

EnhaVent

Enhanced Ventilation and Heat Transfer Simulation - Zukunftsfitte Lüftungsanlagen für Sicherheit und Energieeffizienz

Programm / Ausschreibung	Mobilität der Zukunft, Mobilität der Zukunft, MdZ - 2021 Verkehrsinfrastruktur	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.05.2022	Projektende	30.04.2023
Zeitraum	2022 - 2023	Projektlaufzeit	12 Monate
Keywords	Straßentunnel, Längslüftung, Wärmeübergangszahlen, CFD Simulation		

Projektbeschreibung

Tunnellüftungsanlagen nehmen eine herausragende Position in Bezug auf die Tunnelsicherheit ein. In Österreich erfolgt die Dimensionierung der mechanischen Lüftungsanlagen in Anlehnung an die RVS 09.02.31. Als besonders heikel ist die richtige Berechnung der Lufttemperatur entlang der Tunnelröhre bei einem Ereignisfall anzusehen. In der RVS 09.02.31 gibt es für die Berechnung der sogenannten Temperaturabklingkurve vordefinierte Wärmeübergangszahlen für einen Geschwindigkeitsbereich von 2-3m/s. Nun tritt das Problem auf, dass bestehenden Tunnelanlagen in regelmäßigen Abständen saniert oder instandgehalten werden müssen um entweder die betriebs- und Sicherheitstechnische Ausrüstung zu erneuern oder Betriebsfähigkeit zu halten. Während dieser Sanierungs- und Instandhaltungsphasen, die durchaus über längere Zeiträume andauern können, muss die betroffene Tunnelröhre für die Arbeiten gesperrt und die Parallelröhre im Gegenverkehr geführt werden. Um jedoch die Parallelröhre im Gegenverkehr führen zu können ist es erforderlich die Leistungsfähigkeit der bestehenden Lüftungsanlage für einen Geschwindigkeitsbereich von 1-2m/s zu untersuchen und darzustellen, da dieser Geschwindigkeitsbereich für die temporäre Gegenverkehrsführung relevant ist. Derzeit gibt es weder national noch international Wärmeübergangszahlen für diesen Geschwindigkeitsbereich. Eine Berechnung der Wärmeübergangszahlen nach Berechnungsformeln aus der Primärliteratur (z.B. VDI-Wärmeatlas) ist nicht zielführend, da diese Gleichungen für den Anlagenbau parametrisiert sind. Das gegenständliche Forschungsprojekt soll nun diese Lücke schließen. Mit Hilfe dreidimensionaler Strömungssimulationsprogramme können auf Basis von Messdaten aus einem Realbrandversuch Randbedingungen auf Tunnelbrände parametrisiert werden. Mit diesen parametrisierten Randbedingungen können in weiterer Folge Parameterstudien für den erforderlichen Geschwindigkeitsbereich durchgeführt und zugehörige mittlere Wärmeübergangszahlen ermittelt werden. Nach Abschluss dieses Forschungsprojektes liegen dem Arbeitsausschuss der RVS 09.02.31 entsprechende Grundlagen vor, die in die Überarbeitung der RVS einfließen können. Somit stehen erstmalig standardisierte Berechnungs- und Beurteilungsgrundlagen für Planer, Behörden und Gutachter vor.

Abstract

Tunnel ventilation systems play an extraordinary role in tunnel safety. In Austria, mechanical ventilation systems are designed in line with the Austrian guidelines RVS 09.02.31 [Guidelines for Planning, Construction and Maintenance of Roads]. Correctly calculating the air temperature within the tunnel tube in the event of an incident can be particularly difficult.

Predefined heat transfer coefficients for calculating the so-called temperature decay curve for a velocity range of 2-3m/s are given in the RVS 09.02.31. Yet a problem arises in the need to rehabilitate or service existing tunnels at regular intervals, in order to either renew the operational and safety equipment, or maintain the operability of the tunnel system. During these rehabilitation and maintenance phases, which can last for extended periods of time, the affected tunnel tube has to be closed for the works and the parallel tube has to be operated as a two-way traffic tunnel. In order to enable two-way traffic in the parallel tunnel tube, it is necessary to investigate whether the system can operate at a velocity of 1-2m/s, and to demonstrate this capacity, as the velocity range is relevant for temporarily operating the parallel tube as a two-way traffic tunnel. Currently, there are neither national nor international heat transfer coefficients for this velocity range. Calculating the heat transfer coefficients according to the calculation formulas from primary literature (e.g. VDI Heat Atlas) is not effective, as such equations have been parameterized for plant engineering and construction. This research project is intended to close this gap. Using three-dimensional flow simulation programs, boundary conditions for tunnel fires can be parameterized on the basis of measuring data from a full-scale live fire test. With these parameterized boundary conditions, parameter studies can subsequently be conducted for the required velocity range and the associated average heat transfer coefficients can be determined. After completion of this research project, the RVS 09.02.31 working committee will have the corresponding bases which can be incorporated into the RVS. Thus, for the first time, there will be standardised calculation and evaluation bases available for planners/designers, public authorities and experts.

