

Institut für Energietechnik
Professur für Gebäudeenergietechnik und Wärmeversorgung

Markus Arendt, André Kremonke, Clemens Felsmann

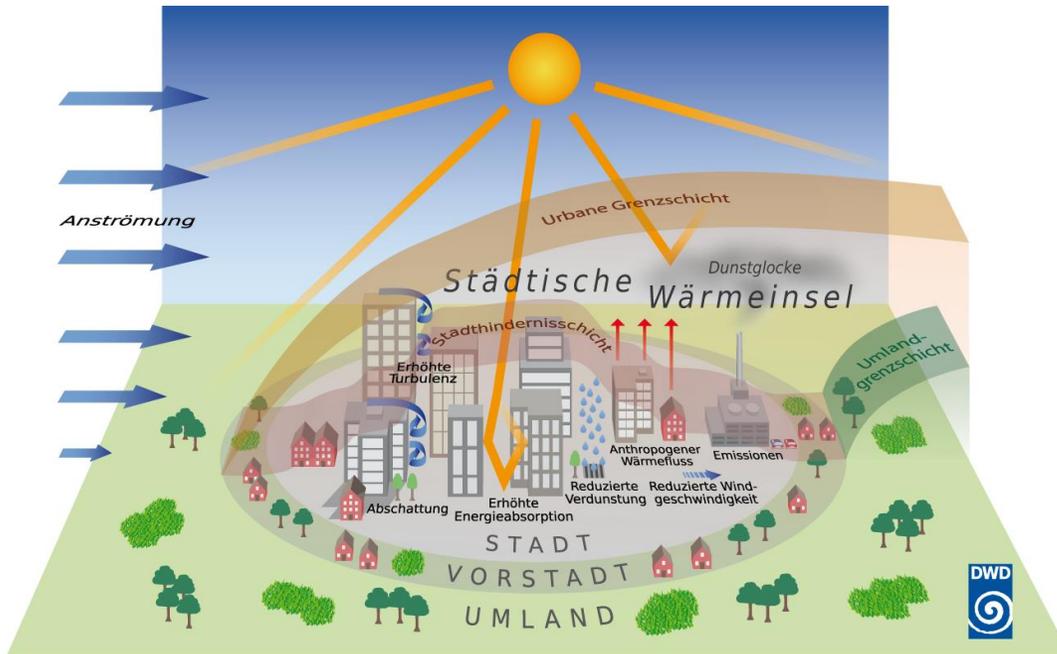
KUEHA – Kühlen mit der vorhandenen Heizungsanlage

Deutsche Kälte- und Klimatagung 2020 (DKV-Tagung)

19.-20.11.2020, online

Motivation

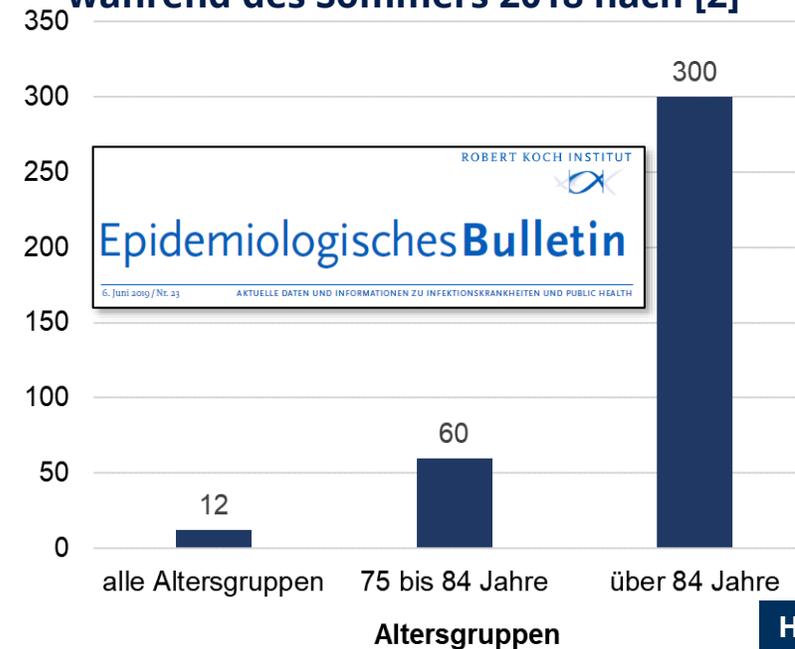
Städtische Wärmeinseln: Überlagerung der Folgen des Klimawandels durch zusätzliche anthropogene Einflüsse



Anthropogene Einflüsse auf das Stadtklima [1]

Hitzebedingte Sterbefälle in Berlin und Hessen während des Sommers 2018 nach [2]

Mortalität je 100.000 Einwohner



...in 2003
70.000 Hitzeopfer
in Europa... Quelle [4]

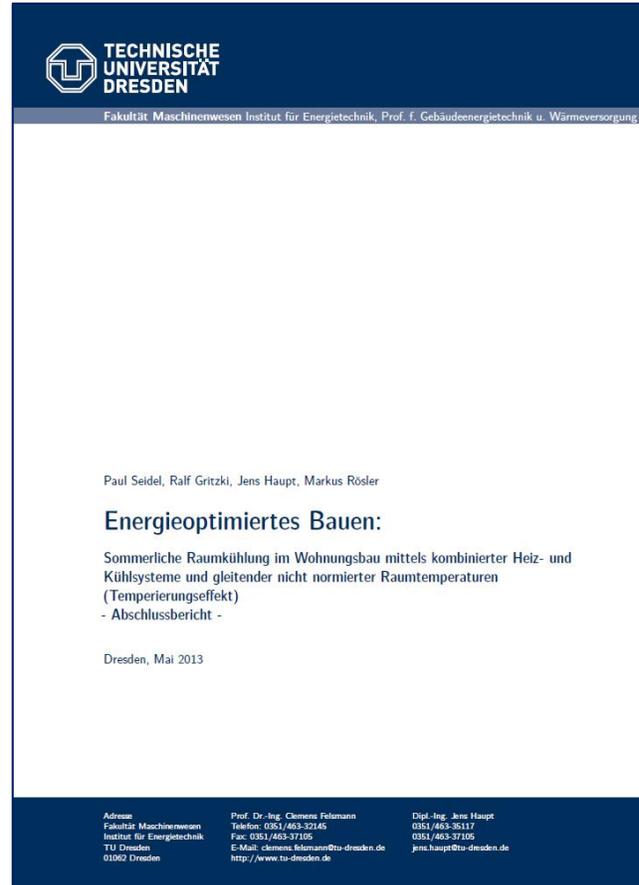
| Hitzebedingte Sterbefälle in Deutschland [3] | |
|----------------------------------------------|------|
| 2003 | 7600 |
| 2006 | 6200 |
| 2015 | 6100 |

