Gelüftet! Energiekrise und thermischer Komfort

ISH Hotspot Indoor-Air 13.03.2023

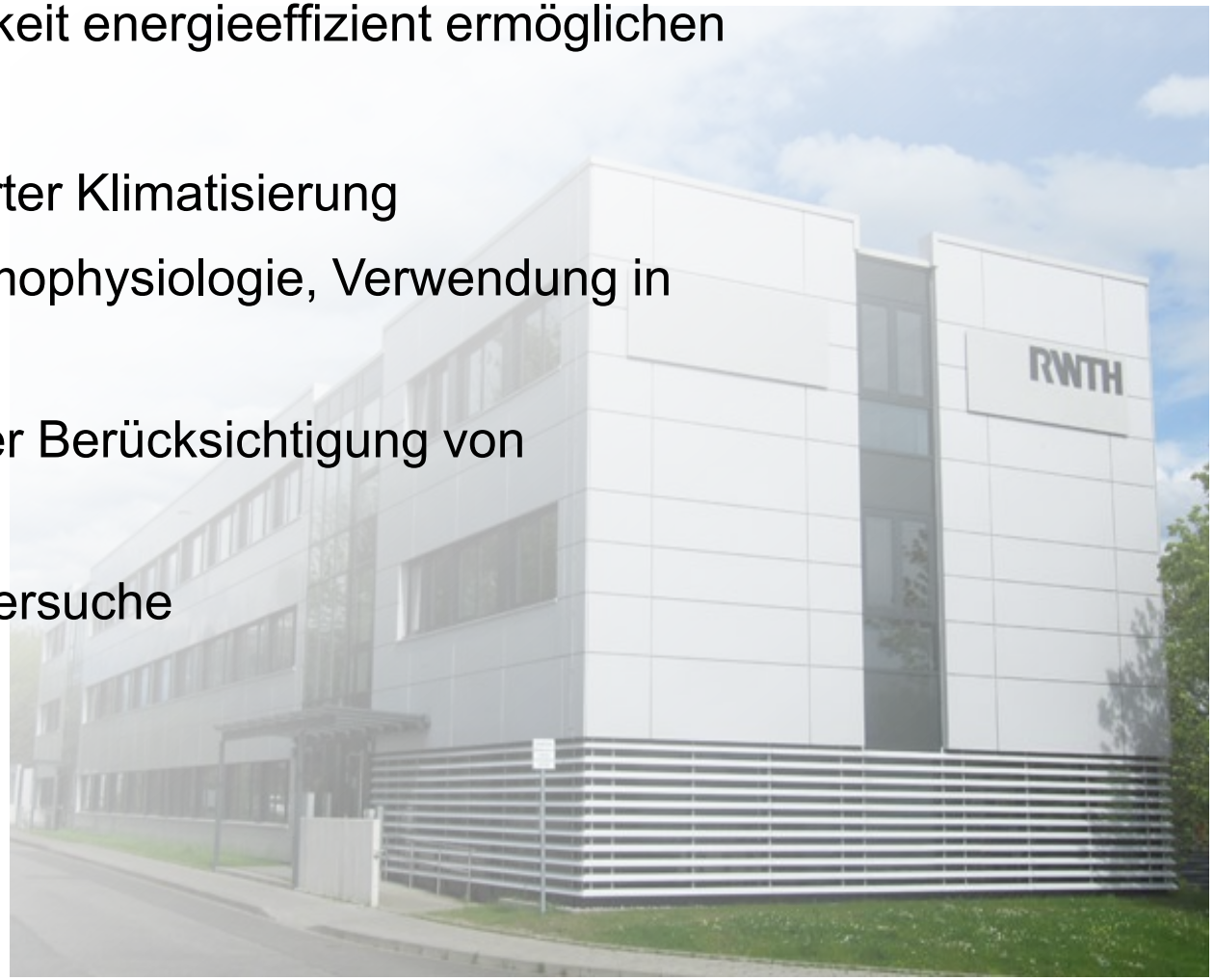
Marc Syndicus
Lehrstuhl für Energieeffizientes Bauen der RWTH Aachen

