

Name Verfasser*in: *Christina Matheis*

Titel der Arbeit: Erstellung eines digitalen Zwillings zur Behaglichkeitsbewertung eines modularen Innenraums im maritimen Bereich

Erstprüfer: *Prof. Dr.-Ing. Gunther Dirk Jacob*

Zweitprüfer: *M. Eng. Tobias Schöner*

Abgabe im WiSe 2020/21:

Inhalte und Ziele:

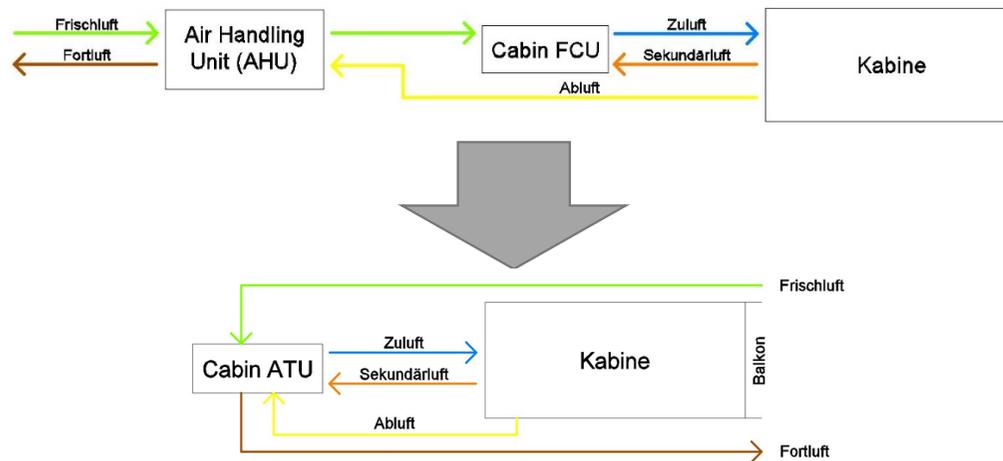
Das Ziel der Modellierung eines digitalen Zwillings einer Passagierkabine auf einem Kreuzfahrtschiffes ist es, den Entwicklungsprozess einer möglichst nachhaltigen Passagierkabine zu unterstützen. Dazu wurde ein grundlegendes zonales Simulationsmodell zur Abschätzung der Temperaturverteilung und zur Bewertung der Behaglichkeit des Nutzers erstellt. Die Modellvalidierung erfolgte mittels Versuchsmessungen. Die Behaglichkeit des Nutzers wird an zwei Positionen in der Kabine bewertet. Es wird eine objektive Analyse des Komfortempfindens durch die aktuelle Belüftungssituation in der Kabine durchgeführt.

Erstellung eines digitalen Zwillings zur Behaglichkeitsbewertung eines modularen Innenraums im maritimen Bereich

Ausgangslage:

Entwicklung einer Passagierkabine der Zukunft:

- Potenzial in der Belüftung der Kabine
- Umstellung des zentralen Systems auf eine dezentrale Luftversorgung

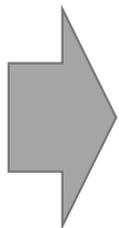
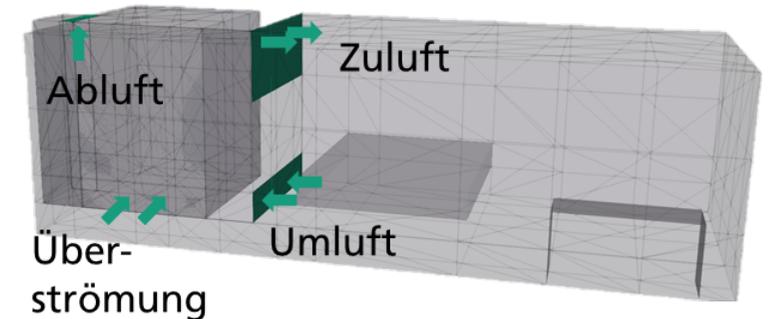


Erstellung eines digitalen Zwillings zur Behaglichkeitsbewertung eines modularen Innenraums im maritimen Bereich

Simulationsmodell:

Zonale Luftstromsimulation mit VEPZO (Velocity Propagating Zonal Model):

- Unterteilung eines Raumes in Zonen (Volumina)
 - Volumenmodell mit Massen- & Energieerhaltung
 - Strömungsmodell zwischen Zonen
- Modellaufbau
 - Zonierung
 - Abbilden der Lüftungssituation
 - Implementierung der internen Lasten (Sonneneinstrahlung, Menschliche Wärmelasten)



Validierung des Modells mittels Validierungsmessungen:

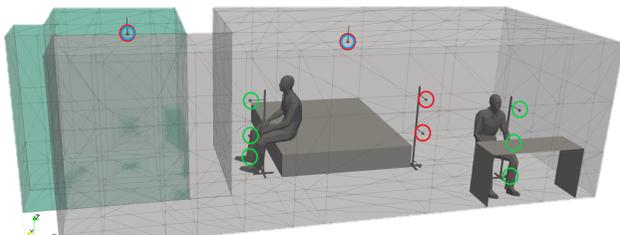
Messungen von Oberflächen- und Lufttemperaturen, relativen Luftfeuchten und Luftgeschwindigkeiten



