

Mitteilung

Fachgruppe: Experimentelle Aerodynamik

Aerodynamischer Einfluss von Lücken im Beladungsschema von Güterzügen - Teil 2: Analyse der Strömungsstrukturen mittels Particle Image Velocimetry

Lars Siegel, Alexander Buhr, James R. Bell, Arne Henning
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik (AS-BOA), Göttingen, lars.siegel@dlr.de

Im Rahmen der vorliegenden experimentellen Arbeit wurde der Einfluss von Lücken im Beladungsschema eines Güterzugs auf den resultierenden Strömungswiderstand und die auftretenden Strömungsstrukturen untersucht. Das allgemeine Ziel dieses Forschungsprojekts ist die mögliche Berücksichtigung der aerodynamischen Optimierung des Beladungsschemas eines Güterzuges in der Energieverbrauchsbilanz. In der vorliegenden Windkanaluntersuchung wurden im Modellmassstab mittels der Particle Image Velocimetry (PIV) die in den Lücken zwischen Wechselbehältern auf einem Güterzug auftretenden Strömungsstrukturen untersucht. Hierbei wurde das Beladungsschema primär stromauf einer fest installierten Wechselbrücke variiert. Synchron zu den PIV-Messungen wurden zudem Kraftmessungen durchgeführt, um den Zusammenhang zwischen den auftretenden Kräften an der Wechselbrücke und den gleichzeitig vorherrschenden Strömungsstrukturen untersuchen zu können.

Die experimentellen Untersuchungen wurden in der Seitenwindversuchsanlage Göttingen (SWG) bei einer Anströmgeschwindigkeit von $U_\infty = 50$ m/s und einer Reynoldszahl von $5,5 \times 10^5$ in Bezug auf die Wagenbreite $B_c = 170$ mm durchgeführt. Details des allgemeinen experimentellen Aufbaus finden sich in [1]. Für die 2C-2D PIV-Messungen wurde ein Doppelpuls-Laser mit einer maximalen Energie von 350 mJ pro Puls und einer Wiederholrate von 10 Hz verwendet. Der damit erzeugte Laserlichtschnitt wurde seitlich der Windkanalwand durch eine Glasscheibe in den Messbereich eingekoppelt. Der Lichtschnitt befand sich parallel zum Boden in einer Höhe von 93,3 mm über der Schienenoberkante (siehe Abb. 1), was maßstabsgetreu einer Höhe von 1,4 m über der Schienenoberkante einer prüfungsrelevanten Messhöhe gemäß Technischer Spezifikationen für Interoperabilitäten entspricht. Die Strömung wurde mit DEHS-Partikeln geimpft, deren Streulicht innerhalb der Lichtschnittebene mittels zweier CMOS Kameras (Typ: PCO edge 5.5) erfasst wurde. Die Kameras befanden sich

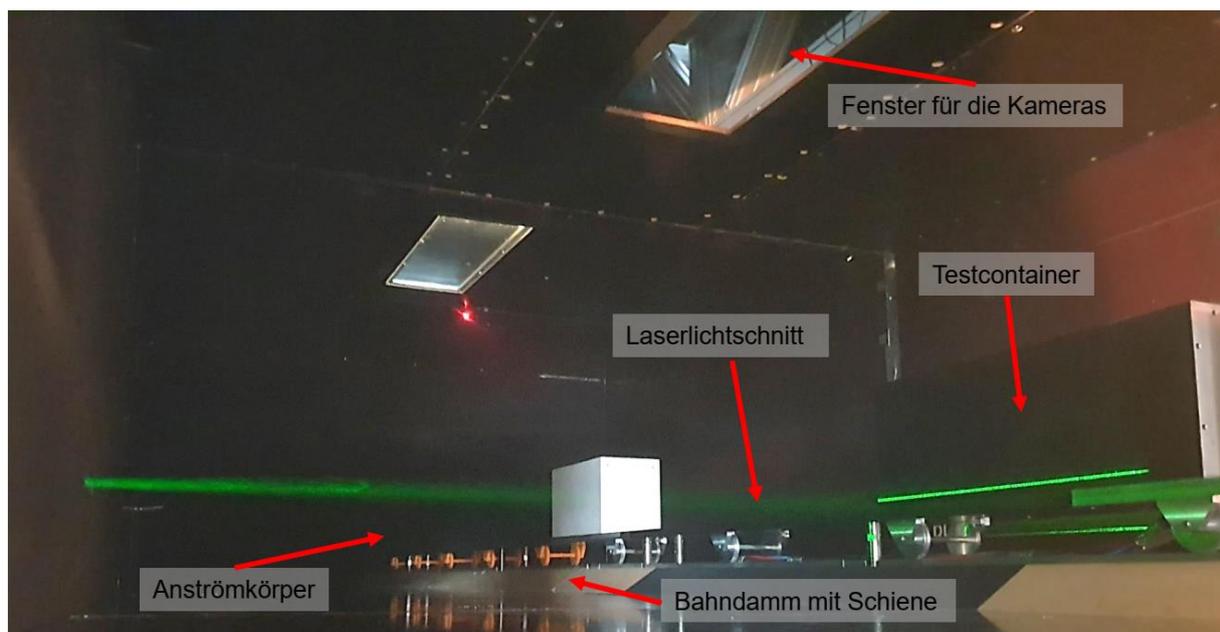


Abb. 1: Foto des Messaufbaus des Güterzugmodells mit Blick in Strömungsrichtung in der Seitenwindversuchsanlage Göttingen (SWG) mit seitlich eingekoppeltem Laserlichtschnitt.