Motivation

KUEHA - Praxisüberführung theoretischer Voruntersuchungen



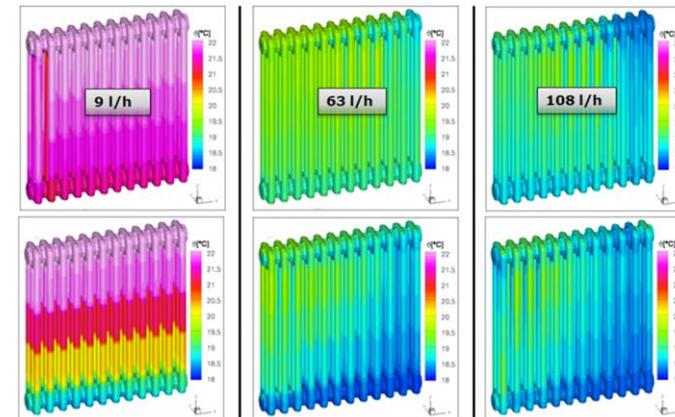
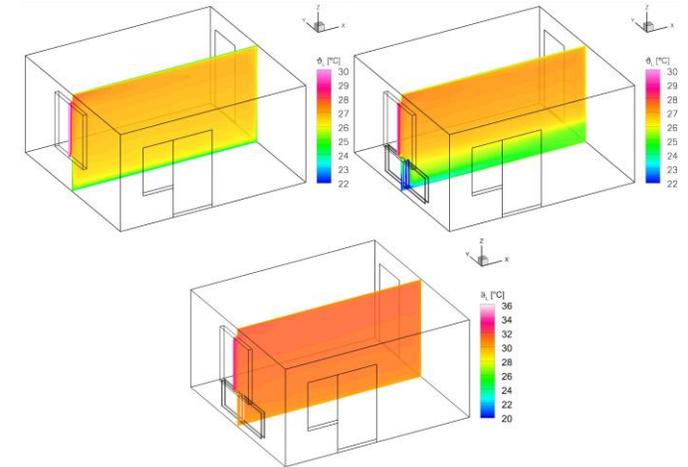
Quelle: [6]



Quelle: [7]

gekühlter Fußboden

gekühlter Heizkörper



Vorlaufanschluss

oben

unten

Methodik - Felderprobung

**Pilot- und Demonstrationsanlage
„Merkel-Bau“**



KUEHA+Vergleichssysteme

**Pilotanlage
„Walther-Hempel-Bau“**



KUEHA+Kälteauskopplung (KKM)

**Feldtestanlage
„EFH-1“**



Kälteauskopplung (Sole)

**Feldtestanlage
„Dreiseitenhof“**



KUEHA+Kälteauskopplung (Grundwasser)

**Feldtestanlage
„Fröttstädt“**



KUEHA+Vergleichssysteme
(Kühlung und Kältebereitstellung)

**Vergleichsanlage
„BZW“**



Vergleichssysteme Kühldecke + KKM

**Vergleichsanlage
„APB“**

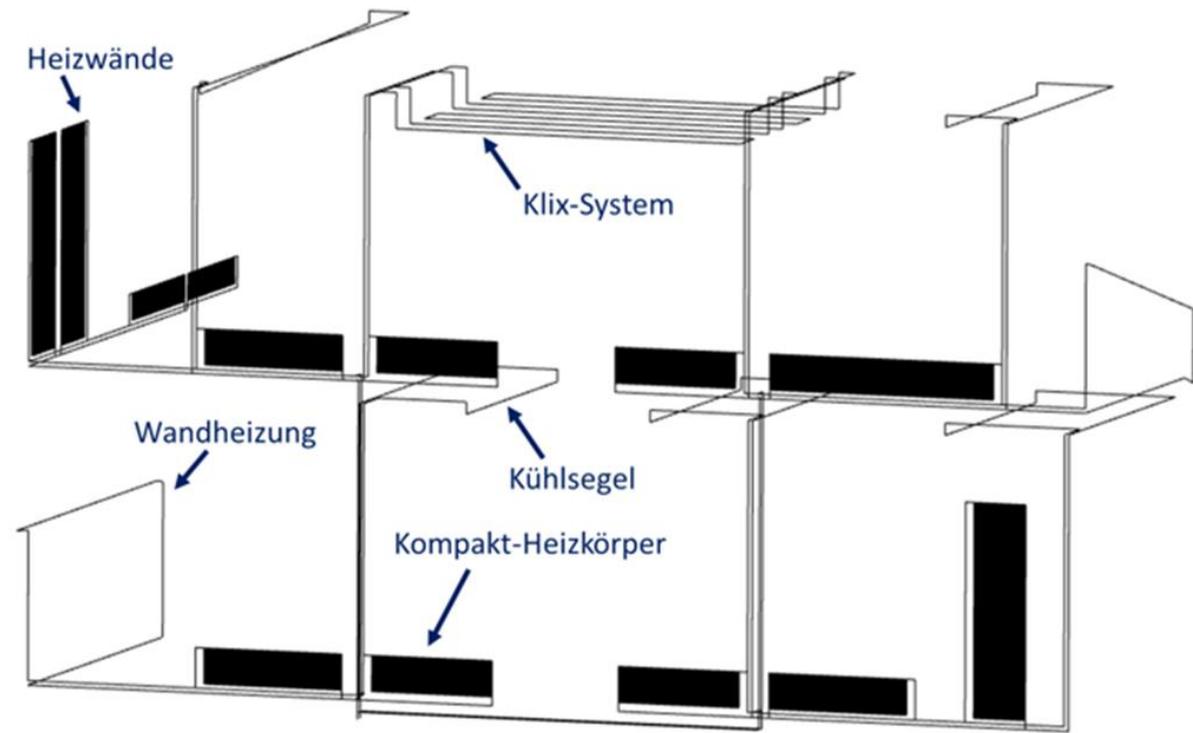
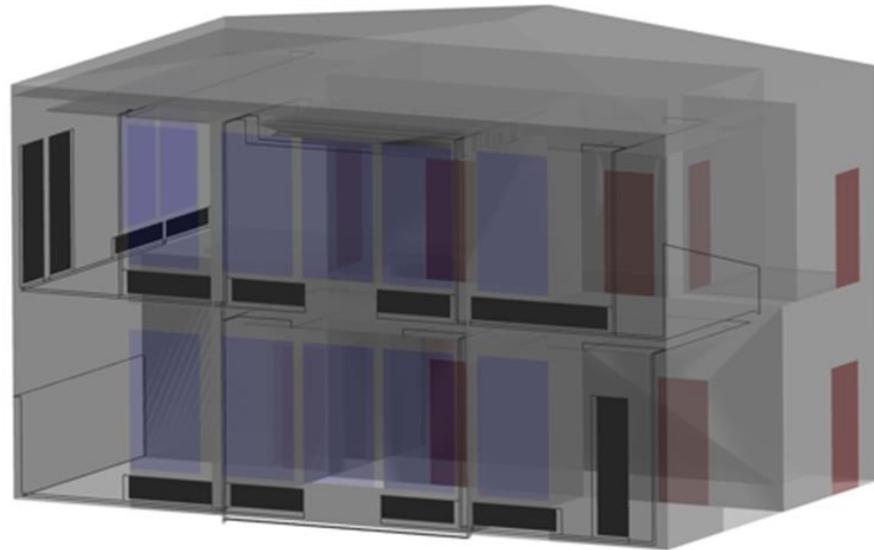


ungekühlter Vergleichsfall

Methodik - Simulation

Anlagen- und Gebäudesimulation mit TRNSYS-TUD [8]

Beispiel: Pilot- und Demonstationsanlage „Merkel-Bau“



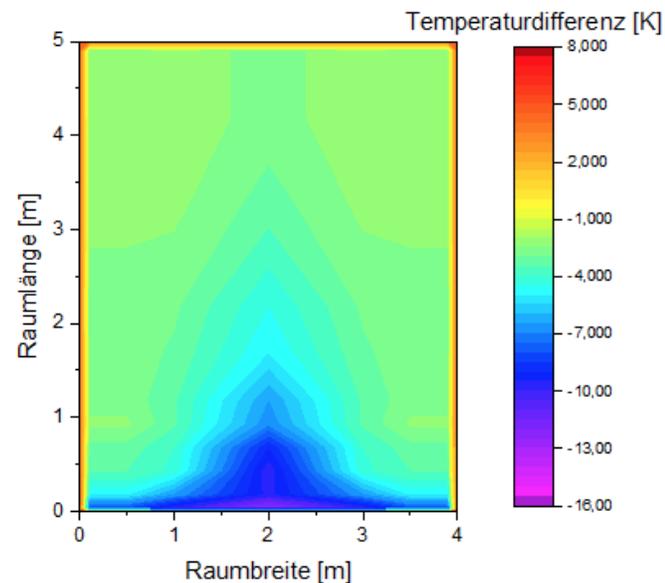
Methodik – Laboruntersuchungen / analytische Untersuchungen