Gelüftet! Energiekrise und thermischer Komfort

Ergonomics of the Indoor Environment (EIE)

Unser Leitsatz: Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit energieeffizient ermöglichen

- Nutzerverhaltensmodellierung und -analyse
- Entwicklung und Erprobung lokaler, personalisierter Klimatisierung
- Modellierung und Simulation menschlicher Thermophysiologie, Verwendung in Steuer- und Regelungsmodellen
- Integrative Betrachtung der Fragestellungen unter Berücksichtigung von Physiologie, Psychologie und Nutzerverhalten
- Nutzerbefragungen, Feldforschung, Probandenversuche



Gelüftet! Energiekrise und thermischer Komfort

Energiekrise und Reaktionen

„Meine Duschzeit habe ich noch mal deutlich verkürzt [...]“
Bundesminister für Wirtschaft und Klimaschutz Robert Habeck, Der Spiegel 26/2022

„Auch der Waschlappen ist eine brauchbare Erfindung.“
Winfried Kretschmann, Ministerpräsident (BaWü) zu Gasknappheit und steigenden Energiepreisen, Spiegel Online Politik, 19.8.2022

„Im Arbeitsraum in einem öffentlichen Nichtwohngebäude darf die Lufttemperatur höchstens auf die folgenden Höchstwerte geheizt werden: für körperlich leichte und überwiegend sitzende Tätigkeit 19 Grad Celsius.“
§ 6 Abs. 1 Nr. 1 Kurzfristenergieversorgungssicherungsmaßnahmenverordnung EnSikuMaV

„Wir erwarten tatsächlich bei einer solchen gesetzlichen Senkung der Mindesttemperatur in Wohnräumen, dass es zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen kommt und auch zu vermehrter Schimmelpilzbildung [...]“ *Reiner Wild vom Berliner Mieterverein, rbb Interview 17.6.2022*

„Es müssen pragmatische Lösungen gefunden werden. So wurden irgendwelche Gradzahlen in den Raum geworfen.“
Arbeitsmediziner Wolfgang Panter, Leiter des Verbandes Deutscher Betriebs- und Werksärzte, Spiegel Online Wirtschaft, 6.10.22

Gelüftet! Energiekrise und thermischer Komfort

Thermischer Komfort

Thermische Behaglichkeit ist definiert als das Gefühl, das Zufriedenheit mit dem Umgebungsklima ausdrückt. (DIN 7730)

- Prognose des Anteils Unzufriedener (Predicted Mean Vote, kurz PMV) mit Hilfe des Fanger Modells
- (Un-)Behaglichkeit durch weitere Randbedingungen
  - Zugluft
  - vertikale Temperaturunterschiede
  - warme und kalte Fußböden
  - Asymmetrie der Strahlungstemperatur
- Komfortraumtemperatur von 22°C (+/- 2 K) unter 16°C Außentemperatur AT (DIN 15251)
  - ab 32°C AT liegt Komfortraumtemperatur bei 26°C
  - dazwischen über die Gleichung θ_{Ra} = 18°C + 0.25 x AT bestimmt
- Was als behaglich wahrgenommen wird unterliegt interindividuellen Unterschieden (Karjalainen 2012, Wang et al. 2018)
- Gleichzeitig werden Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit vom Raumklima beeinflusst (Allen & Macomber, 2020)

Karjalainen, S. (2012). Thermal comfort and gender: a literature review. *Indoor Air*, *22*(2), 96-109.
Allen, J. G., & Macomber, J. D. (2020). *Healthy buildings: How indoor spaces drive performance and productivity*. Harvard University Press.
Wang, Z., de Dear, R., Luo, M., Lin, B., He, Y., Ghahramani, A., & Zhu, Y. (2018). Individual difference in thermal comfort: A literature review. *Building and Environment*, *138*, 181-193.

