

TUNNELUX

Wahrnehmungspsychologische Untersuchung des Fahrverhaltens bei unterschiedlichen Leuchtdichten in Straßentunnel

Programm / Ausschreibung	MW 24/26, MW 24/26, Mobilitätswende 2025/2 - Mobilitätssystem	Status	laufend
Projektstart	01.08.2026	Projektende	31.07.2027
Zeitraum	2026 - 2027	Projektlaufzeit	12 Monate
Projektförderung	€ 119.561		
Keywords	Tunnelbeleuchtung; Fahrverhalten; Leuchtdichte		

Projektbeschreibung

Die flächendeckende Umstellung der österreichischen Tunnelanlagen von konventionellen Natriumdampflampen auf moderne LED-Beleuchtung hat die lichttechnischen Rahmenbedingungen grundlegend verändert. LED-Leuchten bieten eine höhere Farbwiedergabe, verbesserte Gleichmäßigkeit, weißes Licht sowie ein höheres S/P-Verhältnis (scotopic-to-photopic ratio), das im mesopischen Sehbereich nachweislich die visuelle Wahrnehmung verbessern kann. Die geltende normative Grundlage (RVS 09.02.41) schreibt für Tunnel der Gefährdungsklasse IV jedoch weiterhin eine Mindestleuchtdichte von 6,0 cd/m² vor, ein Wert, der auf Forschungsarbeiten aus der Zeit vor der breiten LED-Einführung basiert. Es fehlen wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse darüber, ob bei Nutzung moderner LED-Technologie eine reduzierte Leuchtdichte ein gleichwertiges oder sogar verbessertes kognitives Fahrverhalten ermöglichen kann.

Das Projekt untersucht systematisch die kognitiven Auswirkungen unterschiedlicher Leuchtdichten (4,8 cd/m² vs. 6,0 cd/m²) auf das Fahrverhalten in Tunneln der Gefährdungsklasse IV. Dafür wird ein innovativer triangulierter Forschungsansatz verfolgt, der drei komplementäre Methoden kombiniert: (1) eine videobasierte Beobachtungsstudie im Realbetrieb mit automatisierter Analyse des Fahrverhaltens mittels Machine-Learning-Algorithmen, (2) eine kontrollierte Feldstudie mit mobilem Eye-Tracking, Pupillometrie und Herzratenvariabilitätsmessung zur objektiven Erfassung von Blickverhalten, okulärer Adaptation und Stressniveau, sowie (3) qualitative Befragungen zur subjektiven Wahrnehmung der Beleuchtungssituationen. Der besondere Innovationsgehalt liegt in der erstmaligen systematischen Vergleichsstudie unter realen Betriebsbedingungen in einer österreichischen Tunnelanlage sowie im Einsatz der Pupillometrie als objektivem Indikator für den Adaptationszustand des visuellen Systems.

Die erwarteten Ergebnisse umfassen eine evidenzbasierte Bewertung, ob bei einer Leuchtdichte von 4,8 cd/m² ein gleichwertiges Sicherheitsniveau wie bei 6,0 cd/m² nachgewiesen werden kann. Darauf aufbauend wird ein konkreter Textvorschlag zur Überarbeitung der RVS 09.02.41 erarbeitet. Zusätzlich werden Energieeinsparungspotenziale quantifiziert, die bei einer möglichen Reduktion der Mindestleuchtdichte um 20 % im österreichischen Tunnelnetz realisierbar wären. Die Ergebnisse tragen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit, zur Reduktion von Betriebskosten und CO₂-Emissionen sowie zur

Verbesserung der Zufriedenheit der Tunnelnutzer:innen bei.

Abstract

The comprehensive conversion of Austrian tunnel systems from conventional sodium vapour lamps to modern LED lighting has fundamentally changed the lighting conditions. LED lights offer higher colour rendering, improved uniformity, white light and a higher scotopic-to-photopic ratio, which has been proven to improve visual perception in the mesopic vision range. However, the applicable normative basis (RVS 09.02.41) continues to stipulate a minimum luminance of 6.0 cd/m² for tunnels in hazard class IV, a value based on research conducted before the widespread introduction of LEDs. There is a lack of scientifically sound evidence as to whether the use of modern LED technology can enable equivalent or even improved cognitive driving behaviour with reduced luminance.

The project systematically investigates the cognitive effects of different luminance levels (4.8 cd/m² vs. 6.0 cd/m²) on driving behaviour in tunnels classified as hazard class IV. To this end, an innovative triangulated research approach is being pursued that combines three complementary methods: (1) a video-based observational study in real-world conditions with automated analysis of driving behaviour using machine learning algorithms, (2) a controlled field study with mobile eye tracking, pupillometry and heart rate variability measurement for the objective recording of gaze behaviour, ocular adaptation and stress levels, and (3) qualitative surveys on the subjective perception of lighting situations. The particular innovative aspect lies in the first systematic comparative study under real operating conditions in an Austrian tunnel system and in the use of pupillometry as an objective indicator of the adaptation state of the visual system.

The expected results include an evidence-based assessment of whether a luminance of 4.8 cd/m² can be shown to provide the same level of safety as 6.0 cd/m². Based on this, a specific text proposal for revising RVS 09.02.41 will be developed. In addition, energy saving potentials will be quantified that could be realised with a possible 20% reduction in the minimum luminance in the Austrian tunnel network. The results will contribute to increasing road safety, reducing operating costs and CO₂ emissions, and improving tunnel user satisfaction.

Projektkoordinator

- Bartenbach GmbH

Projektpartner

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH