

KUEHA: Kühlen mit der vorhandenen Heizungsanlage – Ergebnisse der Wirkung gekühlter Heizflächen im Raum

Markus Arendt, Lars Haupt, André Kremonke,
Alf Perschk, Clemens Felsmann



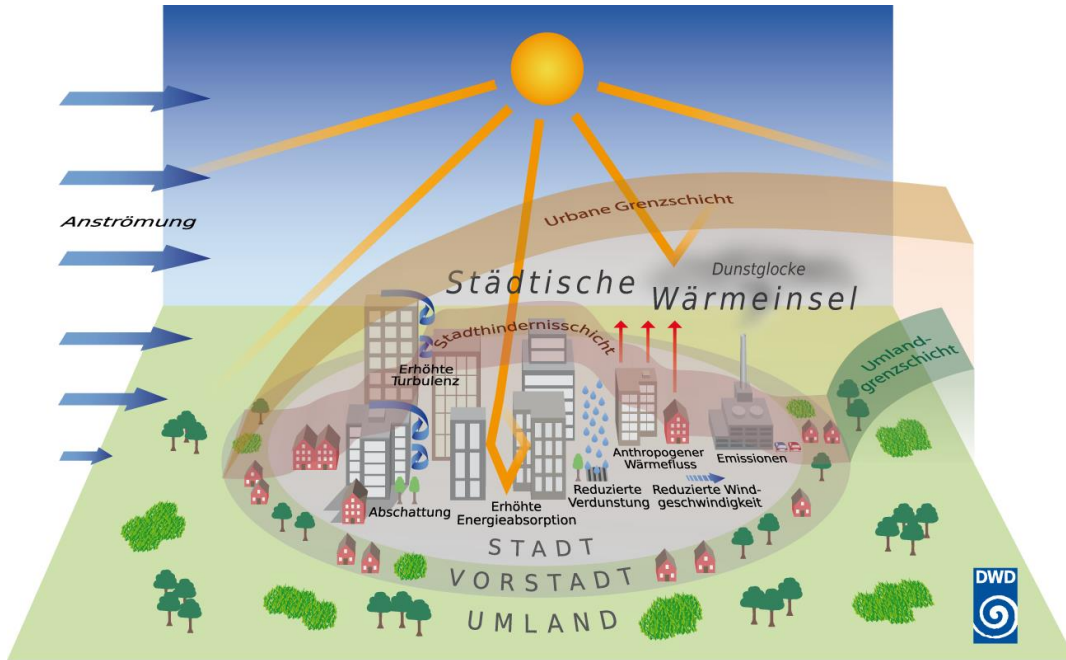
Institut für Energietechnik,
Professur für Gebäudeenergietechnik und Wärmeversorgung



Berlin, 28./29. Januar 2021

Motivation

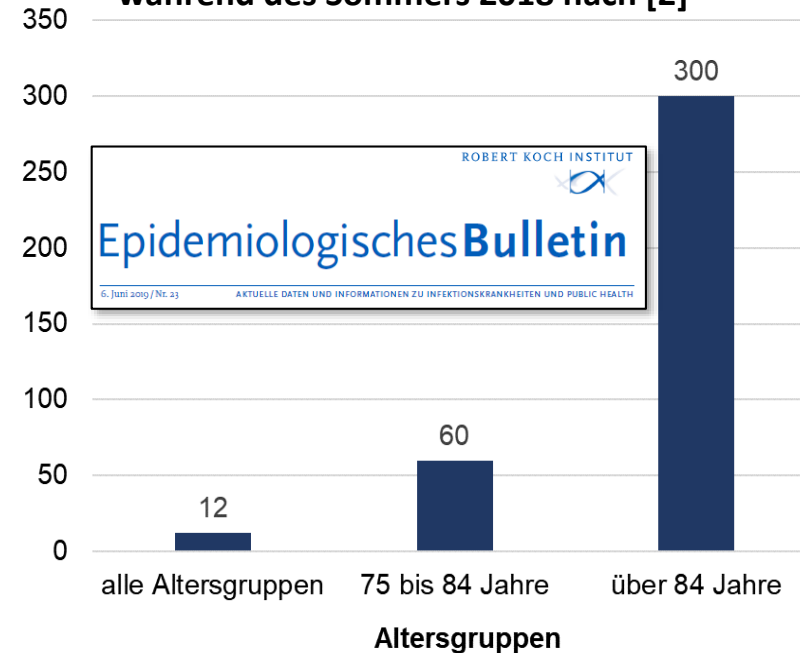
Städtische Wärmeinseln: Überlagerung der Folgen des Klimawandels durch zusätzliche anthropogene Einflüsse



Anthropogene Einflüsse auf das Stadtklima [1]

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

Mortalität je 100.000 Einwohner

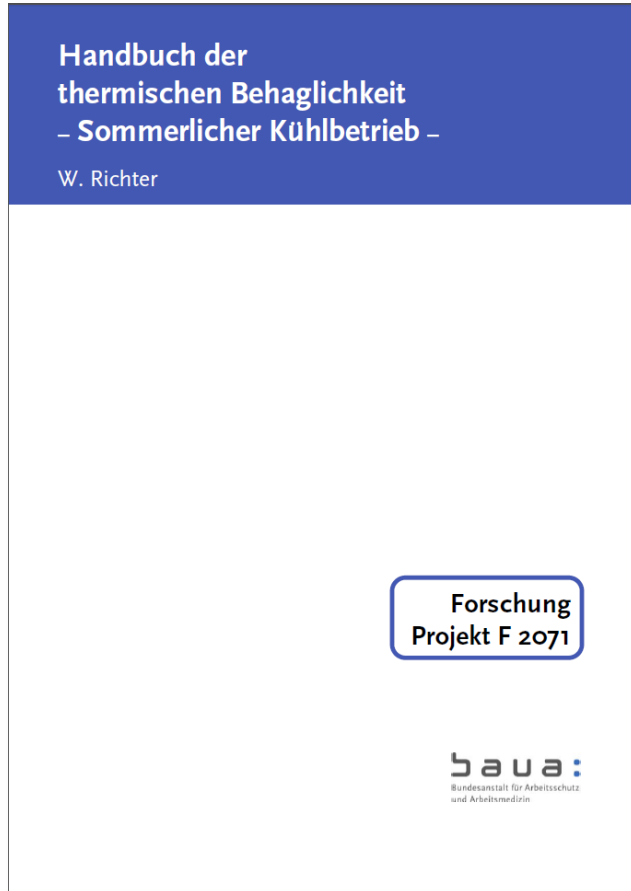


...in 2003
70.000 Hitzeopfer
in Europa... Quelle [4]

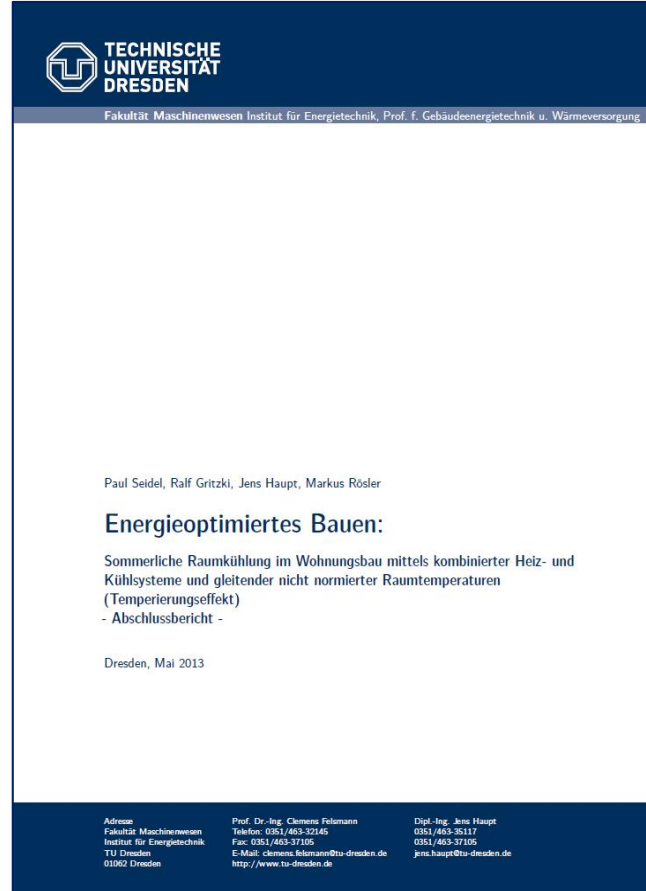
Hitzebedingte Sterbefälle in Deutschland [3]	
2003	7600
2006	6200
2015	6100

