

# Mitteilung

Fachgruppe: Allgemeine Strömungstechnik

## PIV-Messung der Ablenkung eines Atemfreistrahls durch einen Luftvorhang

Andreas Kohl<sup>1,2</sup>, Daniel Schmeling<sup>1</sup>, Claus Wagner<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR),  
Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik, Bunsenstraße 10, 37073 Göttingen

<sup>2</sup>Technische Universität Ilmenau, Institut für Thermo- und Fluidodynamik,  
Am Helmholtzring 1, 98693 Ilmenau

E-mail: [andreas.kohl@dlr.de](mailto:andreas.kohl@dlr.de)

Ein Belüftungskonzept, das in letzter Zeit häufig untersucht wurde, ist der sogenannte Luftvorhang [1,2]: ein planarer turbulenter Freistrahls aus einer rechteckigen Düsengeometrie, der auf eine gegenüberliegende Oberfläche auftrifft und somit eine aerodynamische Barriere erzeugt. Das Konzept birgt das Potential, die Ausbreitung von luftgetragenen Krankheitserregern in Innenräumen zu verringern [1]. Mögliche Einsatzfelder sind Passagierkabinen von Flugzeugen oder Schienenfahrzeugen. Diese sind räumlich stark begrenzt und bieten nur wenig Platz zwischen den Passagieren und dem Strömungsfeld des Luftvorhangs. Ziel dieser Arbeit ist es, die Ablenkung und die Durchdringung eines laminaren Freistrahls, der einen menschlichen Atemimpuls simuliert, durch einen Luftvorhang in Abhängigkeit vom Impulsflussverhältnis  $\gamma$  beider Freistrahlen zu untersuchen. Dieser Ansatz wurde bereits angewandt, um die Stabilität von isothermen Luftvorhängen bei Querströmung mit Hilfe von zweidimensionaler numerischer Simulation zu untersuchen [2]:

$$\gamma = \frac{M_{ac}}{M_{cf}} = \frac{\rho_a b_0 U_0^2}{\rho_a H_0 U_{cf}^2} = \frac{b_0 U_0^2}{H_0 U_{cf}^2} \quad (1)$$

Hierbei ist  $b_0$  die Düsenbreite und  $U_0$  die mittlere Ausströmgeschwindigkeit des Luftvorhangs.  $U_{cf}$  gibt die mittlere Strömungsgeschwindigkeit der druckgetriebenen Querströmung durch den Luftvorhang für den Referenzfall ( $U_0=0$ ) bei inaktivem Luftvorhang an. Die Höhe  $H_0$  in Gleichung (1) bezieht sich auf die Schnittfläche beider Impulsflüsse. In dieser Arbeit wird sie vereinfacht angenommen als der Durchmesser des laminaren Atemfreistrahls an dessen Einlass in das Messvolumen (siehe Abbildung 1). Dieser ist in einem horizontalen Abstand von  $5,1 b_0$  auf den Luftvorhang gerichtet und erzeugt somit einen konstanten Impuls senkrecht zur Ausbreitungsrichtung des Luftvorhangs.

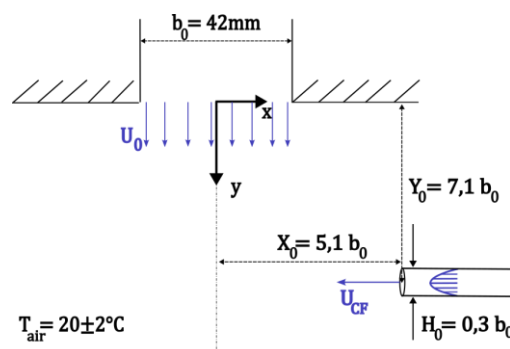


Abbildung 1: 2D-Skizze des Messaufbaus zur Untersuchung der Ablenkung und der Durchdringung des Atemfreistrahls durch den Luftvorhang. Nicht maßstabsgetreu.

In dieser Studie wird der Freistrahls ( $Re = 1385$ ) und somit  $U_{cf} = 1.75 (\pm 0.1)$  m/s konstant gehalten, wohingegen  $U_0$  und somit die Reynoldszahl des Luftvorhangs  $Re_{ac}$  zwischen 900 und 7300 variiert wird. Die sich einstellenden Strömungsfelder werden mittels planarem PIV in der

Schnittebene ( $z = 0$ ) vermessen und ausgewertet. Die zeitlich gemittelten Felder der zweikomponentigen absoluten Geschwindigkeit  $\bar{U}(x, y)$  sind in Abbildung 2 für vier Impulsflussverhältnisse  $\gamma$  dargestellt. In Abbildung 2a) bei  $\gamma=0.17$  kann der Luftvorhang den Atemimpuls nur leicht in positive  $y$ -Richtung ablenken. Wird  $\gamma$  erhöht (Abbildung 2b)), wirkt sich dies auch deutlich auf die Ausbreitungstrajektorie des Atemfreistrahls aus. Diese wird um etwa  $60^\circ$  durch den Impuls des Luftvorhangs nach unten abgelenkt. In Abbildung 2c) beträgt die Ablenkung beinahe  $90^\circ$  und zusätzlich wird der Atemimpuls noch deutlicher vor der Mittelachse des Vorhangs ( $x=0$ ) nach unten abgelenkt. Bei einem Impulsflussverhältnis von 11,61 (Abbildung 2d)) ist kaum noch eine Auswirkung des Atemimpulses auf das gemessene Strömungsfeld des Luftvorhangs erkennbar. Weitere Auswertungen des Strömungsfeldes, auch im Hinblick auf das zeitliche Verhalten, sind Bestandteil des Vollbeitrags dieser Arbeit.