Erstellung eines digitalen Zwillings zur Behaglichkeitsbewertung eines modularen Innenraums im maritimen Bereich

Simulationsergebnisse:

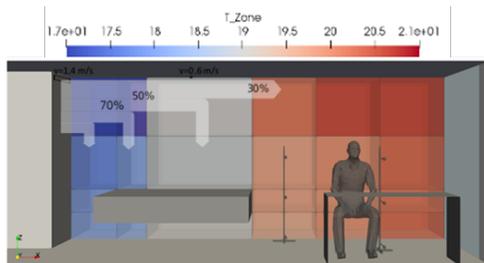
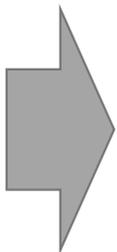
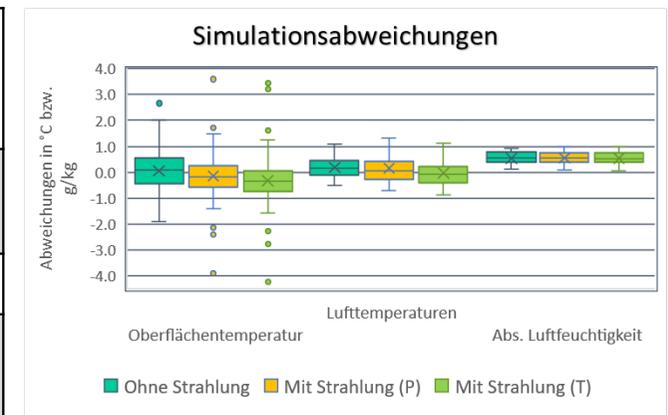
Validierung:



Rot: Zu validierende Lufttemperaturen
Bau: Zu validierende relative Feuchten
Grün: Sensoren zur Behaglichkeitsbewertung



Modellabweichungen (Modell ohne langwellige Strahlungsaustausch)	
Oberflächentemperaturen	$(0,1 \pm 0,8) \text{ } ^\circ\text{C}$
Lufttemperaturen	$(0,2 \pm 0,4) \text{ } ^\circ\text{C}$
Abs. Luftfeuchtigkeit	$(0,55 \pm 0,25) \text{ g/kg}$



Luftverteilung in der Kabine:

- Thermischer Auftrieb in der Simulation verstärkt
- Implementierung des Zuluftvolumenstroms ohne Impluskräfte □
Manuelle Anpassung der Massenströme



Erstellung eines digitalen Zwillings zur Behaglichkeitsbewertung eines modularen Innenraums im maritimen Bereich

Behaglichkeitsbewertungen:

Messung:

Auswertung:

Fazit:



DressMAN
Äquivalent-temperaturen



Messprofil
Luft-temperaturen und Strömungsgeschwindigkeiten

DIN EN ISO 7730
DIN EN ISO 14505-2

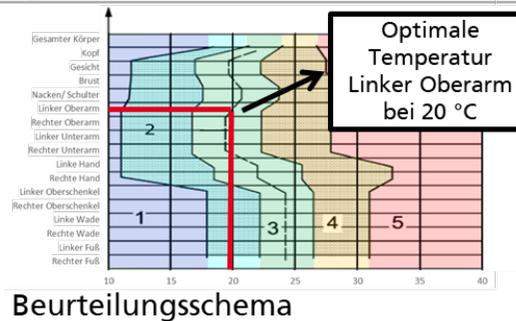
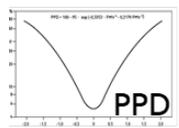


Tabelle A.1 — Drei Kategorien des Umgebungsklimas

Kategorie	Thermischer Zustand des Körpers insgesamt		Lokale Unbehaglichkeit			
	Vorausgesetzter Prozentsatz an Unzufriedenheiten	Vorausgesetztes mittleres Volumen	Prozentsatz an Unzufriedenheiten auf Grund von Zugluft	Prozentsatz an Unzufriedenheiten auf Grund von vertikaler Lufttemperaturunterschiede	Prozentsatz an Unzufriedenheiten auf Grund von warmer oder kalter Fußböden	Prozentsatz an Unzufriedenheiten auf Grund von asymmetrischer Strahlung
A	< 6	-0,2-PMV/+0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	-0,5-PMV/+0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	0,7-PMV/+0,7	< 30	< 10	< 15	< 10



PMV

3	heiß
2	warm
1	etwas warm
0	neutral
-1	etwas kühl
-2	kühl
-3	kalt

Lokale Unbehaglichkeit

- Bewertung der Äquivalenttemperaturen
- Bewertung PMV, PPD und lokale Unbehaglichkeit

- Temperaturempfinden neutral bis etwas kühl
- Temperaturen an den Füßen und Beinen etwas zu kalt
- Oberflächen wirken sich nur gering auf die Behaglichkeit des Nutzers aus
- Keine lokale Unbehaglichkeiten durch Strahlung oder Zugluft



Erstellung eines digitalen Zwillings zur Behaglichkeitsbewertung eines modularen Innenraums im maritimen Bereich

Fazit:

- Simulationsmodell bildet die Passagierkabine realitätsgetreu ab
 - Anwendung des digitaler Zwillings
 - Simulationsbasierte Variantenvergleiche
- Simulationsmodell kann für die Bewertung des Nutzerkomforts verwendet werden
- Neue Erkenntnisse für die Weiterentwicklung des VEPZO-Modells