Endberichtkurzfassung

Allgemeine, verständliche Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Bei der Dimensionierung von Tunnellüftungsanlagen spielt der Geschwindigkeitsbereich zwischen 1,0 und 1,5 m/s in vielen Bereichen (Berechnung minimaler Betriebsbedingungen, temporärer Gegenverkehr während einer Bauphase) eine wesentliche Rolle. Aktuell in den Richtlinien verfügbare, vereinfachte Berechnungsmethoden gelten jedoch nur für Bereiche zwischen 2,0 und 3,0 m/s. Für gängige Straßentunnelprofile (Hufeisen- und Rechteckprofil) wurden daher zahlreiche 3D-CFD Simulationen im Rahmen einer Parameterstudie durchgeführt, um den Einfluss der Rauchausbreitung entgegen der eigentlichen Strömungsrichtung („backlayering“) bei niedrigen Luftgeschwindigkeiten auf den Wärmeübergang und die bestehende Berechnungsmethodik beurteilen zu können. Die Simulationsmodelle wurden zu Beginn umfassend auf Basis aktuellster Messdaten aus Realbrandversuchen mit großer Brandlast (bis 20 MW) validiert und abgestimmt. Nach Auswertung der Ergebnisse wurde ein einfaches Erweiterungsmodell für die aktuelle Berechnungsmethode entwickelt und vorgeschlagen. Darüber hinaus wurden Untersuchungen für Normal- und Ereignisbetrieb durchgeführt ob und in welchem Ausmaß die derzeitige Obergrenze für die Zulässigkeit eines reinen Längslüftungssystems auch unter zukünftigen Randbedingungen (steigende Elektromobilität, zunehmender Autonomisierungsgrad) angehoben werden kann.

Kurzzusammenfassung

Problem:

In der Dimensionierung von Tunnellüftungsanlagen spielt der Geschwindigkeitsbereich von 1,0 - 1,5 m/s oftmals eine wesentliche Rolle - verfügbare Berechnungsmethoden gelten jedoch nur für Geschwindigkeiten zwischen 2,0 und 3,0 m/s. Eine Prüfung und entsprechende Erweiterung dieser Methoden ist daher dringend erforderlich. Zusätzlich ist zu prüfen, ob die derzeit bestehenden Obergrenzen für die Zulässigkeit von Längslüftungsanlagen weiterhin beibehalten oder angepasst

werden sollten.

Methodik:

Aufbauend auf bereits bestehenden Erkenntnissen aus einem vorausgegangenem Forschungsprojekt wurden die verwendeten Simulationsmodelle mit Messdaten von Realbrandversuchen bei großen Brandlasten validiert und angepasst. Danach erfolgte eine umfangreiche Parameterstudie für Hufeisen- und Kastenprofile zur Erweiterung der bestehenden Berechnungsmethodik für niedrige Luftgeschwindigkeiten unter 2 m/s. Zudem wurden Emissions- und Luftmengenberechnungen sowie qualitative und quantitative Risikobetrachtungen für die Neubeurteilung der Systemgrenzen für die Wahl von Lüftungssystemen durchgeführt.

Ergebnisse

Die Validierungs- und Simulationsergebnisse haben die bereits vorhandenen Erkenntnisse aus dem Jahr 2010 bestätigt. Die durchgeführten Parameterstudien haben gezeigt, dass die Rauchausbreitung entgegen der eigentlichen Strömungsrichtung ('backlayering') im untersuchten Geschwindigkeitsbereich zwischen 1,0 und 1,5 m/s einen nicht mehr nachverlässigbaren Faktor darstellt. Eine Anhebung der Obergrenze für Längslüftungssysteme von derzeit 5 auf maximal 7 km wäre theoretisch möglich.

Schlussfolgerungen

Die bestehende Berechnungsmethodik kann prinzipiell beibehalten werden, muss aber für niedrige Luftgeschwindigkeiten entsprechend adaptiert und erweitert werden. Es wurde ein entsprechender Erweiterungsvorschlag erarbeitet und dargestellt. Die derzeit bestehenden Obergrenzen für die Zulässigkeit von Längslüftungssystemen kann beibehalten werden, da auf Basis einer projektspezifischen Risikoanalyse ohnehin die Möglichkeit besteht diese Grenzen zu verschieben.

English Abstract

The FFG research project EnhaVent has investigated the effects of backlayering on the temperature profile and the average heat transfer coefficient for velocities significantly below the critical velocity. The simulation models used were initially validated based on measurement data from real fire tests. From the results, a simple extension of the existing 1D-calculation approach for very low flow velocities (1-1.5 m/s) was developed. In addition, it was examined whether the current upper limit for the permissibility of longitudinal ventilation systems is also valid in the future under the aspect of increasing electromobility, etc., or whether it should be adapted.

Projektkoordinator

- ILF Consulting Engineers Austria GmbH

Projektpartner

- Technische Universität Graz
- Thermo- and Fluid Dynamics Consulting Engineer e.U.