Gelüftet! Energiekrise und thermischer Komfort

Kontaktbasierte Klimatisierung in Fahrzeugen

- Hintergrund: Reichweitenbeschränkung von Elektrofahrzeugen, fehlende Abwärme des Verbrennungsmotors
- Nutzerzentrierte, bedarfsgerechte und fokussierte Klimatisierung durch lokale Aktuatoren
- Rechnerisch mögliche Kompensation einer unbehaglichen Lufttemperatur von 15°C nicht durch Sitzheizung allein realisierbar (Schmidt et al., 2013)
- Definition einer äquivalenten Kontakttemperatur zur Bestimmung des thermischen Komforts im Sitzkontaktbereich einer Person
- Erweiterung um Lenkradheizung und Flächenheizungen im Fußraum (Schmidt et al., 2015; 2018)

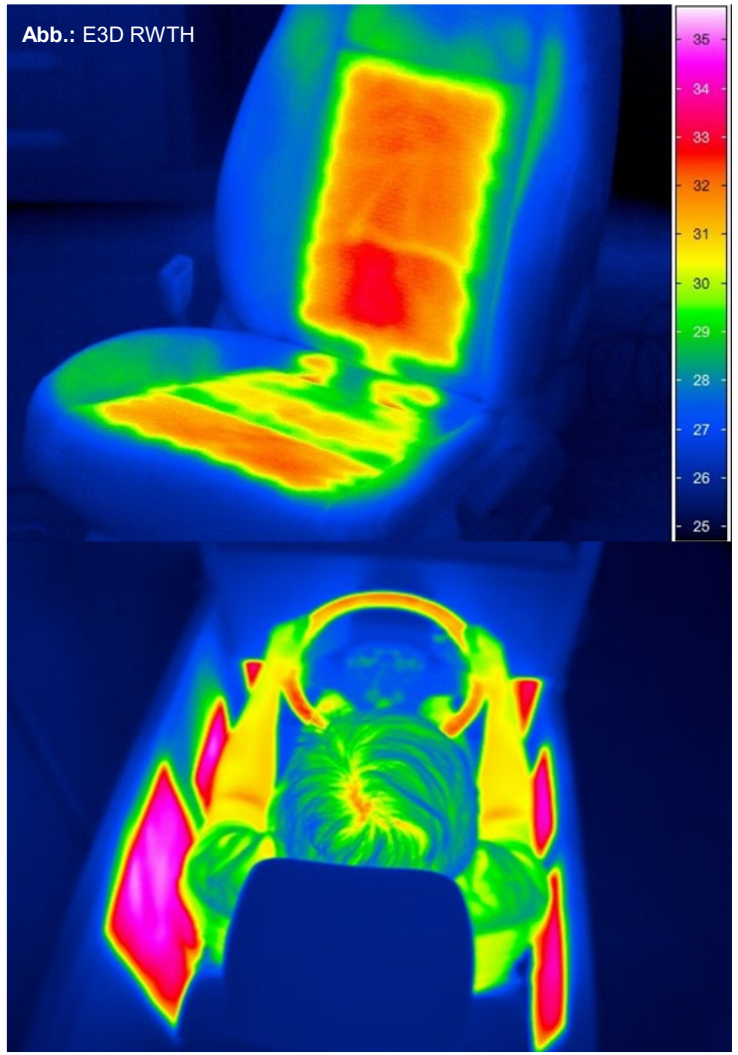


Abb.: E3D RWTH

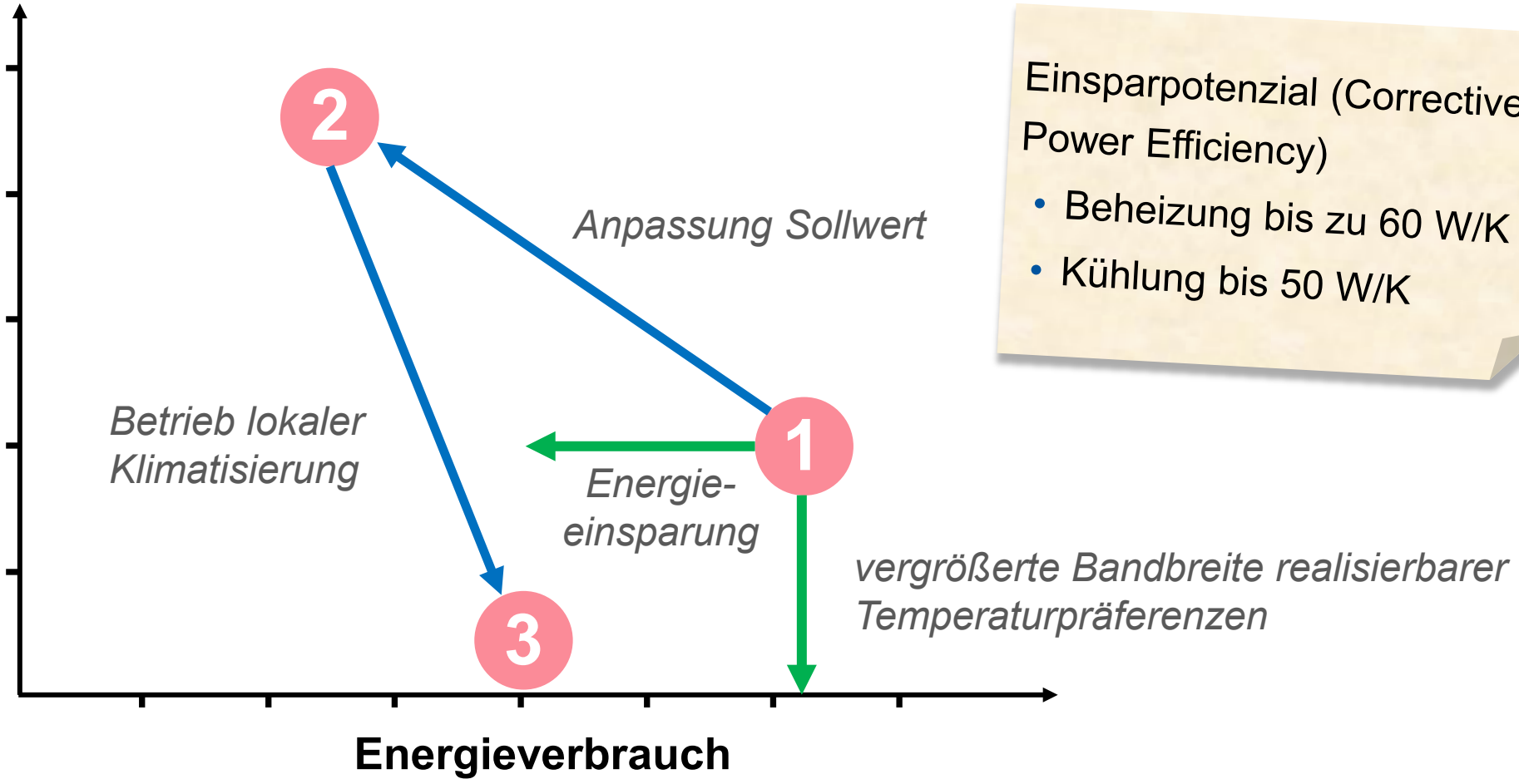
Schmidt et al.:
Untersuchung des Einflusses der Kontaktwärmeübertragung in Fahrzeugsitzen FAT Schriftenreihe 261, 2013
Kombinationseffekt von Sitzheizung und Strahlungswärmeübertragung FAT Schriftenreihe 272, 2015
Äquivalente Kontakttemperatur, FAT Schriftenreihe 314, 2018