Motivation

KUEHA - Praxisüberführung theoretischer Voruntersuchungen



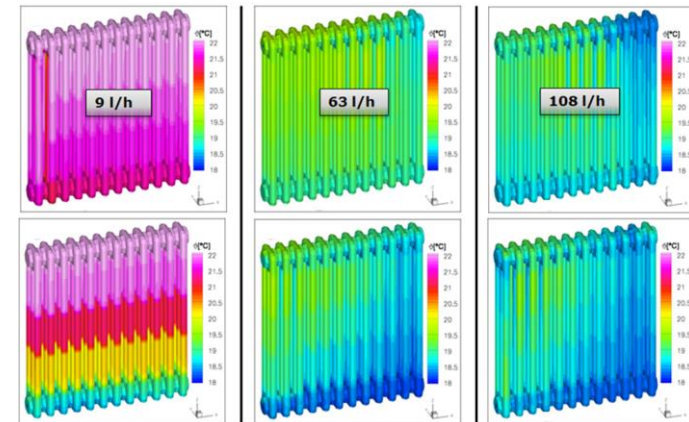
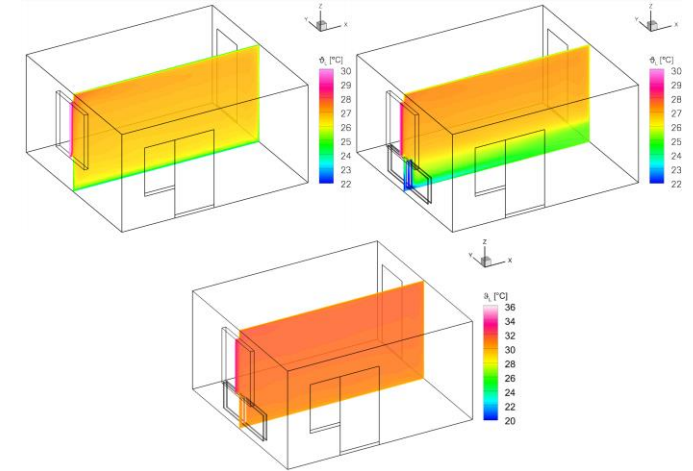
Quelle: [5]



Quelle: [6]

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“**

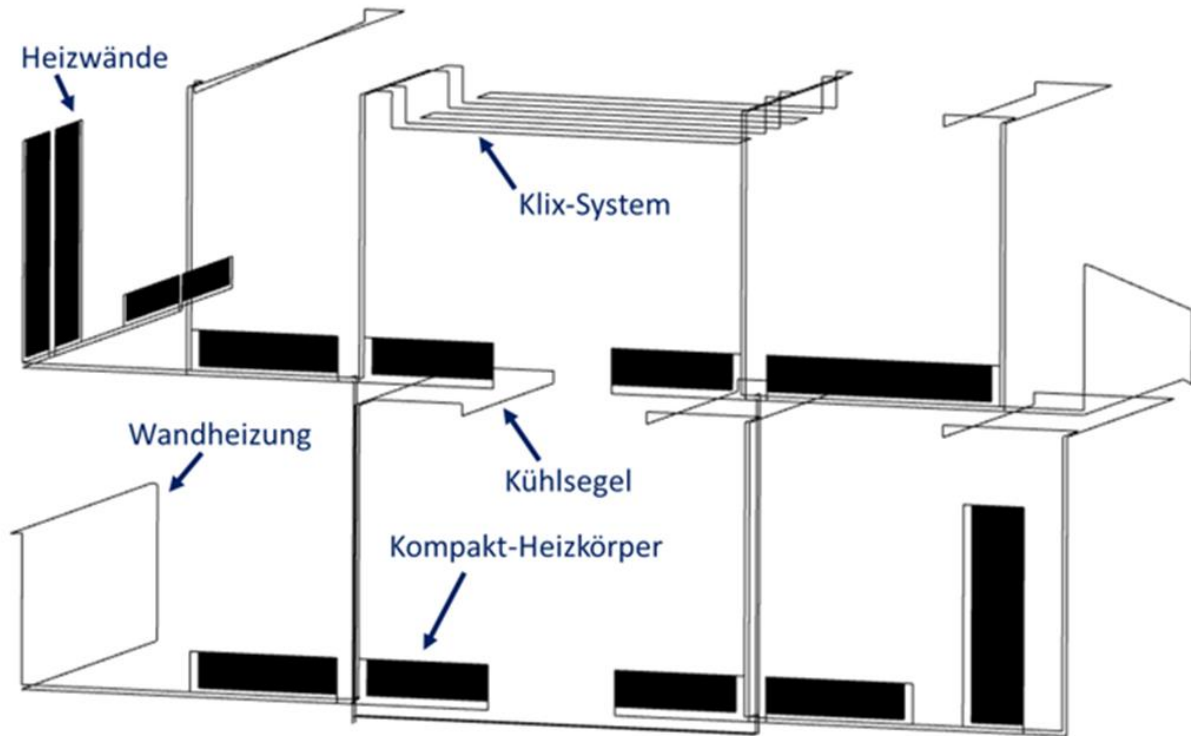
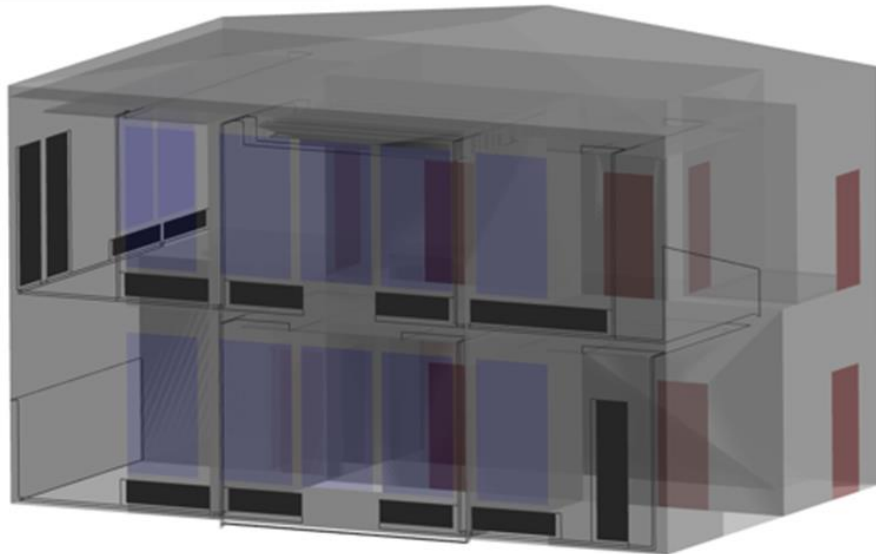


ungekühlter Vergleichsfall

Methodik - Simulation

Anlagen- und Gebäudesimulation mit TRNSYS-TUD [7]

Beispiel: Pilot- und Demonstrationsanlage „Merkel-Bau“



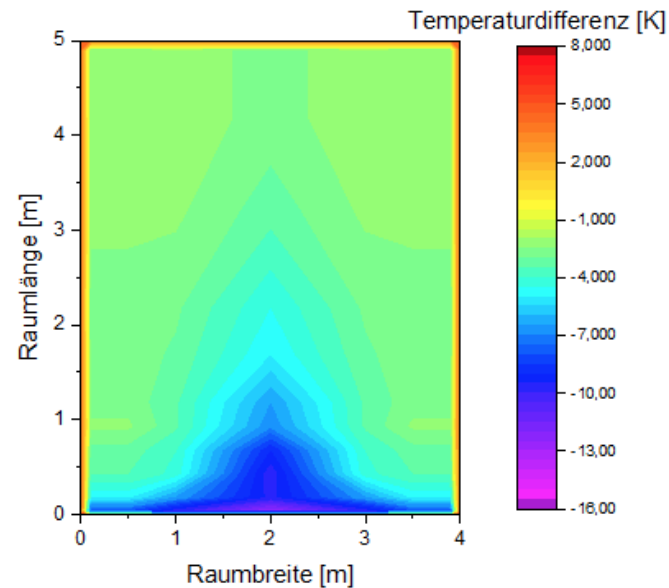
Methodik – Laboruntersuchungen / analytische Untersuchungen