dabei vertikal oberhalb des Lichtschnitts hinter einer in der Windkanaldecke eingelassenen Glasscheibe. In Kombination mit den genutzten Objektiven ergab sich ein zusammengesetztes Sichtfeld von etwa 750 mm x 320 mm. Die Position der Beobachtungsfenster wurde dabei so gewählt, dass ab dem vorderen Drittel der Wechselbrücke stromauf die Strömungsstrukturen gemessen werden konnten, die sich bei Variation des Beladungsschemas ergeben. Um eine aussagekräftige Statistik zu erhalten, wurden pro Konfiguration 5000 Doppelbilder aufgenommen. Die Auswahl der Konfigurationen erfolgte dabei anhand der Strömungswiderstandswerte, welche im Rahmen einer Parameterstudie ermittelt wurden [1].

Die Ergebnisse der PIV-Aufnahmen sollen dazu genutzt werden, die auftretenden Widerstandskräfte an der Wechselbrücke bei Variation des Beladungsschemas anhand der Topologie der Strömungsfelder und der Verteilung der Strömungsstrukturen nachzuvollziehen und zu erklären. In Abb. 2 ist beispielhaft die Verteilung eines gemittelten Geschwindigkeitsfelds der absoluten Geschwindigkeiten für einen ausgewählten Beladungszustand dargestellt. Die dargestellten Geschwindigkeiten U sind hierbei mit U_∞ und die Achsen mit der Wagenbreite B_c normiert. Zu sehen sind unterschiedliche Geschwindigkeitsbereiche innerhalb der Lücke zwischen der Wechselbrücke und dem stromauf befindlichen Container. Erkennbar sind die Stau- punktströmung direkt stromauf der Wechselbrücke, die Beschleunigung an der Vorderkante der Wechselbrücke sowie ein Rezirkulationsbereich stromab des vorderen Containers. Diese Strömungsbereiche sollen darüber hinaus mit CFD-Rechnungen eines vergleichbaren Testfalls verglichen werden [2].

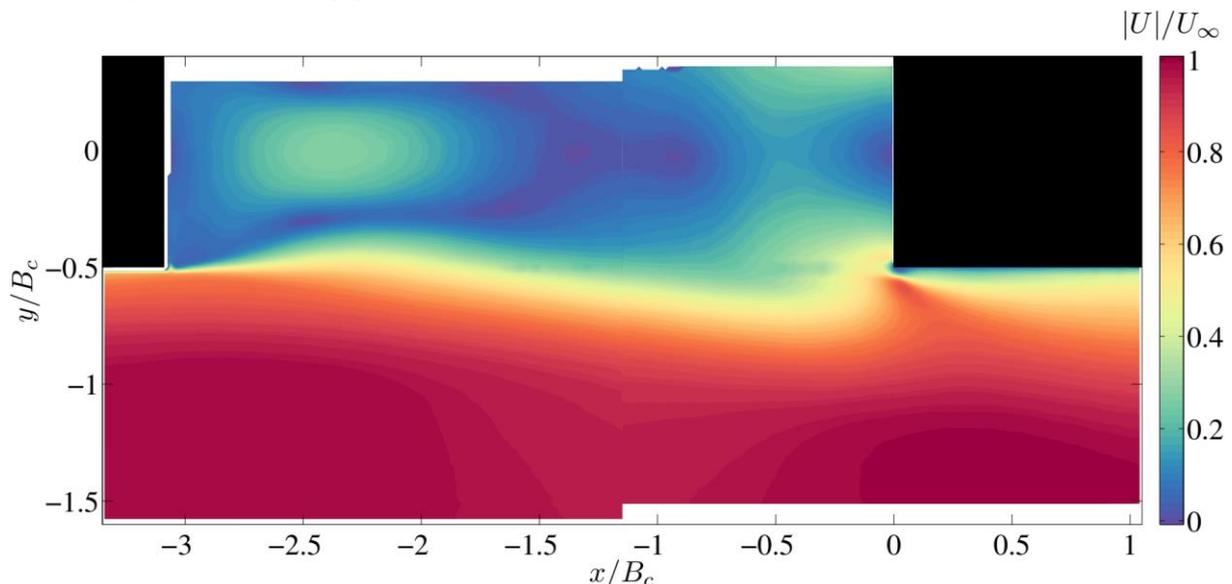


Abb. 2: Gemittelttes absolutes Geschwindigkeitsfeld $|U|$ – normiert mit $U_\infty = 50 \text{ m/s}$ – in der Ebene zwischen der Wechselbrücke (rechts oben) und einem ausgewähltem Beladungszustand stromauf.

This work is part of FR8Rail IV project that has received funding from the ER-JU under the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme GA 101004051. The article reflects only the authors' views and the Joint Undertaking is not responsible for any use that may be made of the information it contains.



- [1] Buhr, Alexander et al., „Aerodynamischer Einfluss von Lücken im Beladungsschema von Güterzügen - Teil 1: Parameterstudie zum Strömungswiderstandskoeffizient“, STAB-Workshop, Göttingen, 2023.
- [2] Maleki, Siavash et al., „Flow structure between freight train containers with implications for aerodynamic drag“, Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics, 188 (2019) 194-206.