Gelüftet! Energiekrise und thermischer Komfort

Prinzip lokaler Klimatisierung

Prozentualer Anteil Unzufriedener

PMV/PPD Modell nach Fanger – mindestens 5 % Unzufriedene



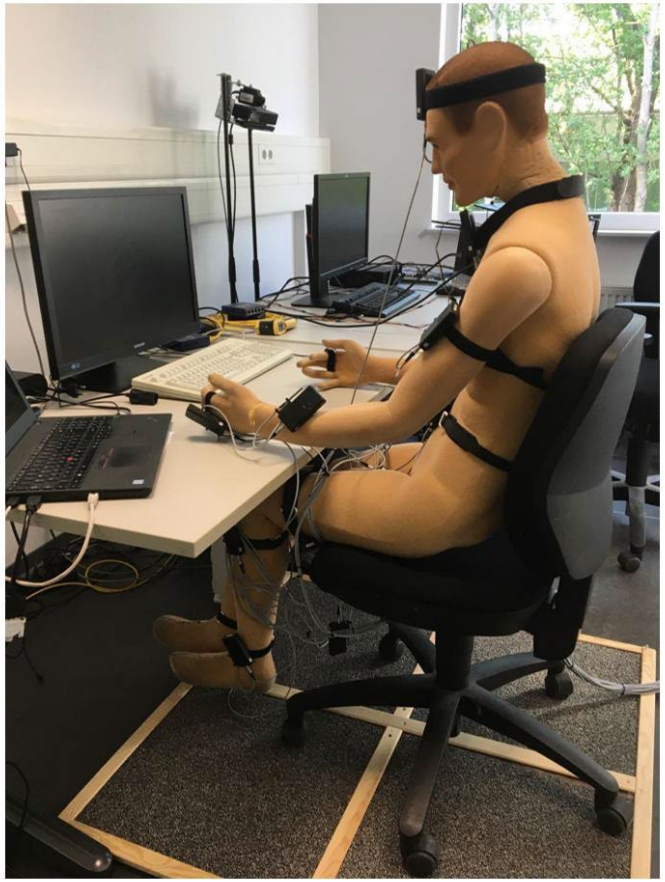
Einsparpotenzial (Corrective Power Efficiency)

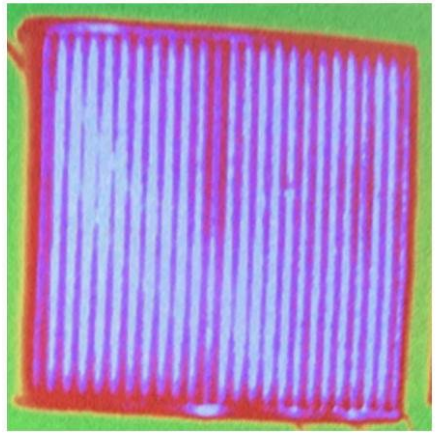
- Beheizung bis zu 60 W/K
- Kühlung bis 50 W/K