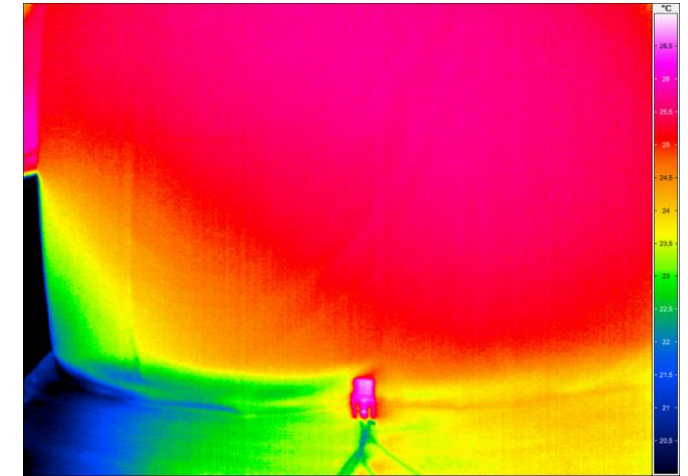
Klimaraum [8]

→ Modellerstellung für die Anlagen- und Gebäudesimulation

- Heizflächenumströmung
- Kaltluftsee



Beispiel: 3D-Erfassung der Lufttemperaturverteilung [9]

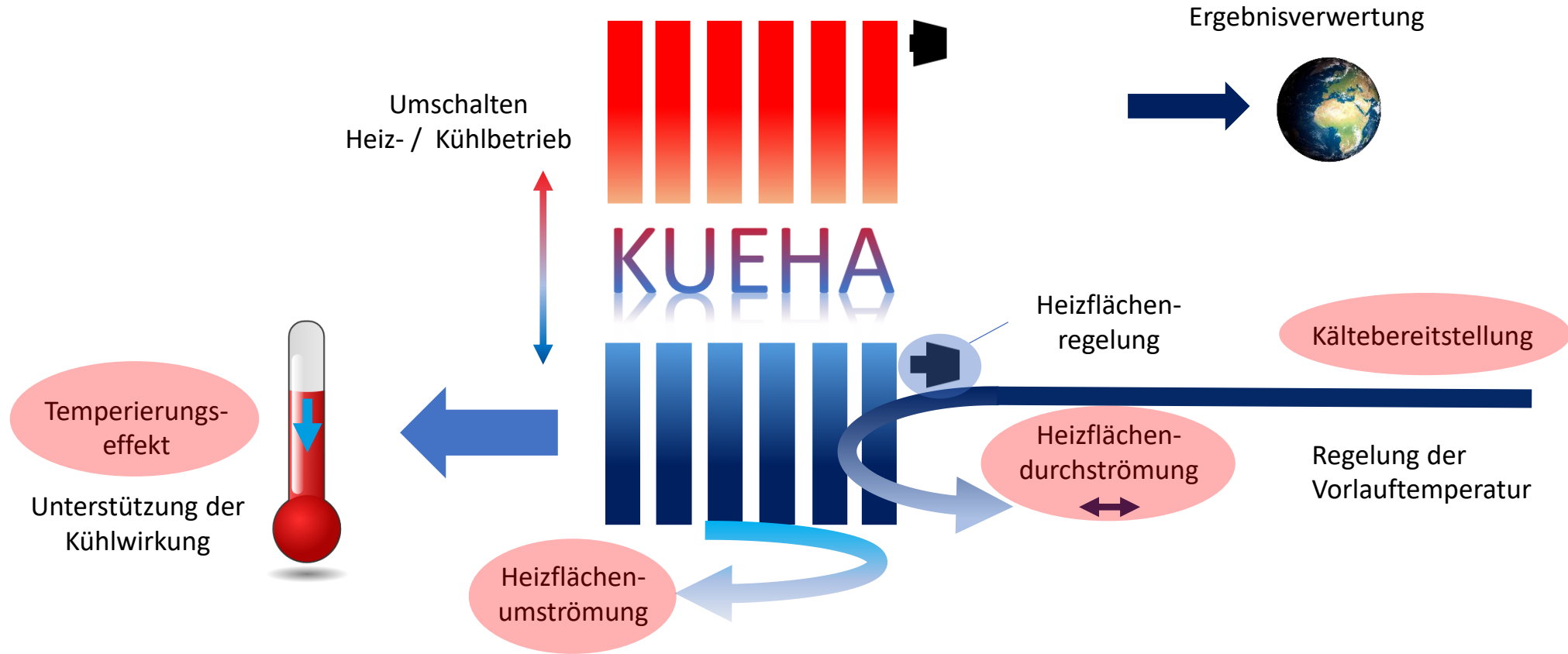


Beispiel: Thermografieaufnahme der Lufttemperaturverteilung vor einem gekühlten Heizkörper über ein aufgespanntes Gaze-Tuch [9]

Schwerpunkte

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

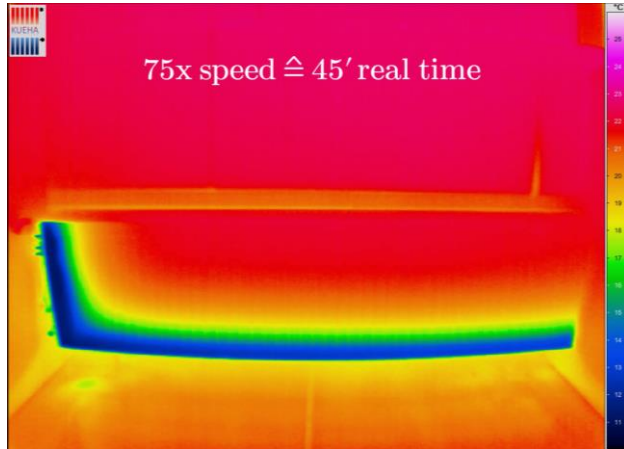
Förderkennzeichen: 03ET1461AF



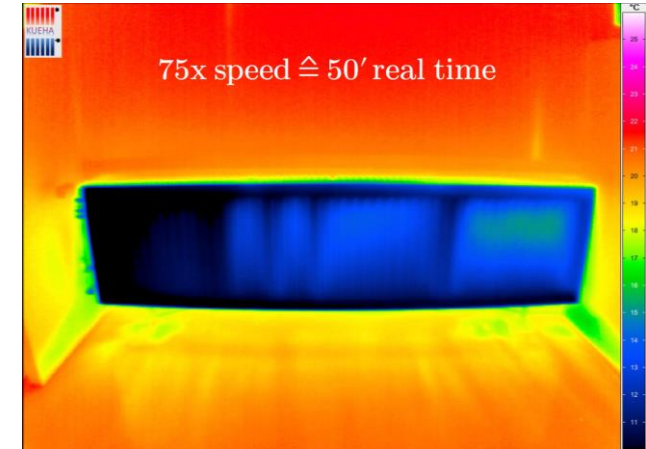
Heizflächendurchströmung

Oberer Kaltwassereintritt bei allen drei Varianten

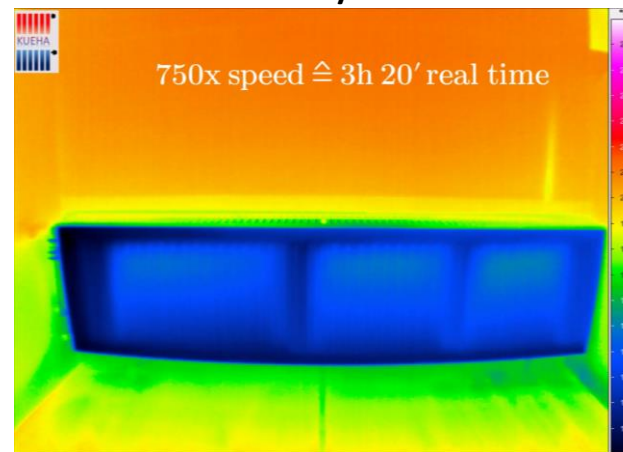
parallel durchströmter Heizkörper
50 l/h



