

OPTUNAMIK

Optimierung der Tunnel Aerodynamik für Hochgeschwindigkeitsstrecken

Programm / Ausschreibung	Mobilität der Zukunft, Mobilität der Zukunft, MdZ - VIF 2014	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.10.2015	Projektende	19.12.2016
Zeitraum	2015 - 2016	Projektlaufzeit	15 Monate
Keywords			

Projektbeschreibung

Zugsdurchfahrten in Eisenbahntunneln verursachen Druck/Sogwellen, welche das Fahrzeug, die Tunnelausrüstung und den Fahrkomfort beeinträchtigen; zudem nimmt bei Hochgeschwindigkeitsstrecken die Druckbelastung quadratisch mit der Fahrgeschwindigkeit zu. Als Regelbauweise von langen Hochgeschwindigkeitstunneln hat sich aus Sicherheitsüberlegungen europaweit eine eingleisige „Doppelröhre“ etabliert; die Röhren sind mit Querstollen verbunden, die als Fluchtwege dienen. Das Projektziel ist die Analyse des Optimierungspotenzials von globalen Maßnahmen (Rauigkeit, Dissipation...) und lokalen geometrischen Variationen des Tunnelquerschnitts (Vouten, Verbindungsstollen) bei einem eingleisigen, langen Eisenbahntunnel zur Reduktion der aerodynamischen Belastung.

Dazu werden strömungsmechanische Simulationen von verschiedenen Adaptionen vorgenommen und das aerodynamische Optimierungspotenzial erhoben. Diese Berechnungen werden durch die versuchstechnische Validierung mit der in ihrer Art weltweit einzigartigen Tunnel-Simulations-Anlage (TSG) des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Göttingen untermauert. Mit einem bewegten Zugmodell (bis 200 km/h) werden die Lasten auf Tunnelleinbauten bei verschiedenen Konfigurationen analysiert. Zudem können Strömungseffekte gemessen werden, die in der numerischen Simulation nur unter unverhältnismäßig großem Aufwand nachzubilden wären.

Die Untersuchung der Auswirkung auf Ausrüstungsbauteile erfolgt im Zusammenhang mit einer strukturdynamischen Untersuchung (am Beispiel Fluchttüren in Verbindungsstollen). Mittels numerischen Analysen im Zeitbereich werden die Spannungen und Verformungen berechnet. Eine Lebensdauerbewertung mittels Schadensakkumulation der errechneten Spannungsverläufe nach Palmgren-Miner durchgeführt.

Ein Vergleich der ermittelten Lebensdauerprognose für unterschiedliche Tunnelkonfigurationen zeigt das Verbesserungspotenzial der entwickelten Vorschläge. Diese werden einer Kostenschätzung der baulichen Maßnahmen gegenübergestellt.

Nach dem Projekt liegen folgende Ergebnisse vor:

- Aerodynamische Untersuchung verschiedener Tunnelkonfigurationen
- Versuchsdaten von verschiedenen Tunneladaptionen am Modell
- Verifizierte numerische Simulationen

- Strukturdynamische Untersuchung eines Tunnelausrüstungsbauteils
- Bewertung der Lebensdauer des Ausrüstungsbauteils mit angenommenem Zugskollektiv
- Monetäre Bewertung durch eine Kostenschätzung baulicher Tunnelbaumaßnahmen
- Übersichtliche Zusammenstellung der bewerteten Tunnelkonfigurationen und Darstellung des Optimierungspotenzials.

Abstract

Trains passing through railway tunnels cause pressure/ suction waves which affect the vehicle, tunnel equipment, and passenger comfort; moreover, in high speed lines pressure load increases exponentially with train speed. For safety reasons, in Europe the single-track “double tube” is the standard design for long high-speed tunnels. The tubes are connected by cross passages as emergency exits.

This project aims to analyze the optimization potential of general adaptations (roughness, dissipation...) and local geometric variations in tunnel cross-sections (concrete haunches, connecting tunnels) for aerodynamic stress reduction in a single-track railway tunnel.

For this, the fluid dynamics of various adaptations in long, single-track railway tunnels will be simulated and the potential for aerodynamic optimization will be gauged. These computations will be validated experimentally at the state-of-the-art Tunnel Simulation Facility of the DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) in Göttingen, Germany. There, a moving train model (at up to 200 kph) will be used to analyze the loads bearing on various tunnel configurations. Moreover, three-dimensional air flow effects can be experimentally generated, which would require prohibitive computational loads in numerical simulation.

The effects on internal tunnel fixtures are investigated in connection with their structural dynamics (e.g., emergency exit doors at connecting tunnels). Time-dependent numerical analysis will be used to calculate strain and deformation. Life span will be evaluated with the cumulative damage method after Palmgren- Miner based on the calculated strain profiles.

Comparison of the resulting life span predictions for various tunnel configurations will show the effects and improvements for each proposed solution. These will be contrasted with their respective building costs.

The project is expected to yield the following results:

- aerodynamic investigation of various tunnel configurations
- experimental results from models of various tunnel adaptations
- verified numerical simulations
- investigation of structural dynamics of a selected internal tunnel fixture
- gauging life span of tunnel fixture for assumed number of train passages
- monetary evaluation through cost estimates for in-tunnel installations
- clear breakdown of evaluated tunnel configurations and description for optimization potentials.

Projektkoordinator

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Projektpartner

- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.