

Mitteilung

Projektgruppe/Fachkreis: Technische Strömungen

Experimentelle Untersuchung des Einflusses von Zugluft auf das Komfortempfinden in einer generischen Fahrzeugkabine

Daniel Schiepel und Andreas Westhoff

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Bunsenstr. 10, 37073 Göttingen, daniel.schiepel@dlr.de

Heutzutage verbringen Menschen einen erheblichen Teil ihrer Zeit in Fahrzeugen. Dabei entfällt insbesondere in den westlichen Industrienationen ein großer Anteil auf die Individualmobilität. Die vorgelegte Studie konzentriert sich auf den thermischen Komfort in Fahrzeugen, der im Allgemeinen durch Temperatur, Strahlung, Luftströmung und ein individuelles Empfinden bestimmt wird. Häufig werden Standards basierend auf dem Konzept der Äquivalenttemperatur (T_{eq}) gemäß DIN14505 (ENISO, 2016) verwendet, um den thermischen Komfort zu charakterisieren. In der durchgeführten Studie wird diese Größe genutzt, um einen Schwellenwert für den thermischen Komfort bei einem Hochimpuls-Luftstrom zu ermitteln und insbesondere den Einfluss eines hohen Turbulenzgrades (HT) und eines niedrigen Turbulenzgrades (LT) auf das objektive Komfortempfinden zu untersuchen.



Abbildung 1: (A) Foto der SPC mit Maßangaben in mm. (B) SPC mit Luftzuführung und Volumenstrommessstrecken. (C) Rückansicht des TMs mit Lufteinlässen.

Hierfür wurde ein generisches Einpersonenzugfahrzeug (SPC, engl. Single Person Cabin) in einer Klimakammer mit definierten Randbedingungen aufgebaut. Abbildung 1 (A) zeigt ein Foto der SPC mit deren Maßen. In Abbildung 1 (B) sind die zwei Lufteinlässe auf Höhe eines Armaturenbretts mit den Volumenstrommessstrecken zu sehen. Hierbei wird sowohl der Volumenstrom als auch die Luftfeuchte und Temperatur der Zuluft erfasst und geregelt. Abbildung 1 (C) zeigt eine Rückansicht des thermischen Menschmodells (TM) und die Lufteinlässe, die den Luftstrom primär auf den Brustbereich des TM lenken.

Die hier verwendete Methode zur Messung des thermischen Komforts basiert auf einer Messung der Oberflächentemperatur (T_s) des TM mittels Infrarot(IR)-Thermometrie, die in die Äquivalenttemperatur (T_{eq}) gemäß DIN14505 umgerechnet wird und schließlich eine Komfortbewertung liefert (Lange et al., 2018).

Die Turbulenzintensität I der Zuluft wird auf deren Geschwindigkeitsmagnitude U normiert und beträgt $I_{LT} = 16\%$ und $I_{HT} = 32\%$ (HT). In der vorgelegten Studie wurde ein Parameterbereich von $U = 0,25\text{ m/s} - 2,50\text{ m/s}$ bei einer Temperatur von jeweils $T = 17, 20, 23, 26$ und 29 °C untersucht. In den präsentierten Fällen waren die Zulufttemperatur und die Klimakammertemperatur identisch, um zusätzliche thermisch induzierte Einflüsse auszuschließen. Das TM wurde mit einer konstanten Heizleistung von $P = 75\text{ W}$ betrieben, um die typische Wärmeleistung eines Menschen zu simulieren.

Abbildung 2 zeigt exemplarische Ergebnisse der IR-Thermometrie bei $U = 1,25\text{ m/s}$ und $T = 23\text{ °C}$. Die Spalten (A), (B) and (C) zeigen T_s , T_{eq} und die thermische Komfortbewertung gemäß DIN14505 für ein Sommerszenario. Der Vergleich von T_s (Abbildung 2 (A)) für LT und HT zeigt

einen großen Einfluss der Turbulenzintensität auf den thermischen Komfort. Aufgrund einer reduzierten Oberflächentemperatur von 24°C ist für das HT-Szenario eine deutlich größere Wärmeabfuhr im Brustbereich zu erkennen, verglichen mit einer Oberflächentemperatur von 26°C beim LT-Szenario. Der gleiche Unterschied ist ebenfalls für Bauch- und Beinregionen zu erkennen und es ergibt sich eine allgemeine Temperaturreduzierung um 2 K für den HT-Fall. Das ist auf einen höheren Wärmetransport an der Oberfläche des TMs durch die höhere Turbulenzintensität der Zuluft zurückzuführen. Anhand der Oberflächentemperatur wird für die sichtbaren Körpersegmente die Äquivalenttemperatur ermittelt. Die resultierenden Werte sind in *Abbildung 2* (B) dargestellt und es sind wieder deutlich höhere Temperaturen für das LT-Szenario im Vergleich zum HT-Szenario zu erkennen. *Abbildung 2* (C) zeigt das Ergebnis einer Komfortbewertung gemäß DIN14505. Hierbei bedeutet eine Bewertung von 3 „komfortabel“. Höhere Werte bedeuten „warm, aber komfortabel“ (4) bzw. „zu warm“ (5). Analog gilt dies für kleinere Werte von 2 und 1 bezüglich des Kälteempfindens. Das LT-Szenario führt zu einer Bewertung, die nah am komfortablen Bereich liegt, wohingegen das HT-Szenario zu vermehrten Bewertungen im Bereich „kalt“ führt. Als deutlich beeinflusste Körperregionen lassen sich sowohl der direkte Auftreffpunkt der Zuluft, der Brustbereich, mit den angrenzenden Regionen, Bauch und Oberarme, identifizieren. Die übrigen Körperregionen wechseln das Komfortband nicht.

