

Mitteilung

Projektgruppe / Fachkreis: Numerische Simulation

Numerische Simulation der Strömung und des thermischen Komforts in der Flugzeugkabine

Mikhail Konstantinov, Waldemar Lautenschlager, Claus Wagner
DLR Göttingen, Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik
Bunsenstr. 10, 37073 Göttingen
mikhail.konstantinov@dlr.de, claus.wagner@dlr.de

Einleitung:

Der thermische Komfort von Passagieren ist ein wesentliches Entscheidungskriterium für die Ausgestaltung des Interieurs von Flugzeugkabinen. In diesem Zusammenhang ist die Entwicklung neuer Wärmestrahlungskomfortmodelle für zunehmend genauere und realistischere numerische Vorhersagen der Kabinenströmung einschließlich des resultierenden thermischen Passagierkomforts erforderlich.

Das Maß an thermischen Komfort in der Flugzeugkabine hängt von verschiedenen Wärmequellen ab. Die Flugpassagiere tragen selbst einen maßgeblichen Anteil an den Wärmelasten in der Kabine. Für die Berechnung des thermischen Komforts steht das Finite-Elemente (FE) Programm THESEUS von P+Z Engineering GmbH zur Verfügung, das auf dem FIALA-Manikin-Modell [1] basiert. Das Ziel unserer Arbeit ist die Kopplung des „Computational Fluid Dynamic (CFD)“-Programms OpenFoam mit dem Programm THESEUS nach einer vorgegebenen Anzahl von Iterationsschritten, sowie die numerische Modellierung des thermischen Komforts.

Lösungsweg:

Bei der konventionellen Simulation von Kabinenströmungen werden an der Oberfläche von Passagiermodellen thermischen Randbedingungen in Form von konstanten Wärmeströmen oder Temperaturwerten vorgegeben. Dadurch wirkt das Passagiermodell wie ein beheiztes Objekt.

Moderne Thermische-Komfort-Modelle berücksichtigen dagegen, dass der menschliche Körper aus verschiedenen Schichten besteht, indem die Wärme über den Blutkreislauf verteilt wird. Zusätzlich werden Bekleidung, Aktivität der Menschen und Luftfeuchtigkeit berücksichtigt. Um die Wechselwirkung zwischen Kabinenströmung und dem Wärmetransport im Menschen berücksichtigen und Aussagen über den thermischen Komfort der Passagiere treffen zu können, wird eine Kopplung zwischen dem Simulationsprogramm OpenFOAM mit dem FE-Programm THESEUS entwickelt. Im Einzelnen wird der Gesamtprozess in einer Abfolge mehrerer Schritte bearbeitet: An den charakteristischen Körperteilen der Passagiere werden zunächst die Temperaturwerte vorgegeben. Danach werden die Wärmeströme an den Passagiermodellen im Rahmen von Strömungsberechnungen bestimmt und an THESEUS übergeben. Letzteres berechnet drei Temperaturfelder, der äquivalenten Temperatur und der Oberflächen- und Hauttemperaturen, unter Nutzung des komplexen FIALA-Manikin-Modells. Die Werte der Oberflächentemperatur werden beim nächsten Iterationsschritt als Temperaturrandbedingungen an den Körperteilen in OpenFOAM verwendet.

Ergebnis:

Berechnungen wurden sowohl für die Kabine einer A320 als auch für die Kabine der Do728 durchgeführt. Die erste Kopplung zwischen OpenFoam und THESEUS findet nach 100 Iterationen statt. Im Anschluss werden Daten nach jeder zehnten Iteration ausgetauscht, wobei die Temperaturberechnung in THESEUS mit 10 inneren Iterationen erfolgt. Exemplarisch zeigt Abb. 1 die resultierende Oberflächentemperaturverteilung in der Kabine und aus der zwei Kabinenluftauslässen (KLA) eintretende Luftstrom mit Hilfe von Stromlinien. Die Komfortvorhersagen nach Zhang Sensation Index (ZhangSI) [2] für diesen Strömungsfall sind in Abb. 2 dargestellt, wobei die gesamte ZhangSI-Skala unten links gezeigt ist. Die Simulatio-

nen sagen für den betrachteten Fall nach ZhangSI einen nahezu „neutralen“ Bereich, und somit gute Komfortverhältnisse vorher.