parallel durchströmter Heizkörper
150 l/h



seriell durchströmter Heizkörper
50 l/h



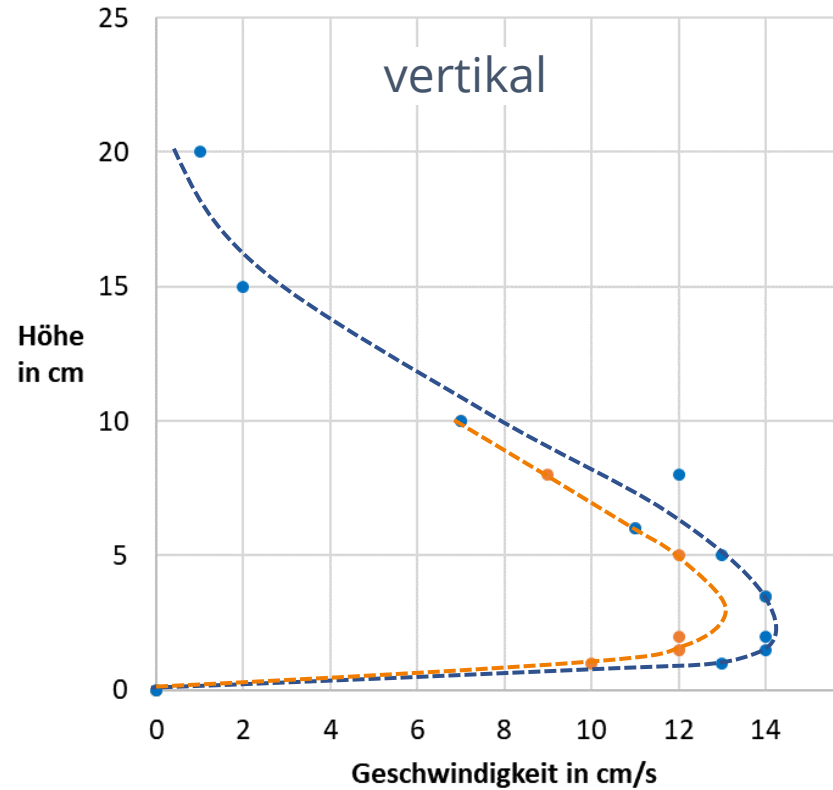
↓
Vermeidung einer Kurzschluss-
strömung durch Umkehr der
Strömungsrichtung

➔ **keine Kurzschlussströmung
bei geringem Massestrom**

Quelle: [9]

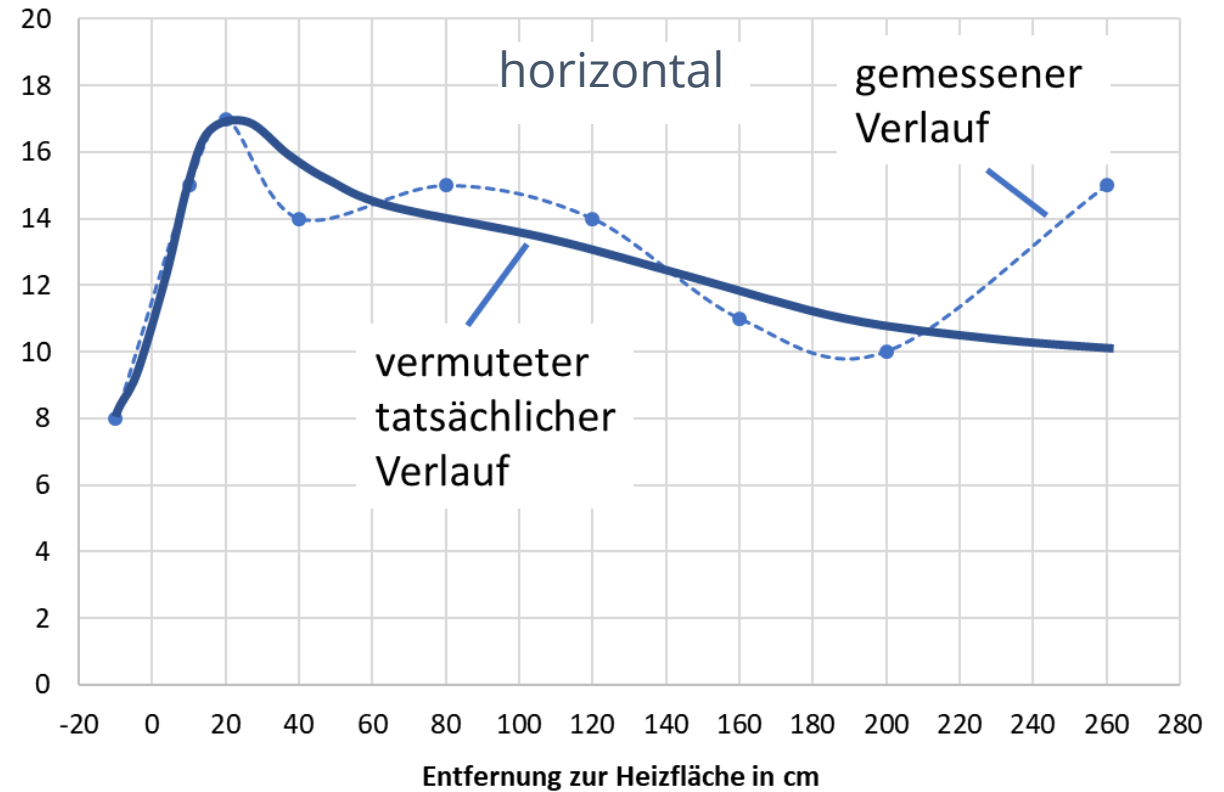
Heizflächenumströmung

Luftgeschwindigkeitsverteilung



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

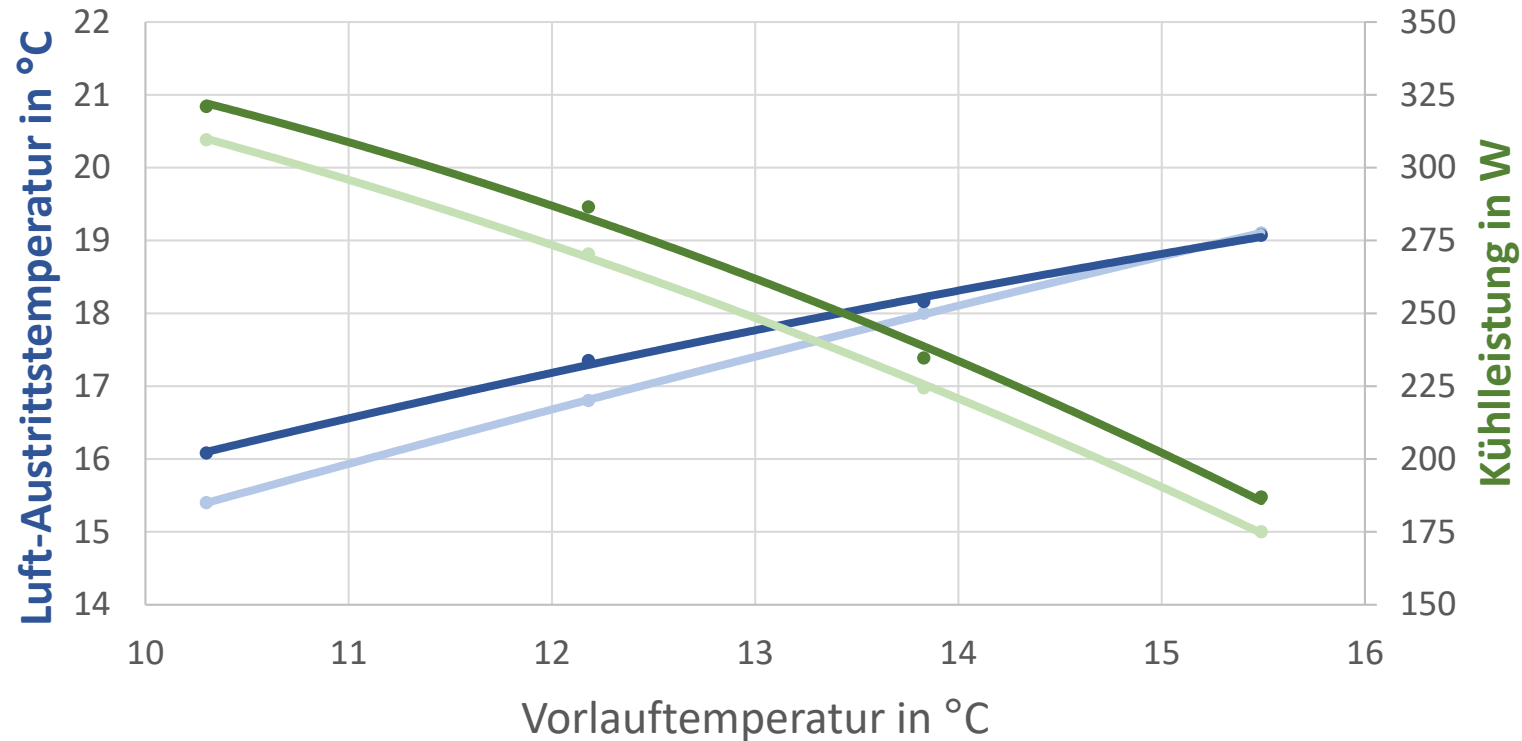
Luftgeschwindigkeit
35 mm über dem
Fußboden in cm/s



