, it should be mentioned here that an air flow in the tunnel that is generated exclusively by vehicle thrust cannot be classified as sustainable for energy generation, since this air flow is generated by the energy consumed by the vehicles (with

relatively poor efficiency). Any attempt to use this energy would result in the vehicle consuming more energy and thus leading to a net energy loss.

Projektkoordinator

- Technische Universität Graz Institut für Thermodynamik und nachhaltige Antriebssysteme

Projektpartner

- Technische Universität Graz Institut für Elektrische Antriebe und Leistungselektronische Systeme