

Zielstellung

Ziel ist die Entwicklung eines Simulationsmodells, um das Betriebsverhalten einer Luftschleieranlage bei Türöffnung für einen Stadtbus zu untersuchen, Optimierungen abzuleiten und das System hinsichtlich des Energiebedarfes zu bewerten. Hierfür wurden die thermodynamischen Vorgänge im Fahrgastraum für verschiedene Umgebungsbedingungen in einem standardisierten Fahrzyklus (SORT-1) mittels CFD-Software simuliert. Basierend auf diesen Untersuchungen wurden optimierte Anlagenparameter und Betriebsstrategien erarbeitet. Abschließend erfolgte eine Darstellung der erzielbaren Energieeinsparpotentiale.

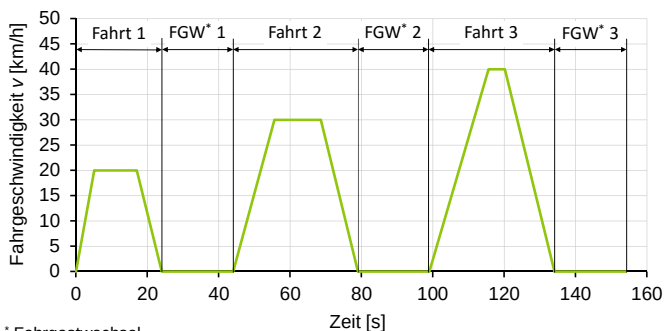


Abb. 1: Fahrprofil des SORT-1-Zyklus [UITP, SORT – Standardised On-Road Tests]

Untersuchungsmethoden

- Stationäre und instationäre, kompressible 3D-Strömungssimulationen einschließlich relevanter thermodynamischer Vorgänge mittels OpenFOAM®
- k- ω -SST Wirbelviskositätsmodell
- Hexaederdominantes Rechengitter mit lokalen Verfeinerungszonen (ca. 9,4 Mio. Elemente)
- Automatisierter Berechnungsablauf auf einem Berechnungscluster (84 Kerne)

Auslegung der Luftschleieranlage

- Bestimmung der optimalen Auslassgeschwindigkeiten mittels des entwickelten Simulationsmodells
- Festlegung einer optimalen Position der Anlage
- Erarbeitung von Einsatzstrategien der Luftschleieranlage:
 - Einschaltzeitpunkt
 - Einschaltdauer
- Bestimmung der erforderlichen Heiz- und Kälteleistungen

Simulationsergebnisse

- Deutliche Reduzierung des Umgebungslufteintrags bei Türöffnung durch den Einsatz einer Luftschleieranlage nachgewiesen
- Verbesserte Temperaturverteilung im Innenraum
- Erhebliche Reduzierung der erforderlichen Heiz- bzw. Kälteleistung und dadurch Steigerung der Einsatzdauer bzw. Reichweite eines E-Busses um bis zu 44 %

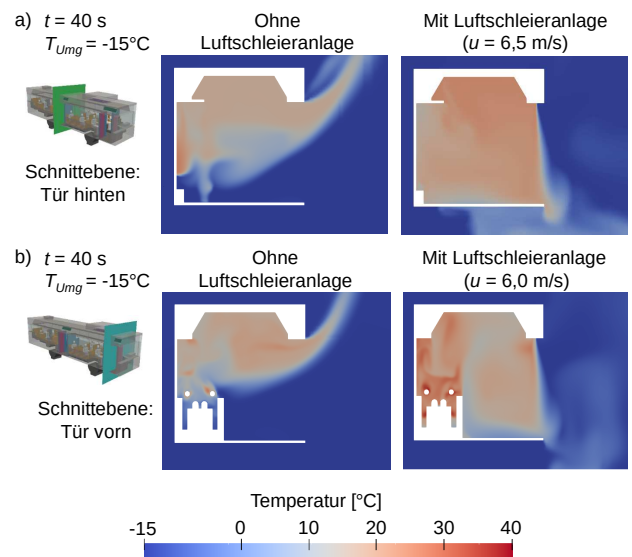


Abb. 2: Innenraumtemperaturen mit und ohne Luftschleieranlage bei $T_{Umg} = -15\text{ °C}$.

Zusammenfassung

- Der Einsatz einer Luftschleieranlage in elektrisch betriebenen Stadtbusen hat sich bei den Untersuchungen hinsichtlich des Komforts und der Energieeffizienz als vielversprechend und zielführend erwiesen.
- Eine Integration in den vorhandenen Bauraum ist realisierbar.
- Das Luftschleiersystem kann auch für andere Fahrzeugtypen, wie Straßenbahnen, U-Bahnen und Kühltransporter angewendet werden.

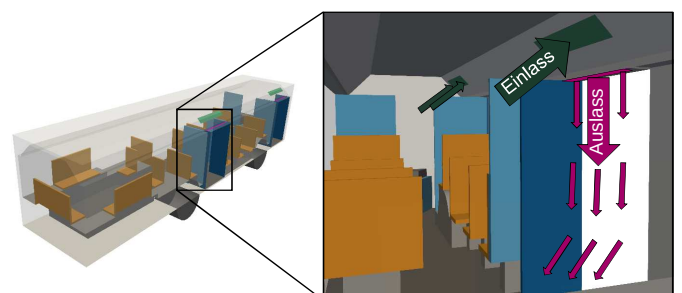


Abb. 3: Schematische Darstellung der Luftschleieranlage.