Quelle: [9]

Heizflächenumströmung

Vergleich der Berechnungsergebnisse eines analytischen Modells zur Heizflächenumströmung mit Messwerten (ausgewähltes Beispiel)



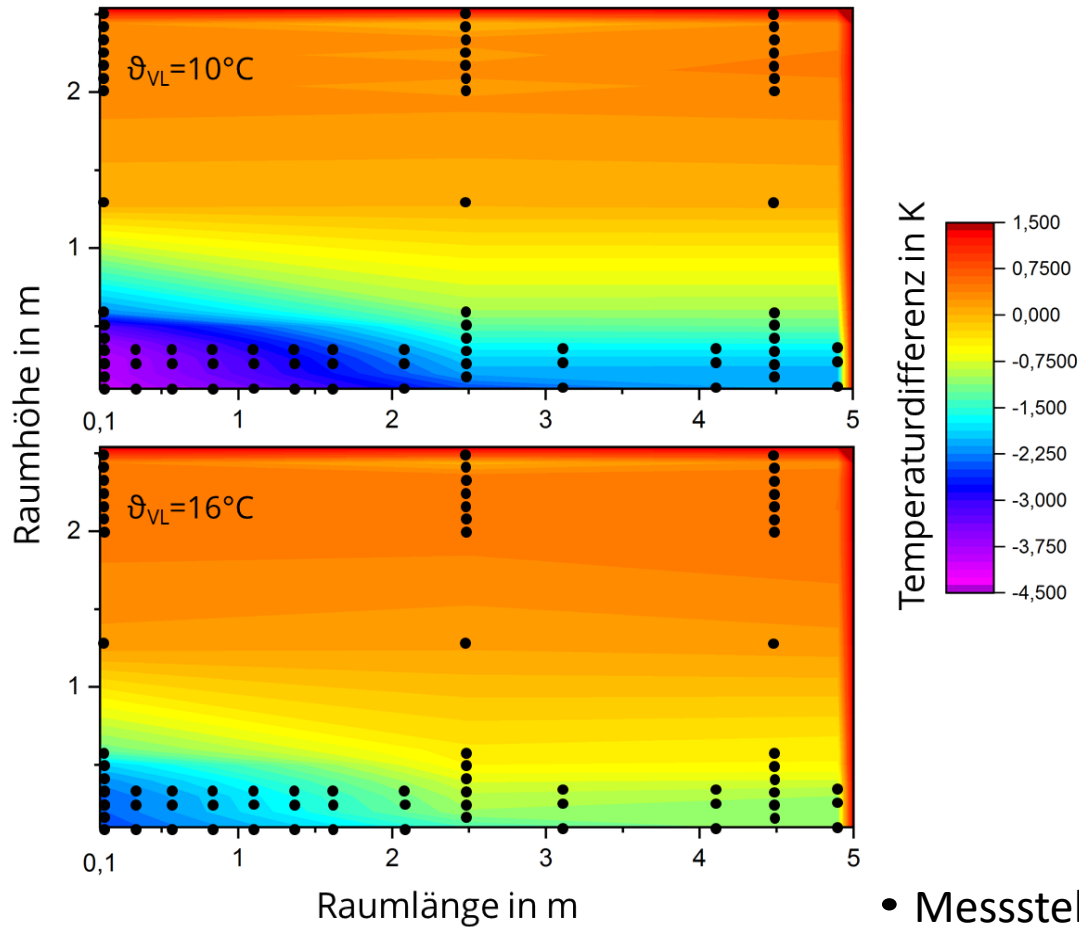
- Austrittstemperatur gemessen
- Austrittstemperatur berechnet
- Leistung gemessen
- Leistung berechnet

Quelle: [12]

Heizflächenumströmung

Ausbildung eines Kaltluftsees

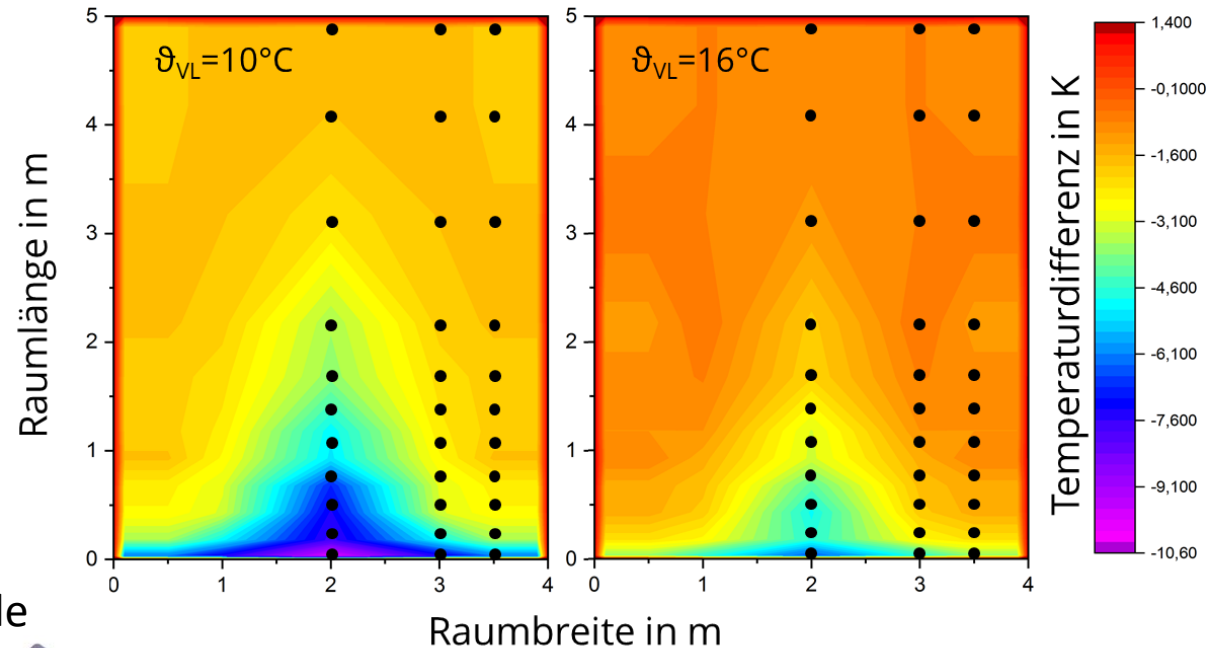
Temperaturverteilung in Raummitte



Klimaraummessung (verschiedene Vorlauftemperaturen)

- Deutlicher Temperierungseffekt
- Verbesserung der thermischen Behaglichkeit durch den Kaltluftsee