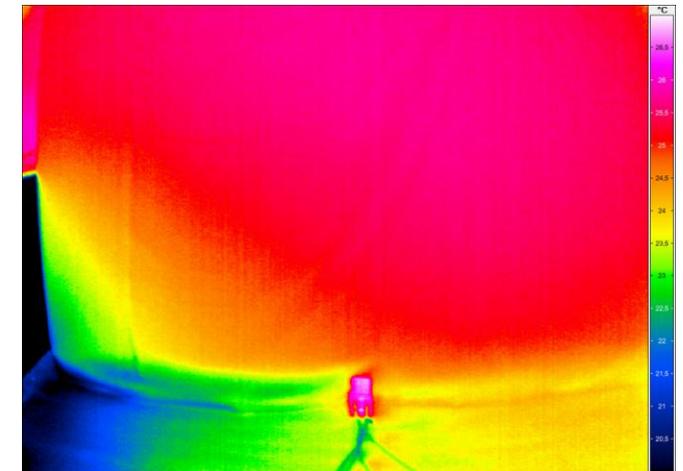
Klimaraum [9]

→ Modellerstellung für die Anlagen- und Gebäudesimulation

- Heizflächenumströmung
- Kaltluftsee
- Wasserdampfbilanz der Raumluft



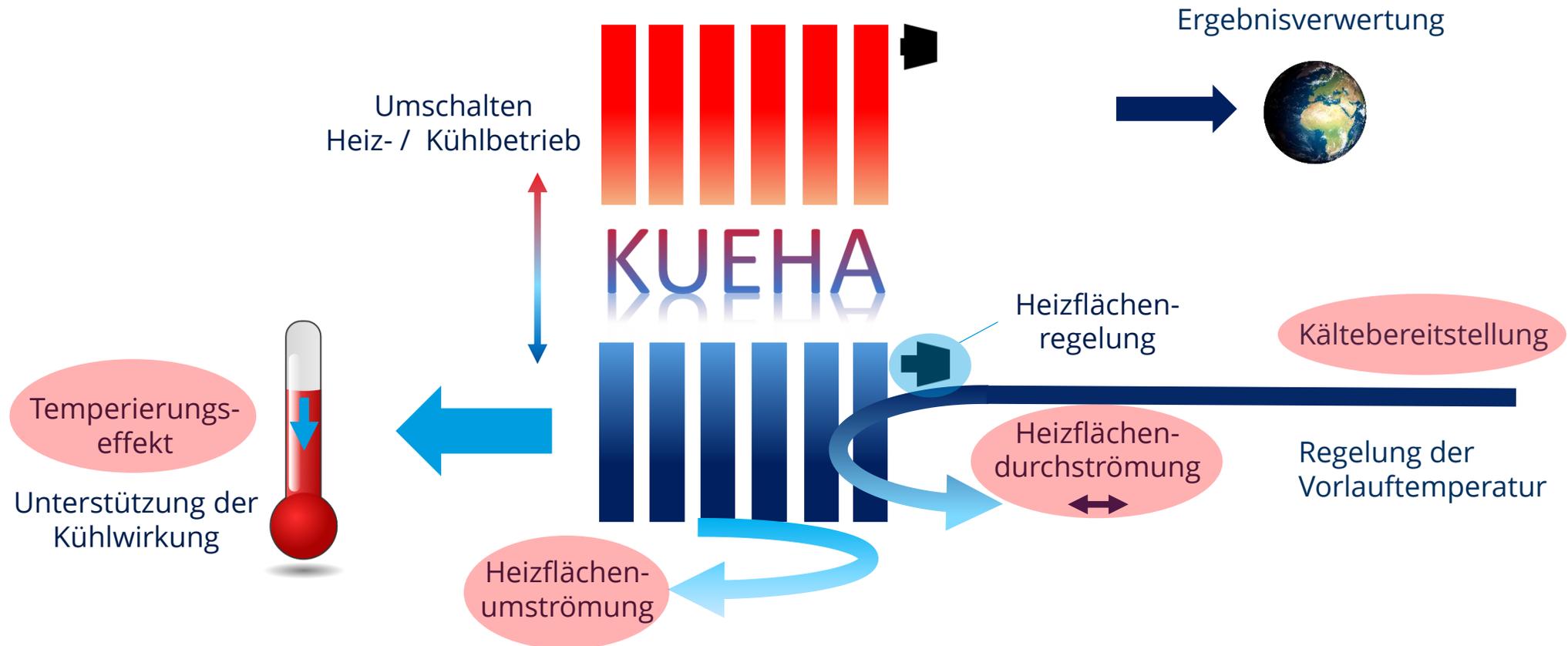
Beispiel: 3D-Erfassung der Lufttemperaturverteilung [10]



Beispiel: Thermografieaufnahme der Lufttemperaturverteilung vor einem gekühlten Heizkörper über ein aufgespanntes Gaze-Tuch [10]

Schwerpunkte

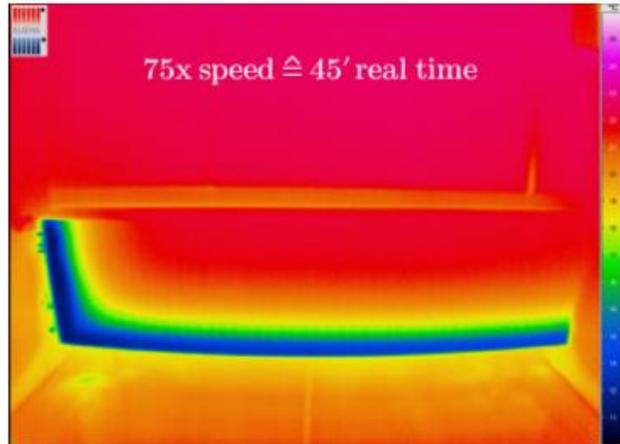
EnOB: KUEHA - Erprobung und Demonstration einer neuartigen Systemlösung zur sommerlichen Raumkühlung unter besonderer Berücksichtigung von Energieeffizienz und Praxistauglichkeit



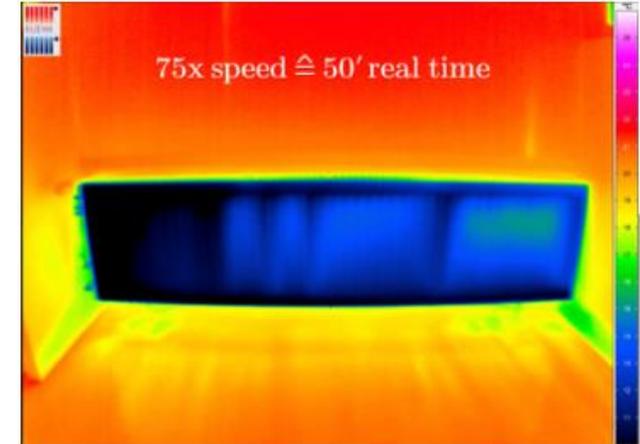
Heizflächendurchströmung

Oberer Kaltwassereintritt

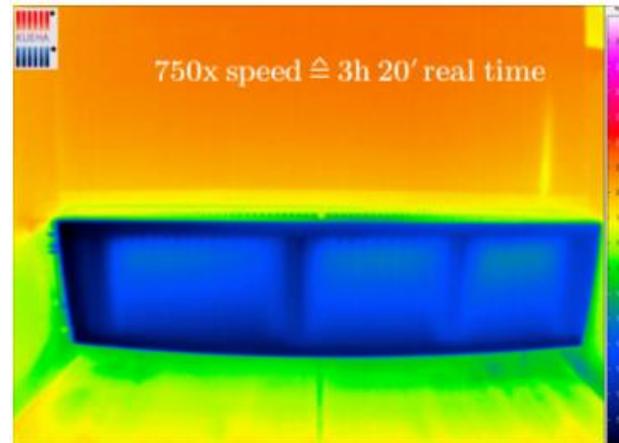
parallel durchströmter Heizkörper
50 l/h