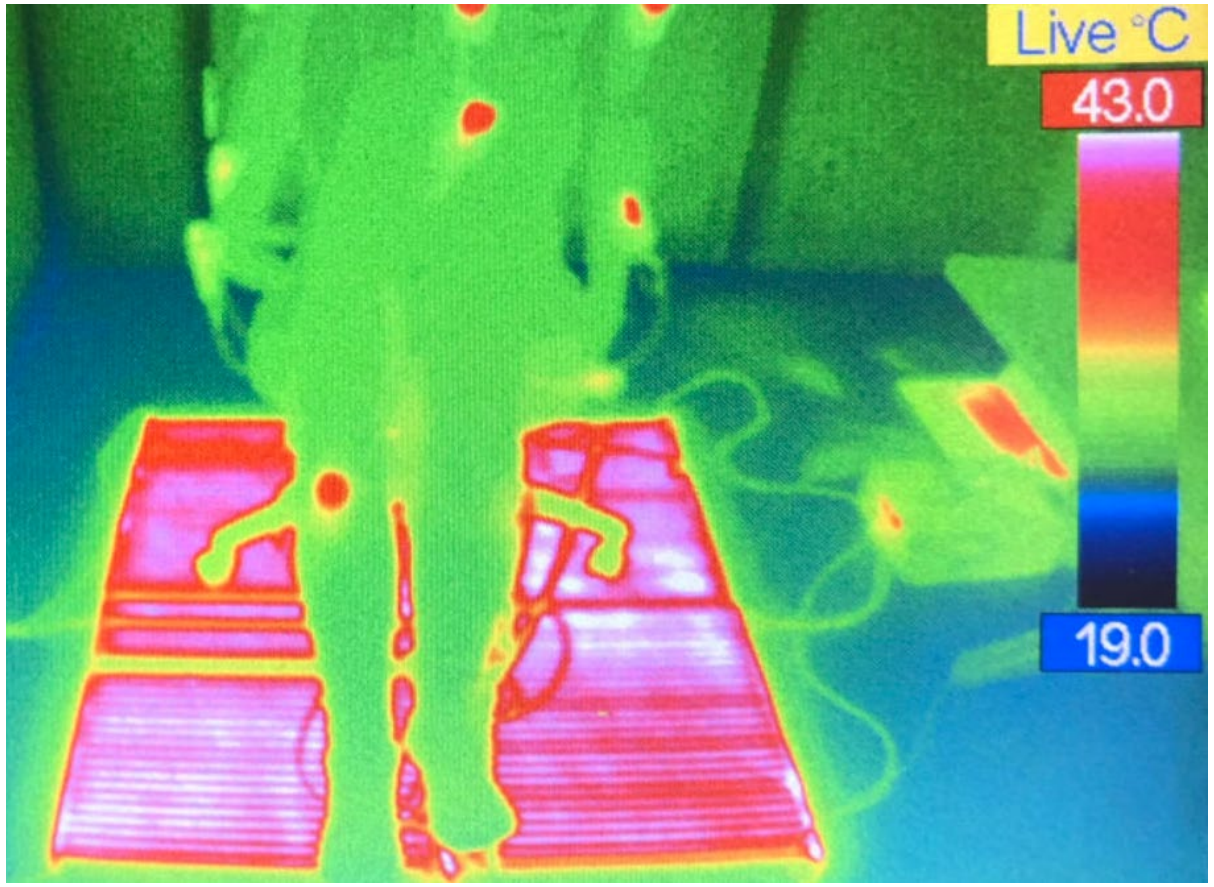
Abb. in Anlehnung an: Verhaart et al (2015). Personal heating: Effectiveness and energy use. *Building Research and Information, 43*(3) 346.
Corrective Power Efficieny: Song et al. (2022). Thermal comfort and energy performance of personal comfort systems (PCS): A systematic review and meta-analysis. *Energy and Buildings*, *256*, 111747.