Temperaturverteilung am Boden

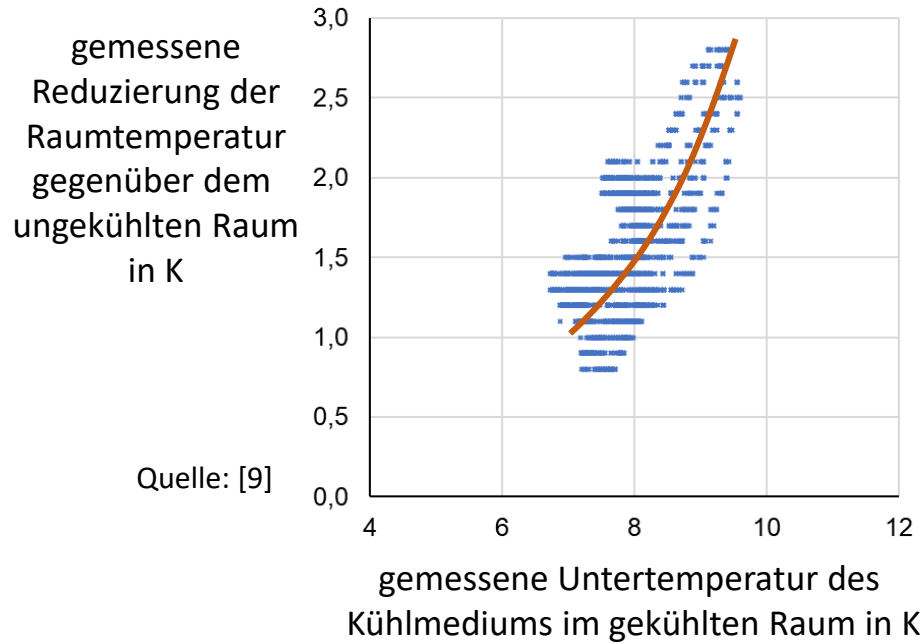


• Messstelle

Temperierungseffekt

Anlage „Fröttstätt“

Auswertung Kühlperiode 2018



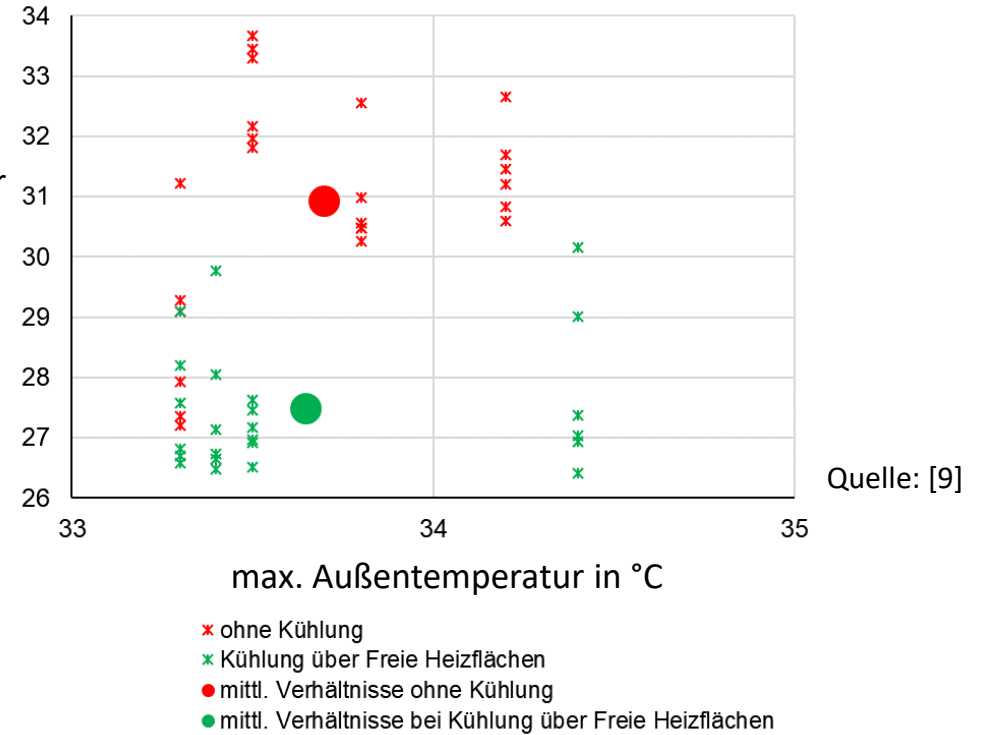
Pilotversuch mit nahezu identischen Räumen bei (zu) hoher Vorlauftemperatur

mittlere Raumtemperatur 10 bis 14 Uhr in °C

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

Anlage „Merkel-Bau“

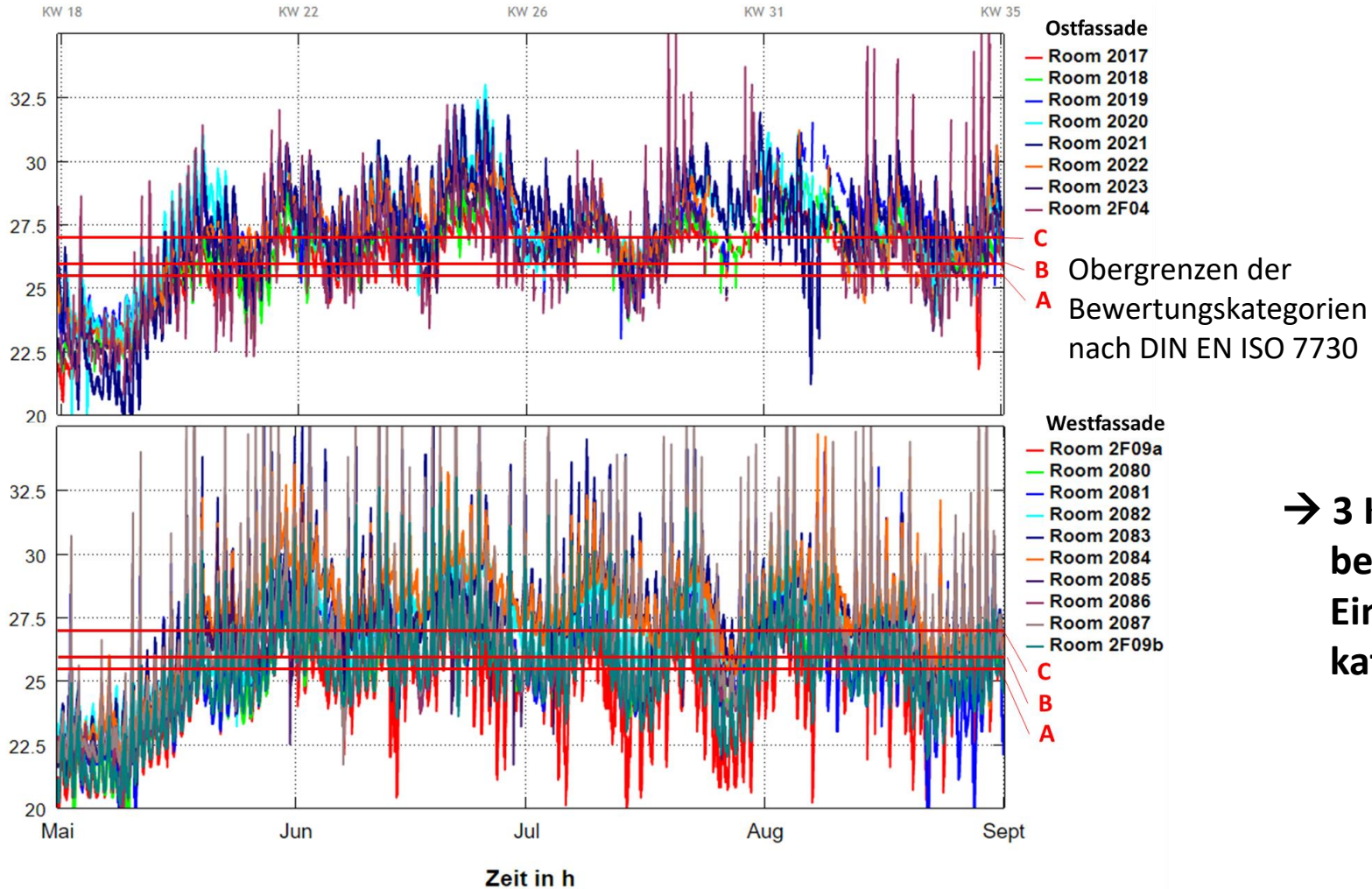
Auswertung Kühlperiode 2018, 2019
Bereich mit sehr hohen Wärmebelastungen