parallel durchströmter Heizkörper
150 l/h



seriell durchströmter Heizkörper
50 l/h



Vermeidung einer Kurzschlussströmung durch Umkehr der Strömungsrichtung

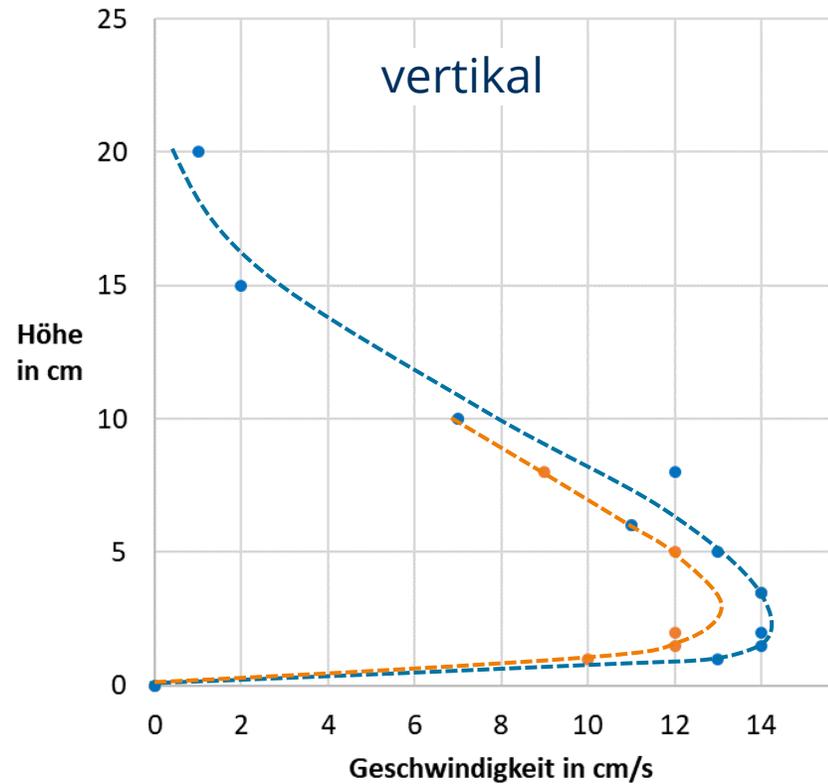


keine Kurzschlussströmung bei geringem Massestrom

Quelle: [10]