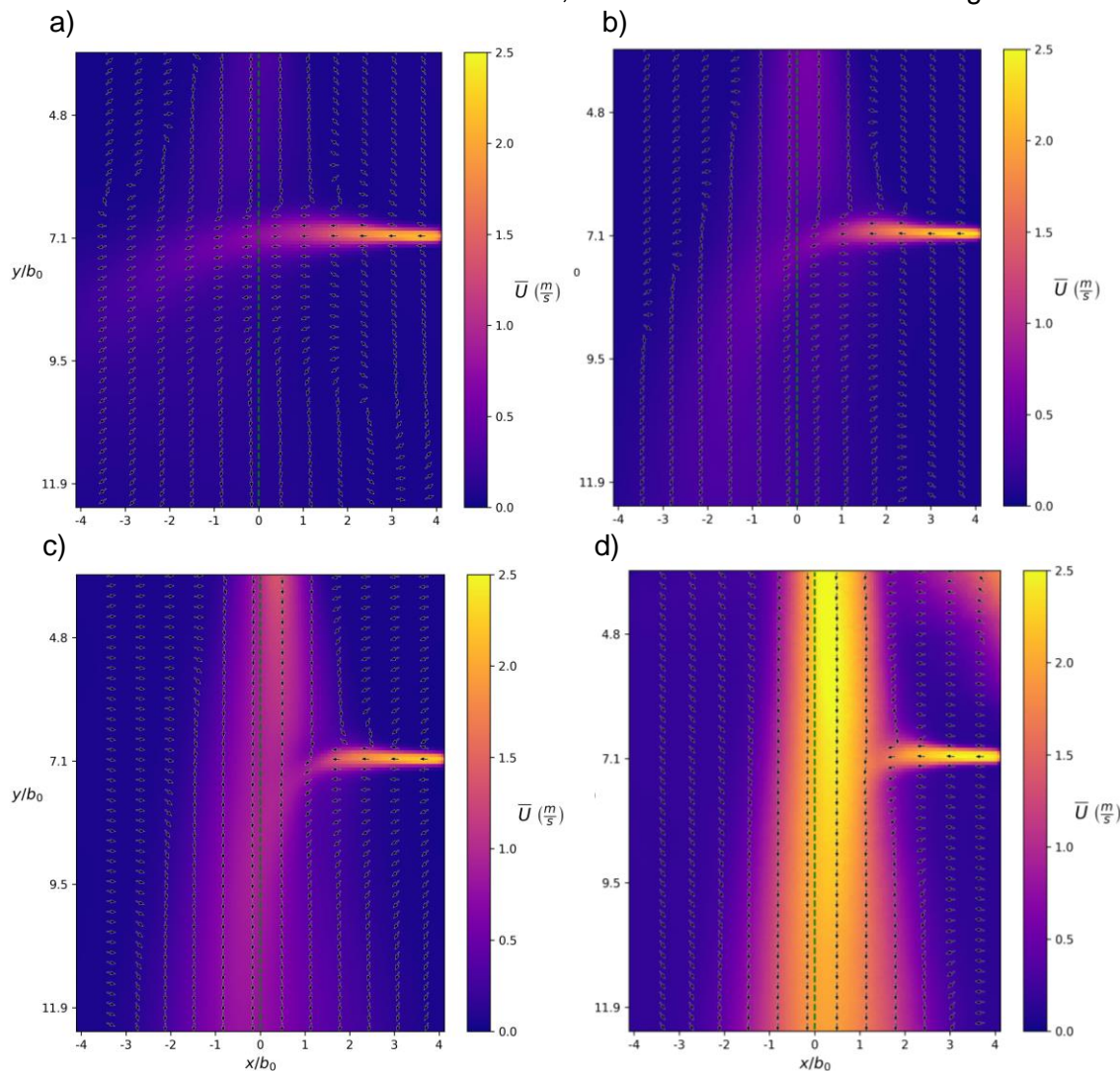


Abbildung 2: Mittlere Strömungsfelder der Interaktionszone beider Freistrahlen bei unterschiedlichen Impulsflussverhältnissen in a)  $\gamma = 0,17$ , b)  $\gamma = 0,65$ , c)  $\gamma = 3,47$  und d)  $\gamma = 11,61$ .

## Referenzen:

- [1] Takamura, Kotaro; Sakamoto, Yasuaki; Yagi, Tetsuya; Iwatani, Yasumasa; Amano, Hiroshi; Uchiyama, Tomomi (2022): Blocking effect of desktop air curtain on aerosols in exhaled breath. In: *AIP Advances* 12 (5), S. 55323. DOI: 10.1063/5.0086659.
- [2] Khayrullina, Adelya; Blocken, Bert; Magalhães de Almeida, Maria Odete; van Hooff, Twan; van Heijst, Ger-Jan (2021): Impact of a wall downstream of an air curtain nozzle on air curtain separation efficiency, In: *Building and Environment*, Volume 197, 2021, 107873, DOI:10.1016/j.buildenv.2021.107873.