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

Temperierungseffekt

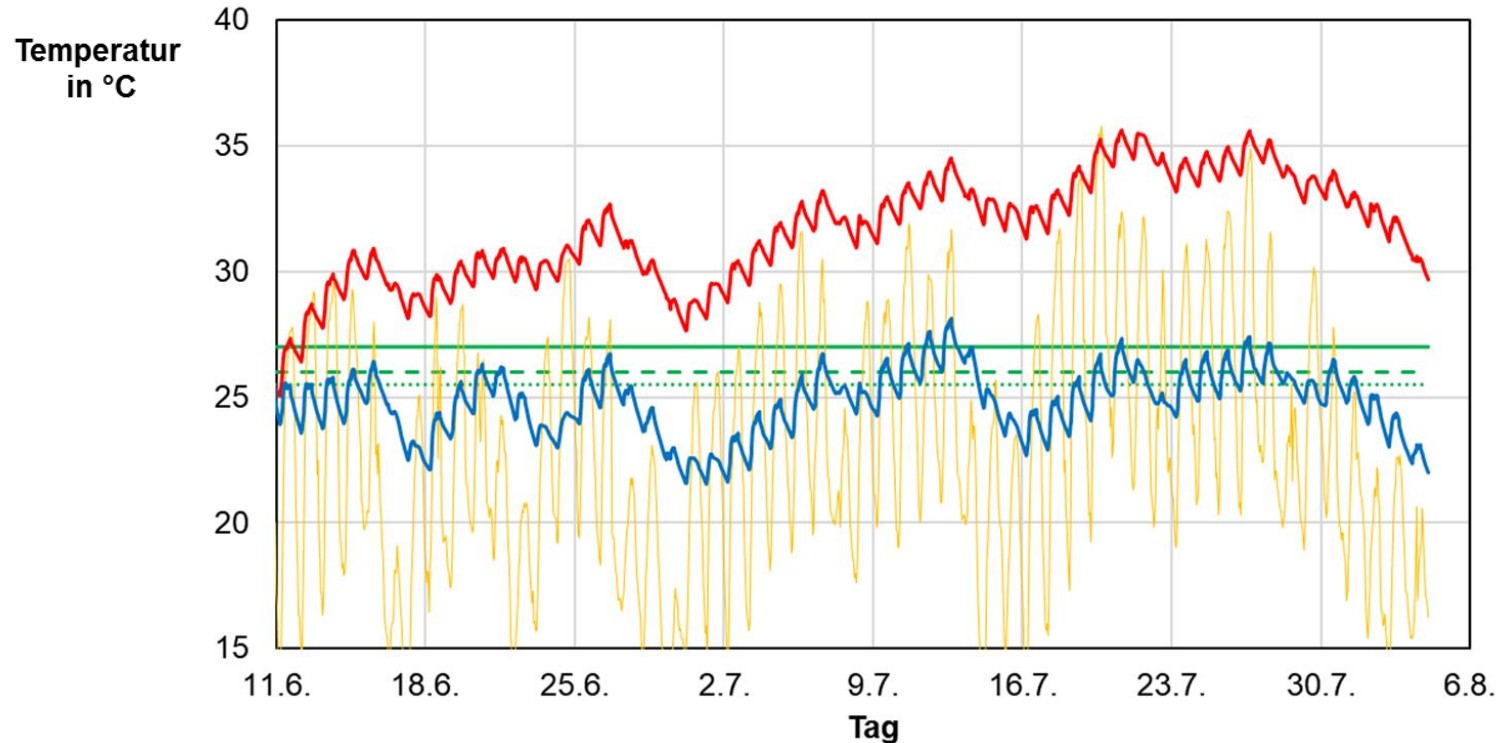
Ausgangssituation in einem Universitätsgebäude



→ 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.

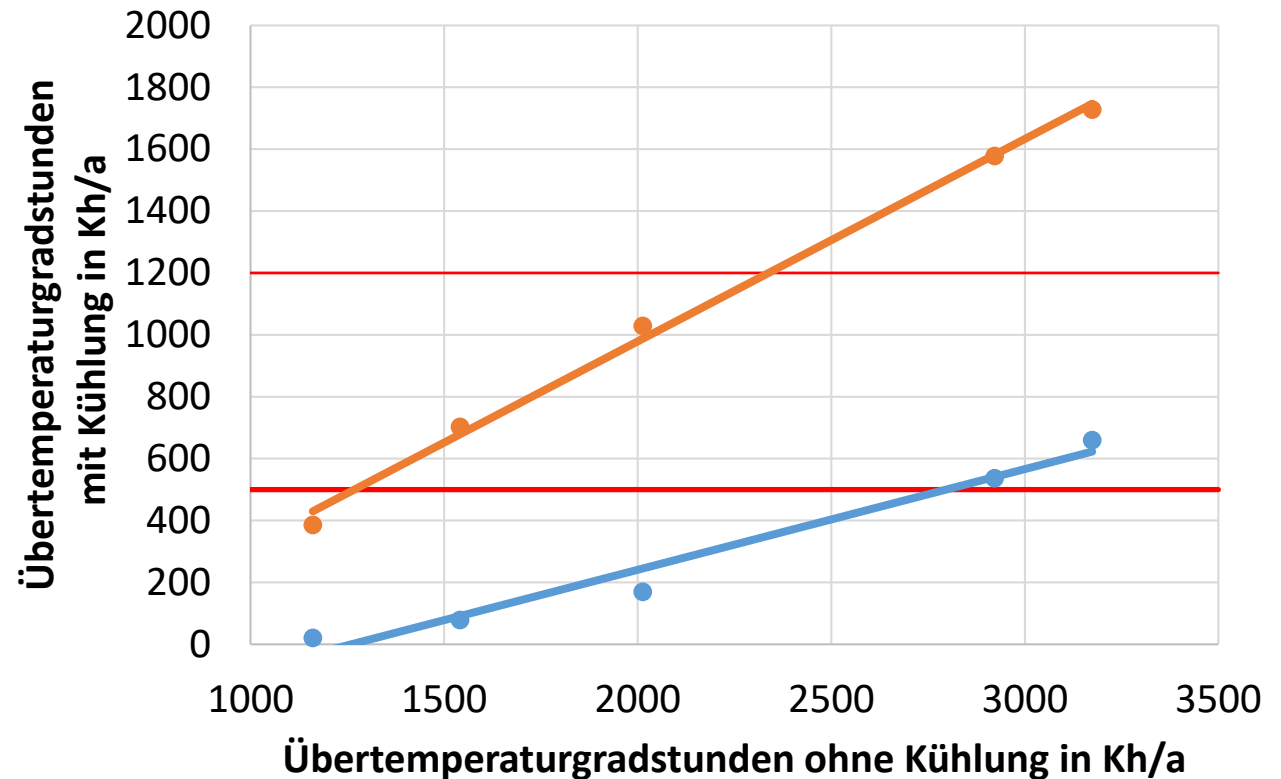
Quelle: [10]



Temperierungseffekt

Übertemperaturgradstunden bei durchgängiger und intermittierender Kühlung über Freie Heizflächen, am Beispiel der Pilot- und Demonstrationsanlage „Merkel-Bau“

- Übertemperaturgradstunden bezogen auf 27°C für den Standort Dresden nach DIN 4802-2 [12]
- Deutliche Absenkung durch Kühlung mit Freien Heizflächen
- Weitere Steigerung mittels durchgängiger Kühlung
- Größte Reduzierung im Büroraum mit extremer Ausgangssituation 3174 Kh/a → 660 Kh/a