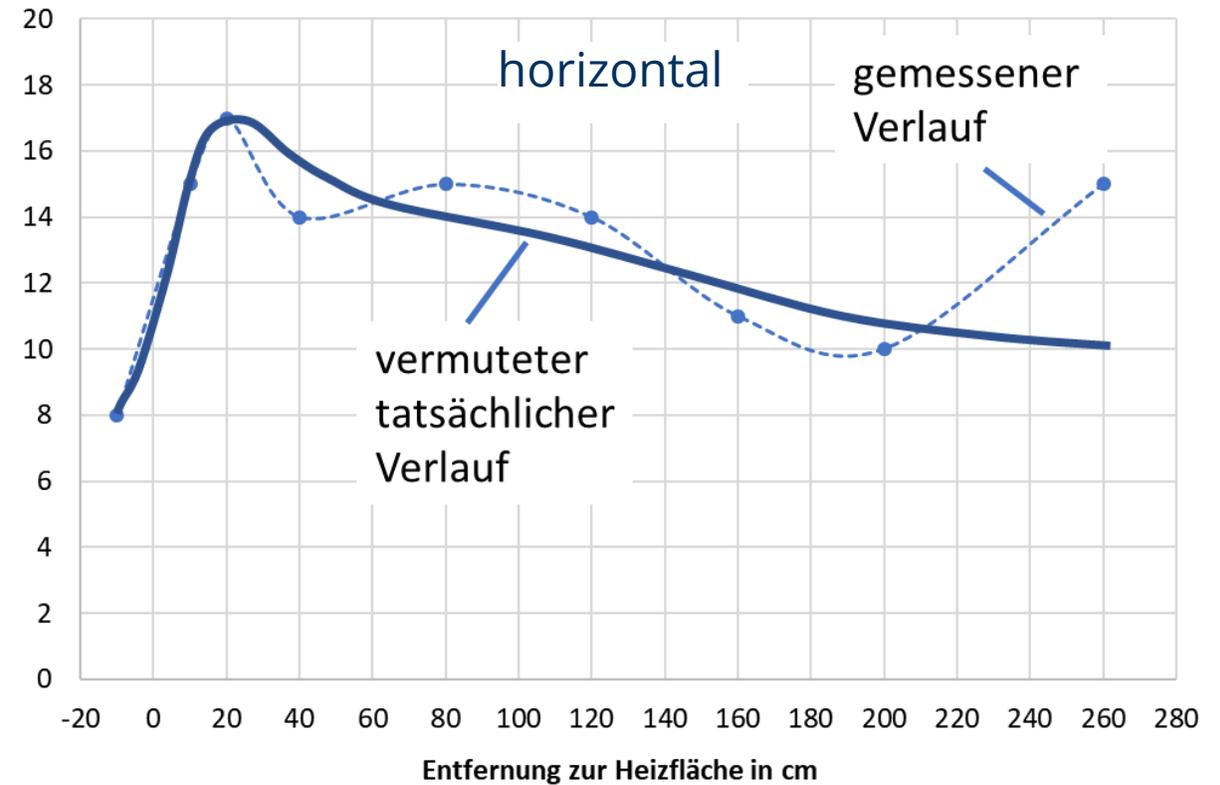
Heizflächenumströmung

Luftgeschwindigkeitsverteilung



- Entfernung zur Heizfläche: 40 cm
- Entfernung zur Heizfläche: 100 cm

Luftgeschwindigkeit
35 mm über dem
Fußboden in cm/s

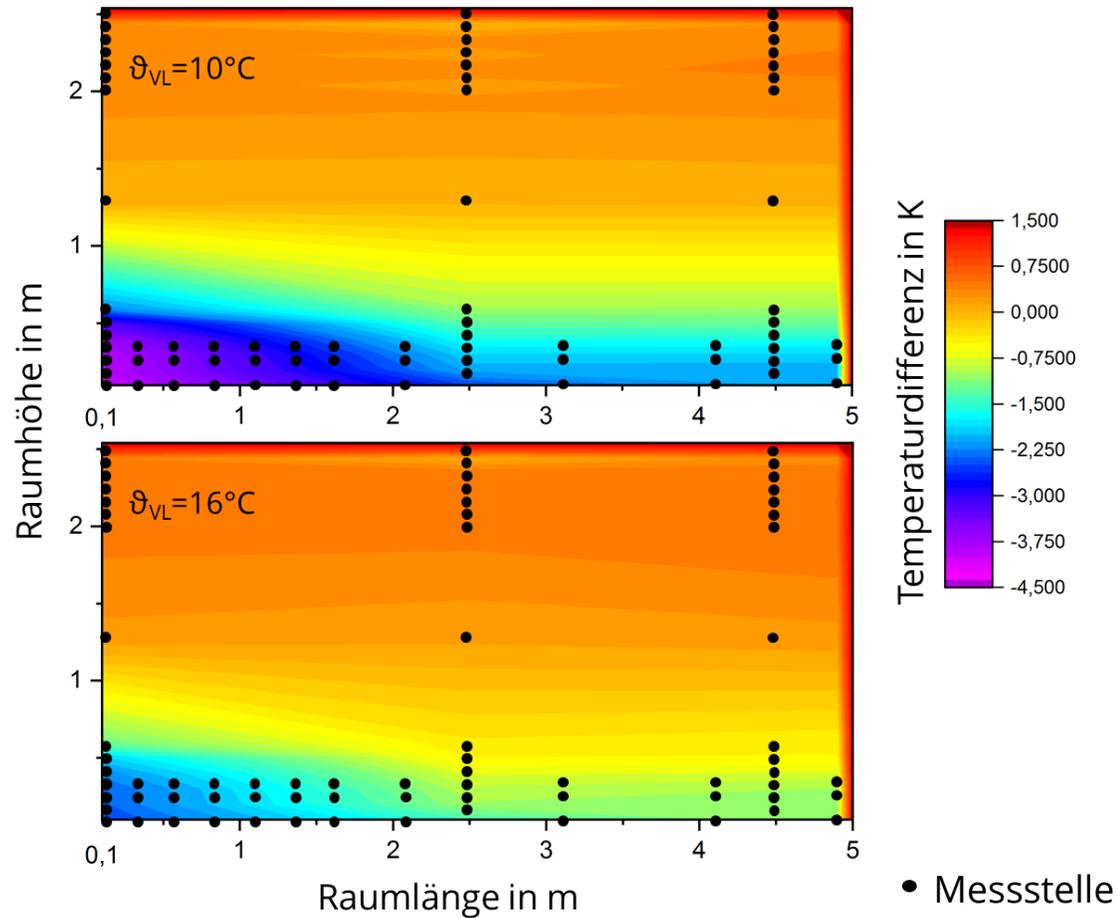


Quelle: [10]

Heizflächenumströmung

Ausbildung eines Kaltluftsees

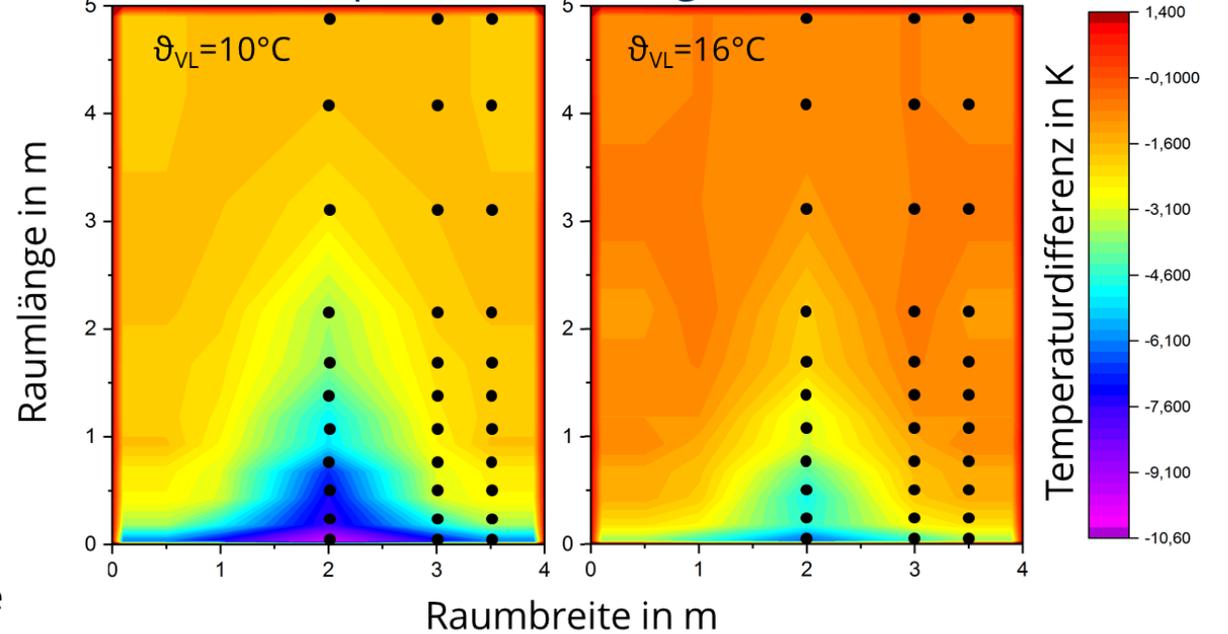
Temperaturverteilung in Raummitte



Klimaraummessung (verschiedene Vorlauftemperaturen)

- Deutlicher Temperierungseffekt
- Verbesserung der thermischen Behaglichkeit durch den Kaltluftsee

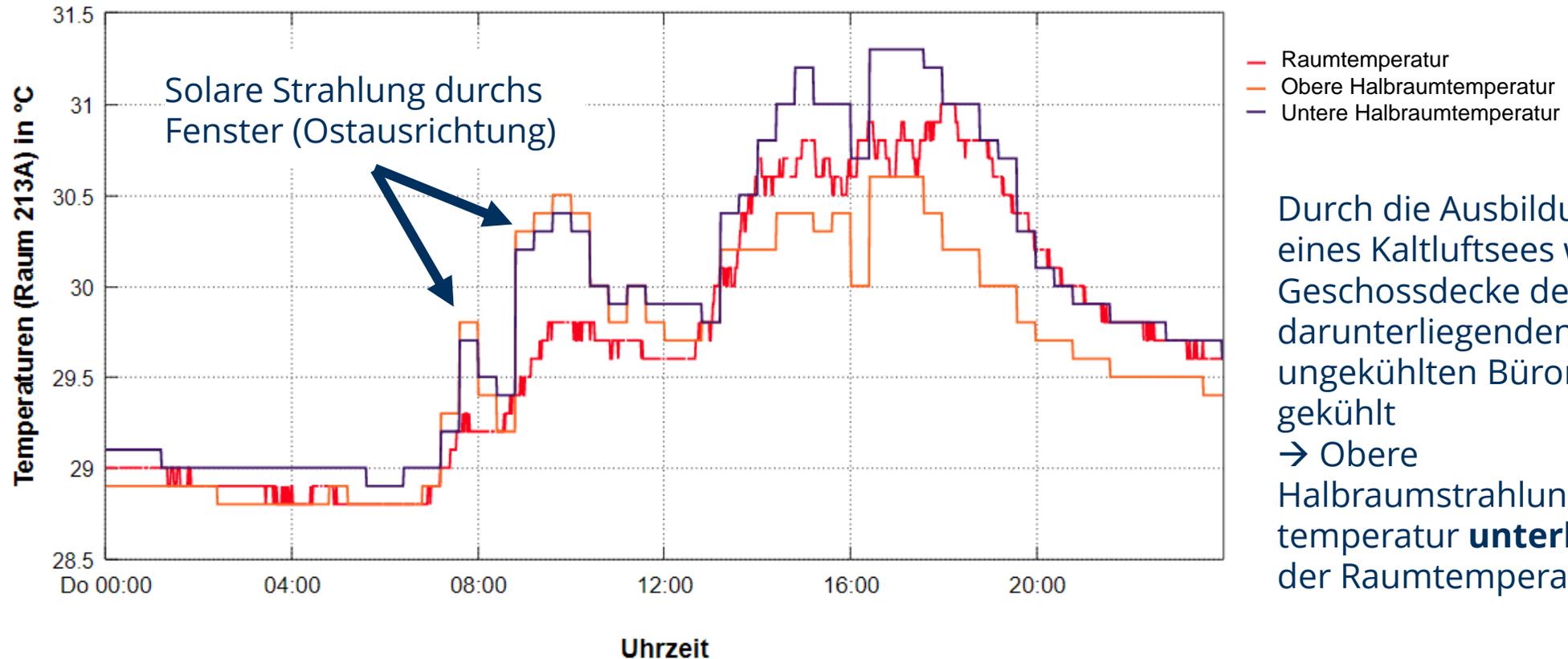
Temperaturverteilung am Boden



Temperierungseffekt

Einfluss eines gekühlten Raumes auf den darunterliegenden ungekühlten Büroraum

Raum- und Strahlungstemperaturen (Raum 213A)