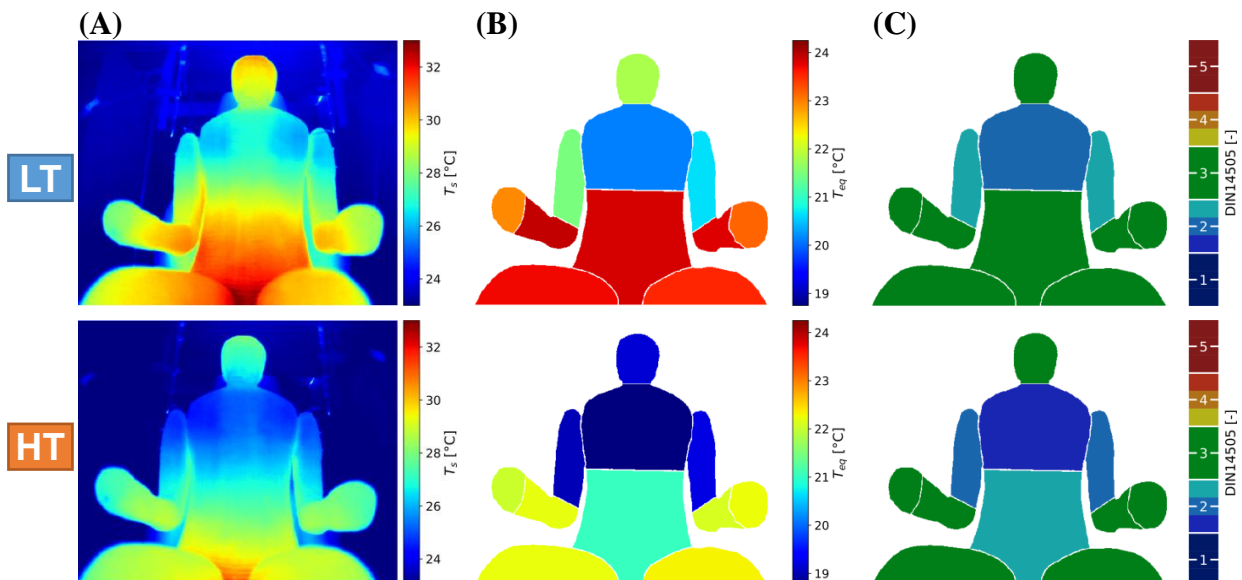


Abbildung 2: (A) T_s des TMs, (B) ermittelte T_{eq} und (C) Komfortbewertung. Jeweils für LT in der oberen und HT in der unteren Zeile.

Der thermische Komfort in der SPC wurde mittels TM und IR-Thermometrie untersucht. Die Experimente umfassten den folgenden Parameterbereich: zwei Turbulenzintensitäten, $I_{LT} = 16\%$ und $I_{HT} = 32\%$, Einströmgeschwindigkeiten, $U = 0,25\text{ m/s} - 2,5\text{ m/s}$, und Temperaturen, $T = 17 - 29\text{ °C}$. Für den untersuchten Parameterbereich ergibt sich im Fall HT im Vergleich zu LT ein erhöhter Wärmeübergang an der Oberfläche des TMs. Dies führt zu abnehmenden Äquivalenttemperaturen und damit zu einem kälteren objektiven Temperaturempfinden nach DIN14505. In naher Zukunft sollen Probandenversuche durchgeführt werden, um die objektiven Komfortmessungen mit dem subjektiven Empfinden zu vergleichen.

This research has been funded by the Research Association of Automotive Technology (FAT).

FAT | Forschungsvereinigung
Automobiltechnik

ENISO, D. I. (2016). Bahnanwendungen - Luftbehandlung in Schienenfahrzeugen des Fernverkehrs - Behaglichkeitsparameter und Typprüfungen; Deutsche Fassung EN 13129:2016 . *Beuth, Berlin*.

Lange, P., Schmeling, D., Westhoff, A., & Bosbach, J. (2018). Cost-effective human comfort manikin with realistic thermal load for studies of convection-driven ventilation systems. *Roomvent & Ventilation Konferenz*, S. 367-372.