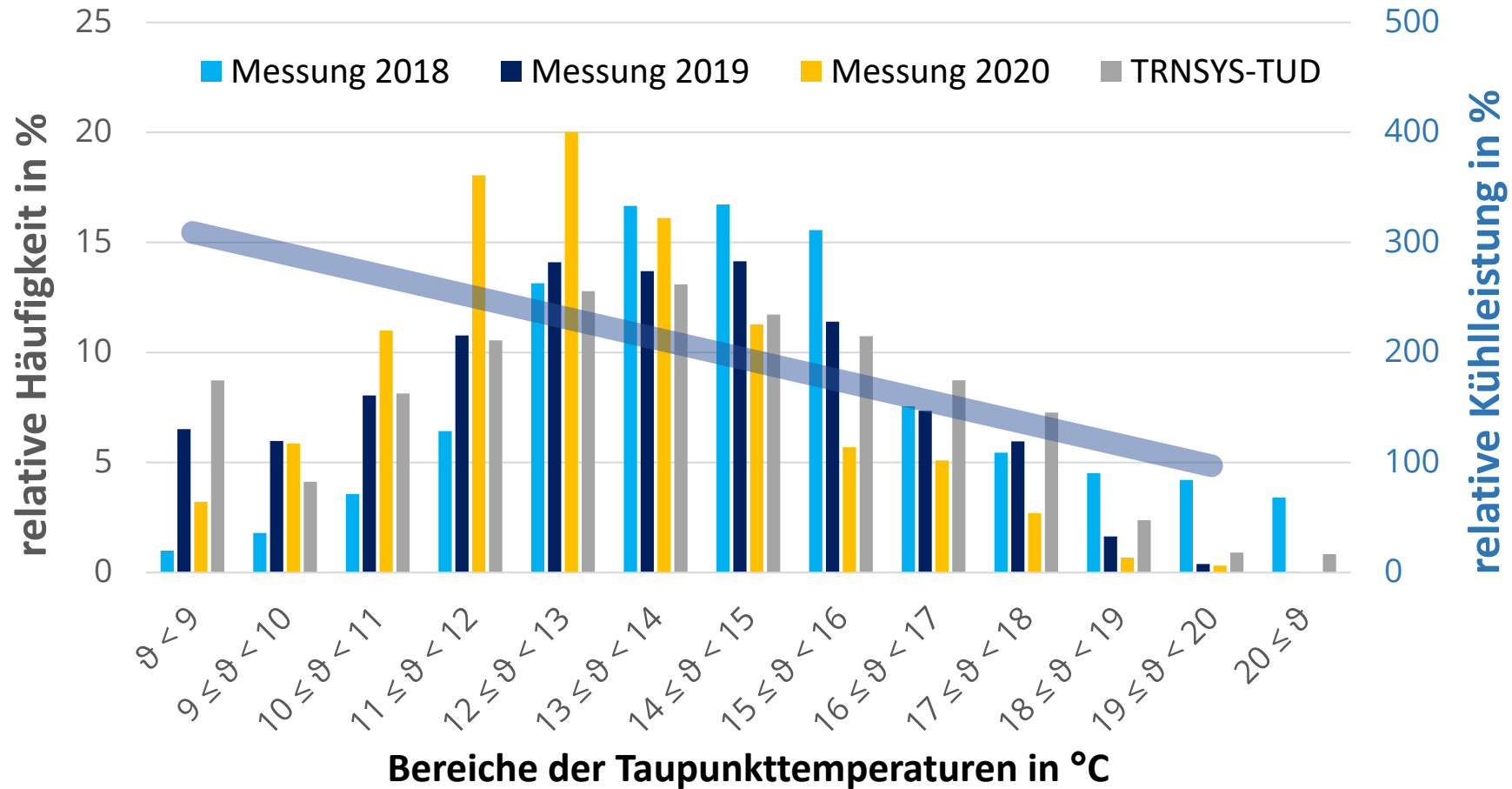
— Grenzwert für Büronutzung — Grenzwert für Wohnnutzung
● Kühlung bei Anwesenheit ● durchgängige Kühlung

Quelle: [12]



Kältebereitstellung

Deutliche Steigerung der Kühlleistung bei taupunkttemperaturgeführter Vorlauftemperaturregelung



Quelle: [12]

Fazit

Keine Veränderung der Durchflussrichtung in der Heizungsanlage nötig, wenn der Auslegungsvolumenstrom erreicht wird oder seriell durchströmte Heizflächen verbaut sind

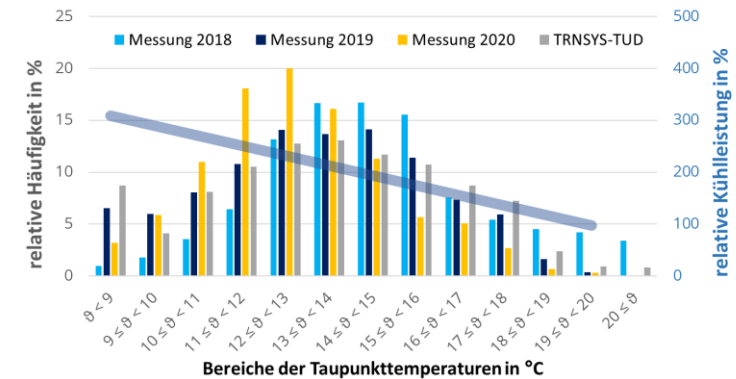
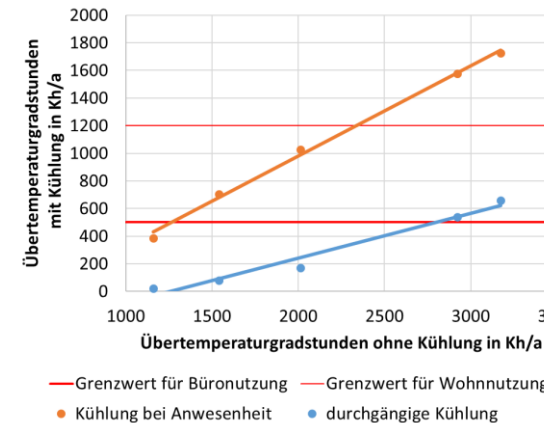
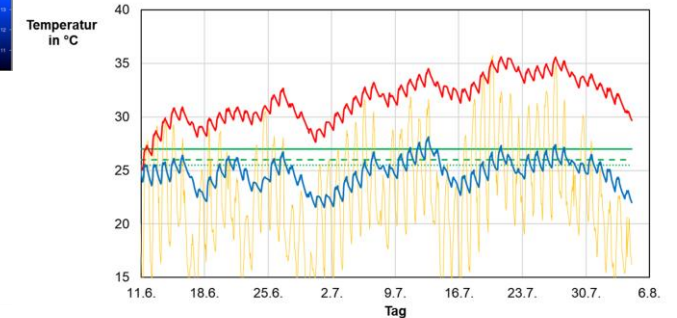
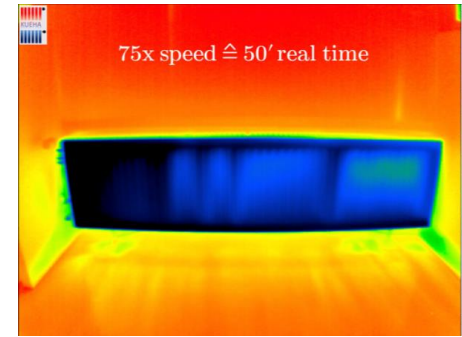
Temperaturabsenkungspotential:

→ Kurzfristig (eine Woche) um 3 K

→ Langfristig (lange Kühlphase) bis zu 8 K

Deutliche Absenkung der Übertemperaturgradstunden mittels durchgängiger Kühlung über Freie Heizflächen

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/stadtpl/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] W. Richter: „Handbuch der thermischen Behaglichkeit – Sommerlicher Kühlbetrieb“, ISBN 978-3-88261-068-0, 2007.
- [6] 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
- [7] A. Perschk, „Gebäude- und Anlagensimulation – Ein „Dresdner Modell“, Gesundheitsingenieur, August. Nr. 4 2010
- [8] 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
- [9] 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
- [10] Kremonke, A.; Arendt, M.: KUEHA – Raumkühlung über die vorhandene Heizungsanlage unter Nutzung regenerativer Energiequellen, 16. Symposium Energieinnovation, 12.-14.02.2020, Graz/Austria
- [11] DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 4802-2: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. 2013-02. Beuth Verlag GmbH
- [12] M. Arendt, L. Haupt, A. Kremonke, A. Perschk, C. Felsmann: Kühlen im Gebäudebestand – Kann die vorhandene Heizungsanlage zur sommerlichen Raumkühlung genutzt werden? HLH, Bd. 72 (2021), Nr. 01-02



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Informationen zum Projekt:

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



»Wissen schafft Brücken.«

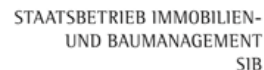
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Förderkennzeichen: 03ET1461AF

Projektpartner:



Kontakt:

Dipl.-Ing. Markus Arendt
Technische Universität Dresden
Fakultät Maschinenwesen
Institut für Energietechnik
Professur für Gebäudeenergietechnik und Wärmeversorgung
markus.arendt@tu-dresden.de
0351-463-32855