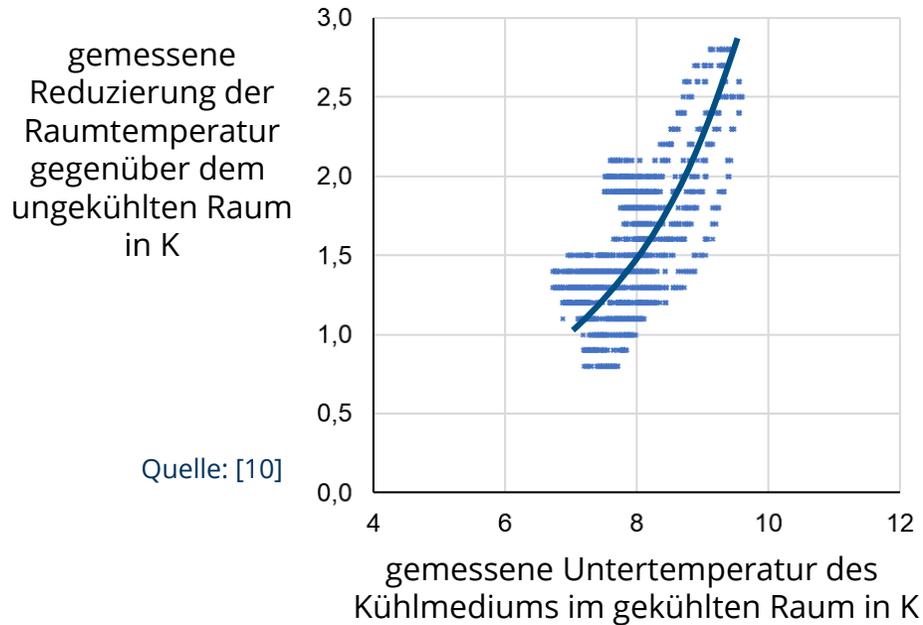


Durch die Ausbildung eines Kaltluftsees wird die Geschosdecke des darunterliegenden ungekühlten Büroraumes gekühlt
→ Obere Halbraumstrahlungstemperatur **unterhalb** der Raumtemperatur

Temperierungseffekt

Anlage „Fröttstädt“

Auswertung Kühlperiode 2018

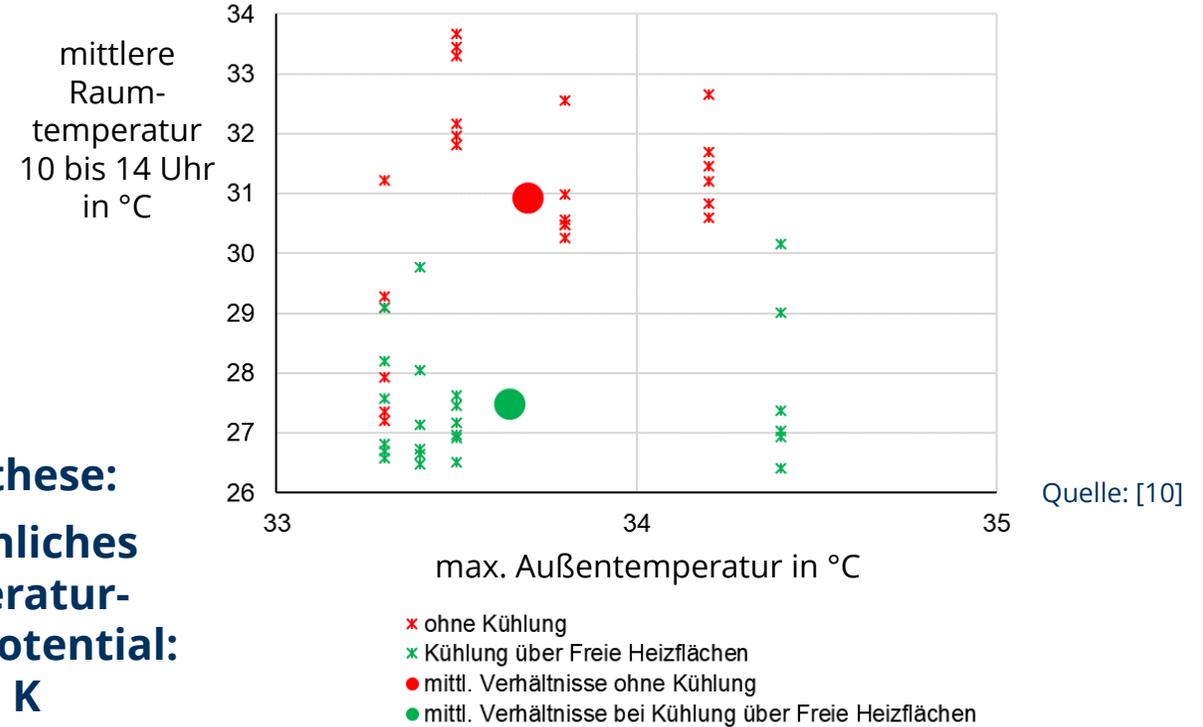


**Hypothese:
tatsächliches
Temperatur-
absenkpotential:
> 3 K**

**Pilotversuch mit nahezu identischen Räumen
bei (zu) hoher Vorlauftemperatur**

Anlage „Merkel-Bau“

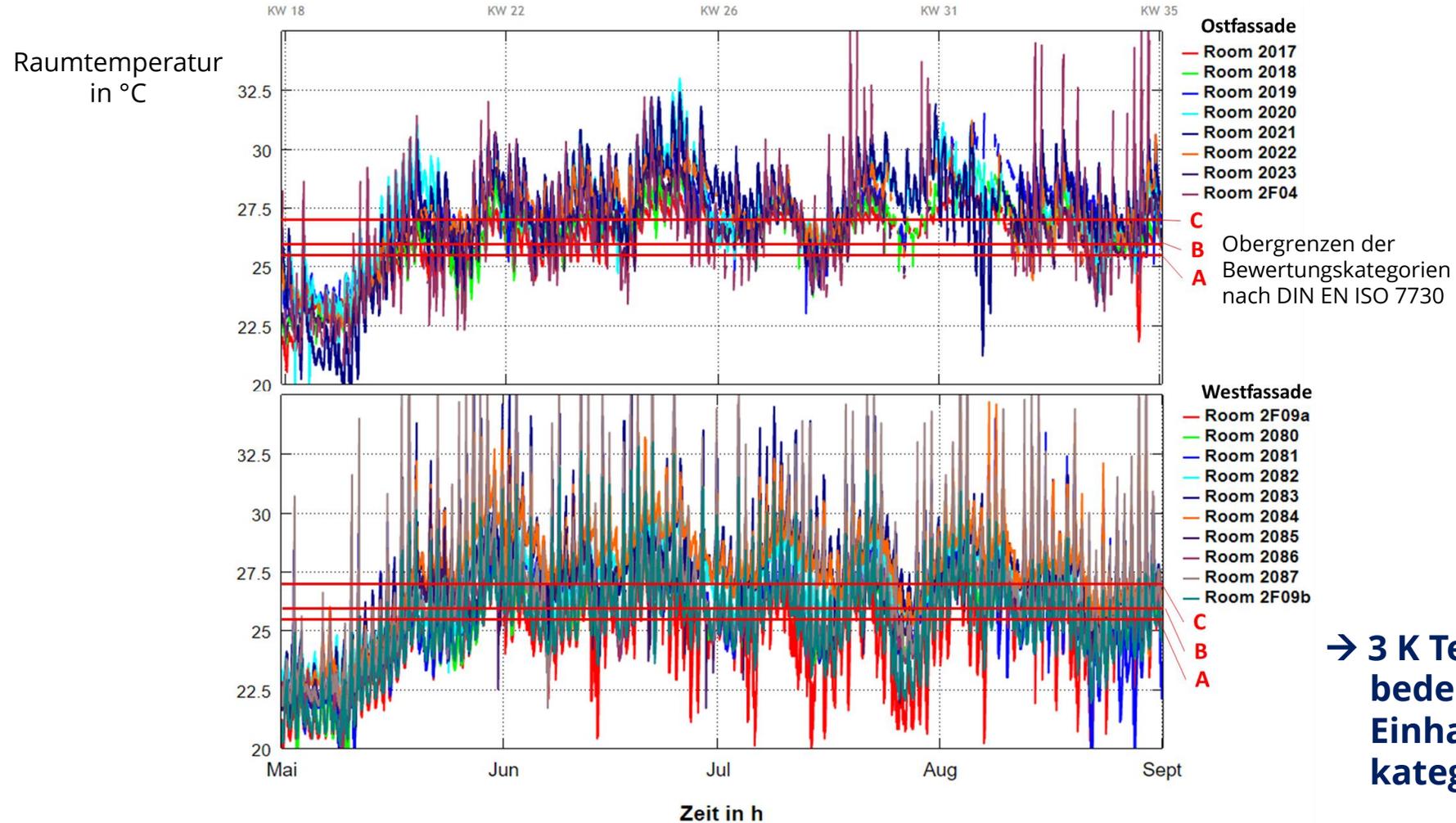
Auswertung Kühlperiode 2018, 2019
Bereich mit sehr hohen Wärmebelastungen