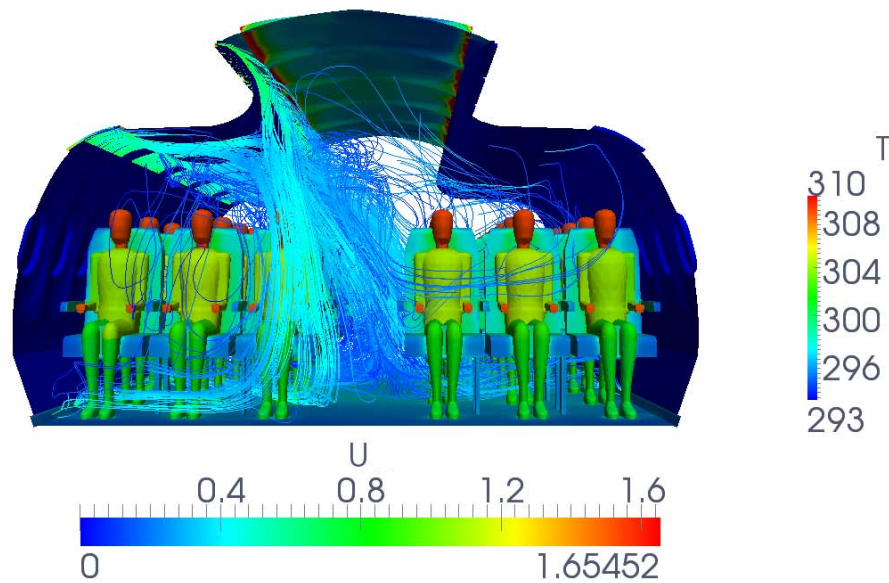


Abbildung 1: Berechnete Oberflächentemperaturverteilung in der Do728-Kabine zusammen mit Stromlinien ausgehend vom rechten KLA.

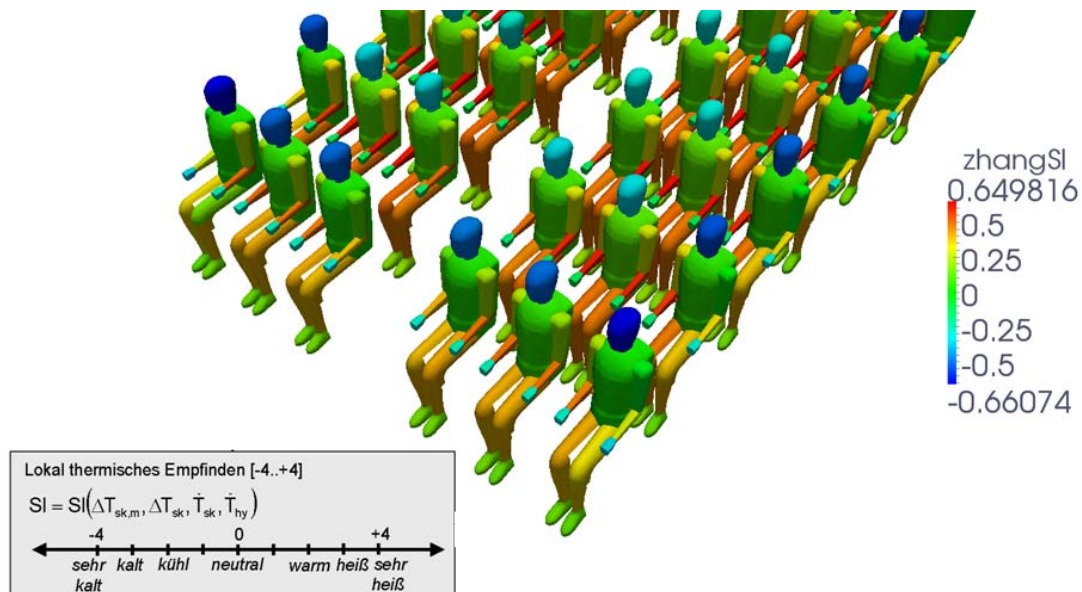


Abbildung 2: Komfortvorhersage mit Zhang Sensation Index.

Danksagung:

Wir bedanken uns bei Dr. S. Paulke von der Firma P&Z für hilfreiche Diskussionen und die vorbildliche Unterstützung.

Literatur:

1. D. Fiala, K. J. Lomes, M. Stohrer, *Computer prediction of human thermoregulatory and temperature responses to a wide range of environmental conditions*, Int. J. Biometeorol. (2001) **45**: 43-159.
2. H. Zhang, E. Arens, C. Huizenga, T. Han, *Thermal sensation and comfort models for nonuniform and transient environments, part III: Whole-body sensation and comfort*, Building and Environment (2010) **45**: 399-410.