Gelüftet! Energiekrise und thermischer Komfort

Beheizbare Teppichfliese



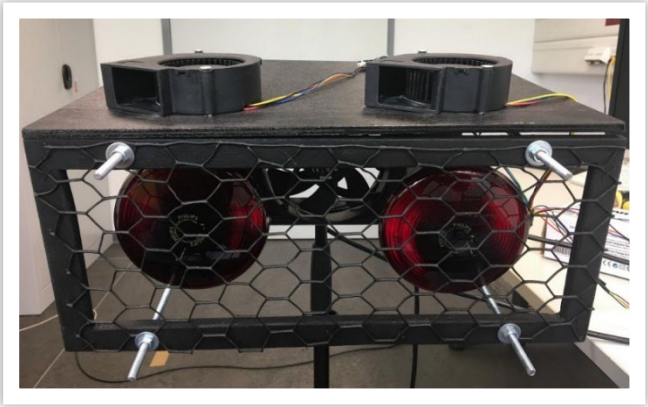


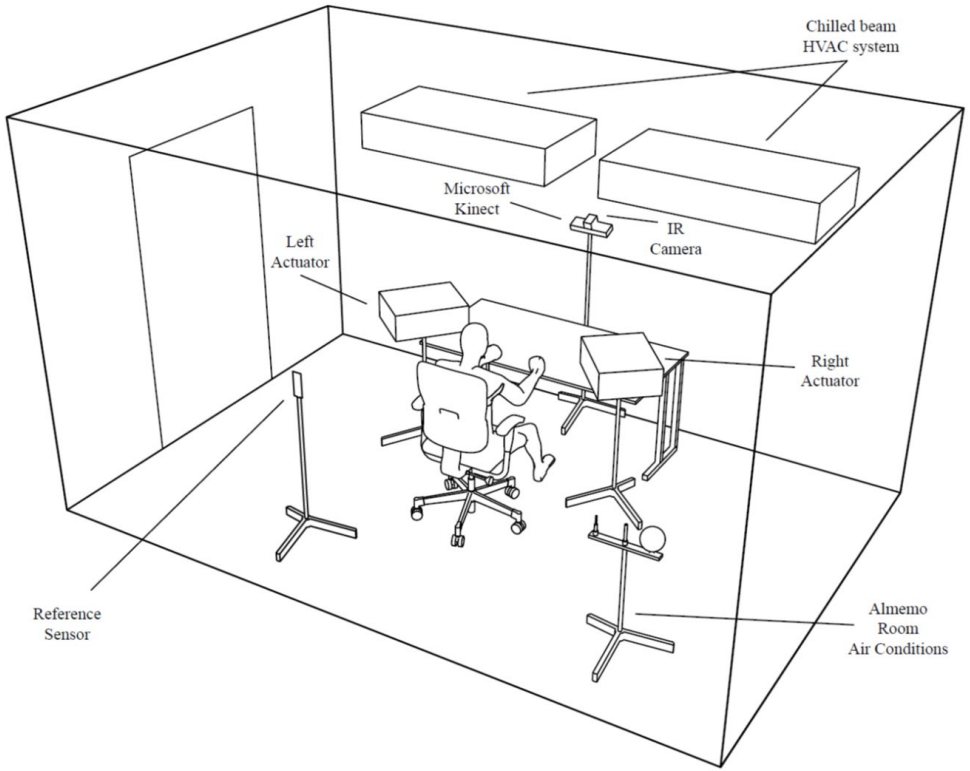


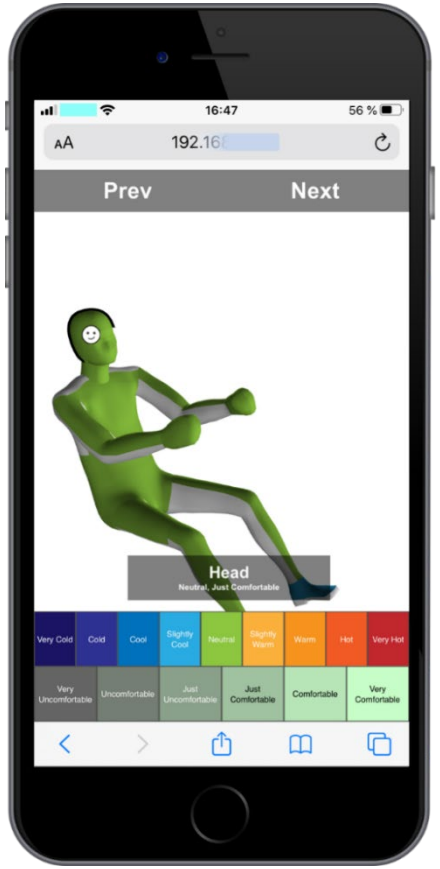
Erhöhung der Lufttemperatur von 6°C (Fußbereich) bis 1.5°C (Oberschenkelbereich)
bei maximaler Leistung von 80 W pro Heizfliese

Gelüftet! Energiekrise und thermischer Komfort

ThermControl: Modulare Infrastruktur







Metzmacher et. al. (2021) Lokale Klimatisierung mit thermischem Komfort als Regelgröße. *HLH 72*, 44-48.

Gelüftet! Energiekrise und thermischer Komfort

Bürostuhl und Flächenheizelemente

- Studie Winter 2023 unter 19°C Bedingung (EnSikuMaV)
- Experimental- und Kontrollgruppe, Wiederholungsbefragung zu thermischem Komfort an fünf Tageszeitpunkten
- Stromverbräuche: Stuhl max. 30 W, Infrarotheizplatten max. 115-150 W

Gelüftet! Energiekrise und thermischer Komfort

Fazit

Potenzial der lokalen Klimatisierung

- Energieeinsparung durch Fokussierung von Heizung und Kühlung bei gelichzeitiger Sollwertanpassung
- Bessere Berücksichtigung individueller Präferenzen (größere Spannbreite)
- Förderliche Wirkung des Raumklimas auf Zufriedenheit und Produktivität

Hürden einer flächendeckenden Implementierung

- Vielzahl an erprobten Systemen und Konstellationen, wenig Standardisierung
- Integration in bestehende Systeme aufwendig
- Fehlende Berücksichtigung in Normenlandschaft, was lokale Klimatisierung noch zu einem Wagnis bei der Planung macht