**aufeinanderfolgende Vergleichsversuche
→ eingeschränkte Möglichkeit zur
Berücksichtigung von Einschwingphasen**

Temperierungseffekt

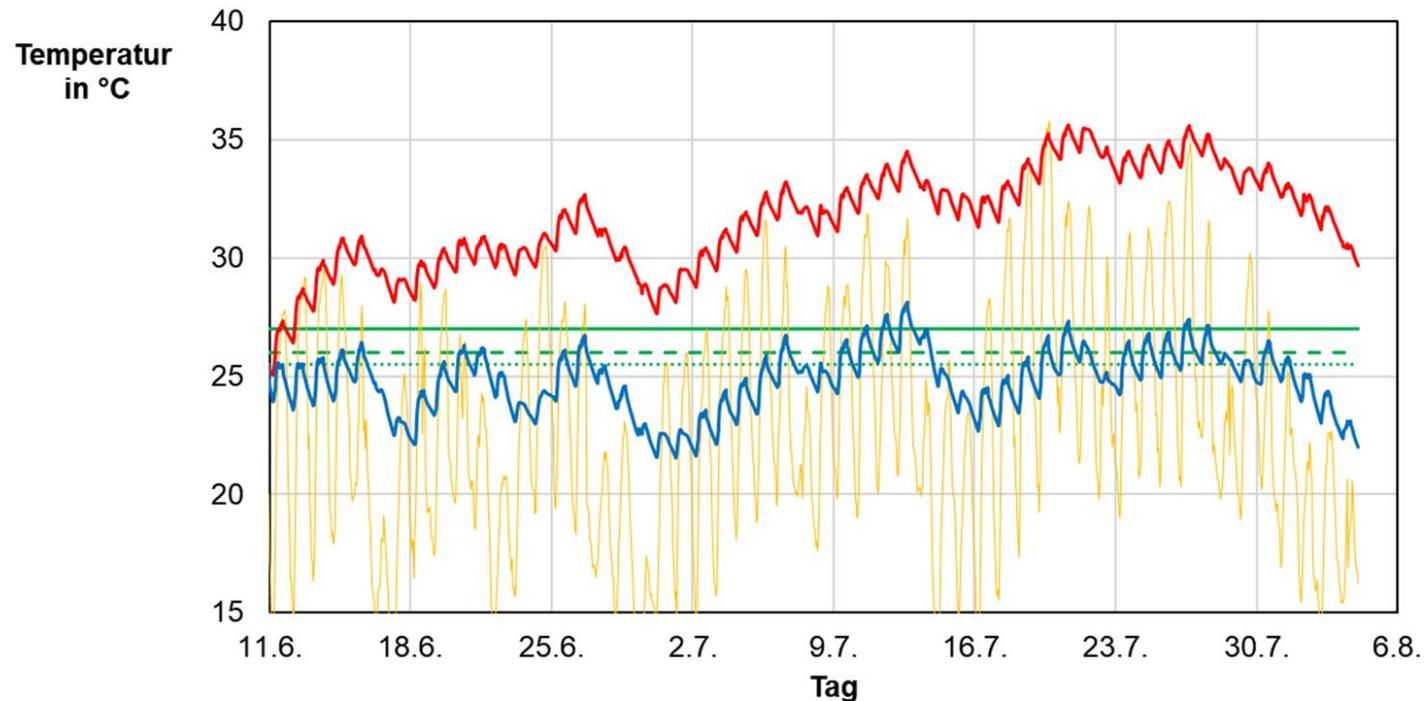
Ausgangssituation in einem Universitätsgebäude



→ 3 K Temperaturabsenkung
bedeutet hier mindestens die
Einhaltung der Bewertungs-
kategorie „C“ !

Temperierungseffekt

Simulation einer Feldtestanlage mit dem örtlichen Testreferenzjahr für Extremsommer



..... Kategorie A
- - - - - Kategorie B
- - - - - Kategorie C
- - - - - Außentemperatur
- - - - - Raumtemp. ohne Kühlung
- - - - - Raumtemp. bei Kühlung über Freie Heizflächen
Die Raumtemperatur in jedem Zeitschritt (3 Min.) entspricht dem Mittelwert über alle Büroräume Behaglichkeitskategorien nach DIN EN ISO 7730

Ohne Kühlung:

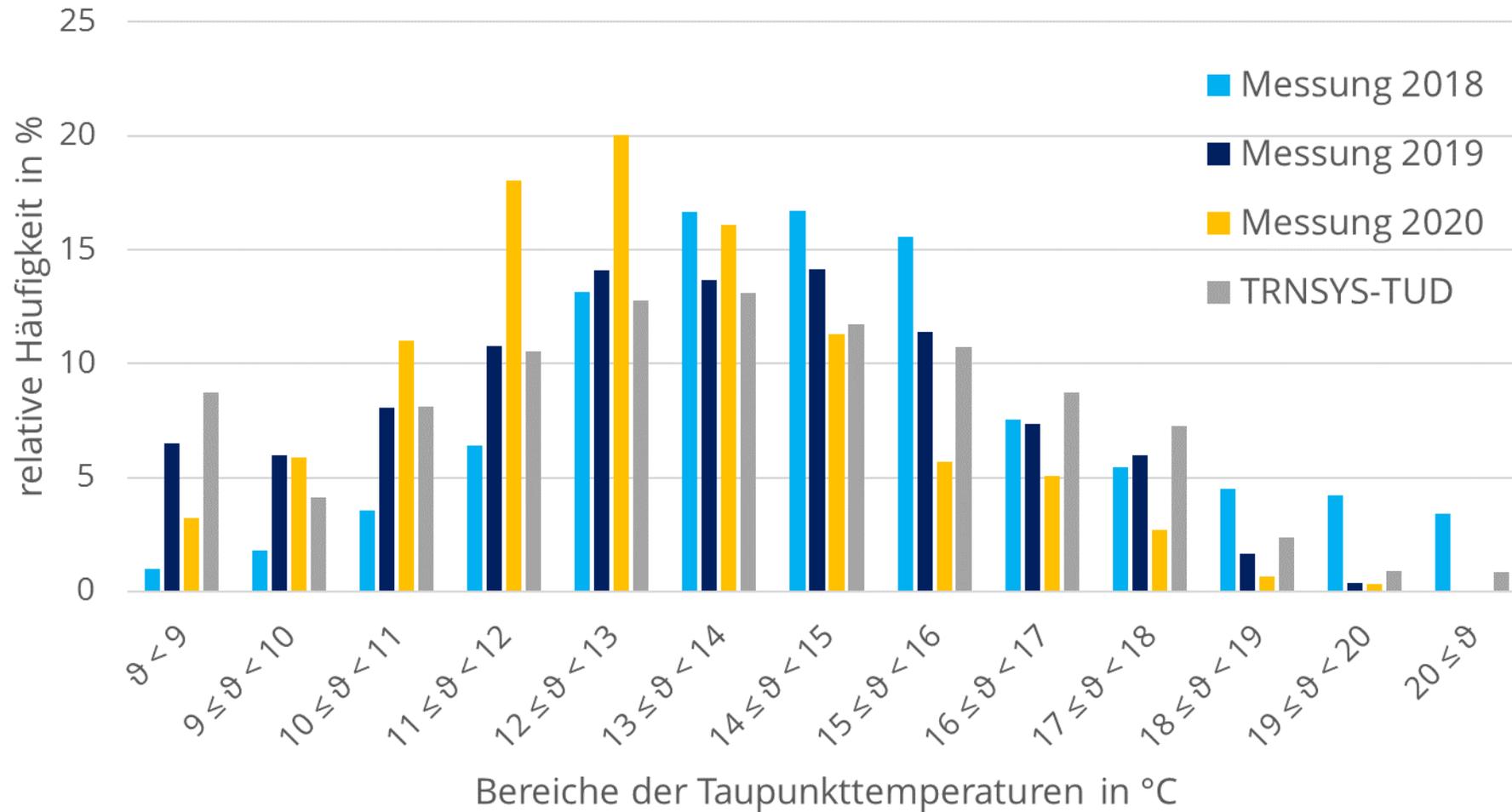
- ansteigendes Niveau der Raumtemperatur
- Die Behaglichkeitskategorie „C“ wird permanent überschritten.

Mit Kühlung über Freie Heizflächen:

- gleichbleibendes Niveau der Raumtemperatur (Temperierung)
- Die Behaglichkeitskategorie „C“ wird nur kurzzeitig erreicht oder überschritten.
- größere Amplitude der Raumtemperatur im Tag- / Nachtwechsel (Aktivierung thermischer Speichermassen)
- Das Absenkpotential in der Einschwingphase entspricht der gemessenen Größenordnung.

Kältebereitstellung

Mögliche Vorlauftemperaturen des Kühlmittels (Pilotanlage „Merkel-Bau“)



Fazit

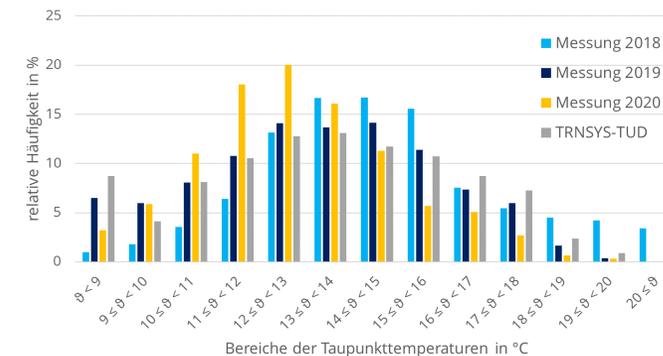
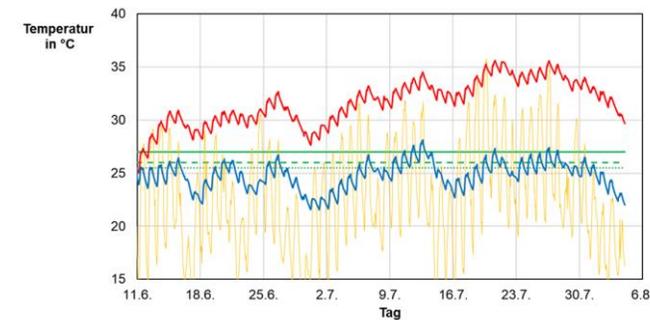
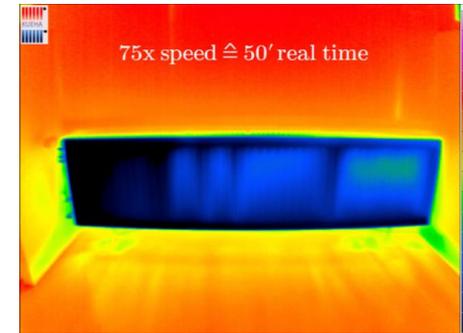
Keine Veränderung der Durchflussrichtung in der Heizungsanlage nötig, wenn der Auslegungsvolumenstrom erreicht wird

Temperaturabsenkungspotential:

→ Kurzfristig (eine Woche) um 3 K

→ Langfristig (komplette Kühlperiode) bis zu 8 K

Leistungssteigerung über niedrige Vorlauftemperaturen (Regelung nach Taupunkt)



Referenzen

- [1] DWD – Deutscher Wetterdienst, „Die Städtische Wärmeinsel“, [Online] Available: https://www.dwd.de/DE/forschung/klima_umwelt/klimawirk/stadt/pl/projekt_waermeinseln/projekt_waermeinseln_node.html. [Zugriff am 30.01.2020]
- [2] Robert Koch-Institut, „Epidemiologisches Bulletin Nr. 23“, ISSN (Online) 2596-5266, 6. Juni 2019.
- [3] M. an der Heiden, S. Muthers, H. Niemann, U. Buchholz, L. Grabenhenrich, A. Matzarakis: „Schätzung hitzebedingter Todesfälle in Deutschland zwischen 2001 und 2015“, *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz Ausgabe 5/2019*, 2019.
- [4] J-M. Robine, S. L. Cheung, S. Le Roy, H. Van Oyen, F.R. Herrmann: „Report on excess mortality in Europe during summer 2003 (EU Community Action Programme for Public Health, Grant Agreement 2005114)“, 28 February 2007.
- [5] J. Wasem, A-K. Richter, S. Schillo: „Untersuchung des Einflusses von Hitze auf Morbidität“ – Abschlussbericht, Universität Duisburg-Essen, Lehrstuhl für Medizinmanagement, FKZ 2516FSB507, 2018.
- [6] W. Richter: „Handbuch der thermischen Behaglichkeit – Sommerlicher Kühlbetrieb“, ISBN 978-3-88261-068-0, 2007.
- [7] P. Seidel, R. Gritzki, J. Haupt, M. Rösler: „Sommerliche Raumkühlung im Wohnungsbau mittels kombinierter Heiz-/Kühlsysteme und gleitend nicht normierter Raumtemperaturen (Temperierungseffekt)“, Forschungsbericht BMWi FKZ 0327483A, TU Dresden, 2013
- [8] A. Perschk, „Gebäude- und Anlagensimulation – Ein „Dresdner Modell“, *Gesundheitsingenieur*, August. Nr. 4 2010
- [9] J. Seifert, B. Oschatz, L. Schinke, A. Buchheim, S. Paulik, M. Beyer, B. Mailach: Instationäre, gekoppelte, energetische und wärmephysiologische Bewertung von Regelungsstrategien für HLK-Systeme. Forschungsbericht. TU Dresden. 2016
- [10] M. Arendt, L. Haupt, A. Kremonke, A. Perschk, C. Felsmann: „EnOB: KUEHA – Erprobung und Demonstration einer neuartigen Systemlösung zur sommerlichen Raumkühlung unter besonderer Berücksichtigung von Energieeffizienz und Praxistauglichkeit“, zweiter Zwischenbericht, FKZ 03ET1461A, 2019

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Informationen zum Projekt:

<https://tu-dresden.de/mw/kueha>



»Wissen schafft Brücken.«

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Förderkennzeichen: 03ET1461AF

Projektpartner:



STAATSBETRIEB IMMOBILIEN-
UND BAUMANAGEMENT
SIB

