

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**

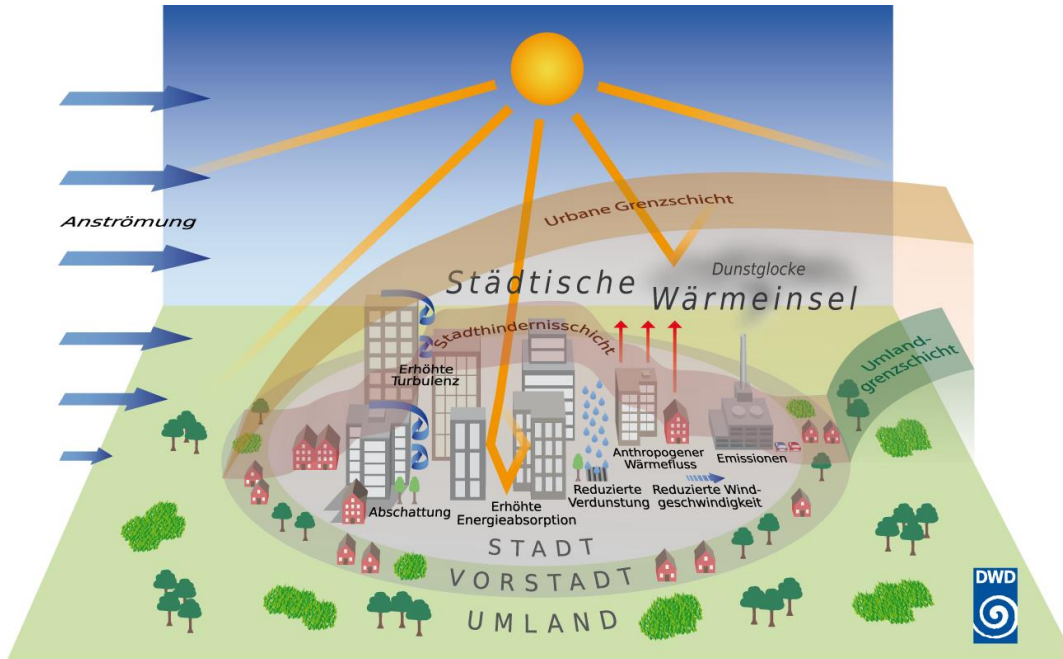


Berlin, 28./29. Januar 2021



Motivation

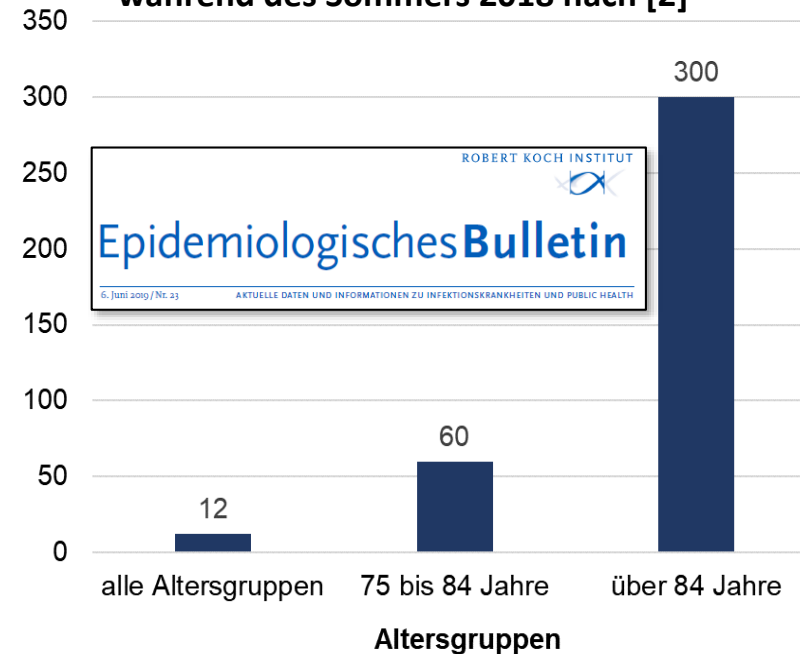
Städtische Wärmeinseln: Überlagerung der Folgen des Klimawandels durch zusätzliche anthropogene Einflüsse



Anthropogene Einflüsse auf das Stadtklima [1]

Mortalität je
100.000
Einwohner

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



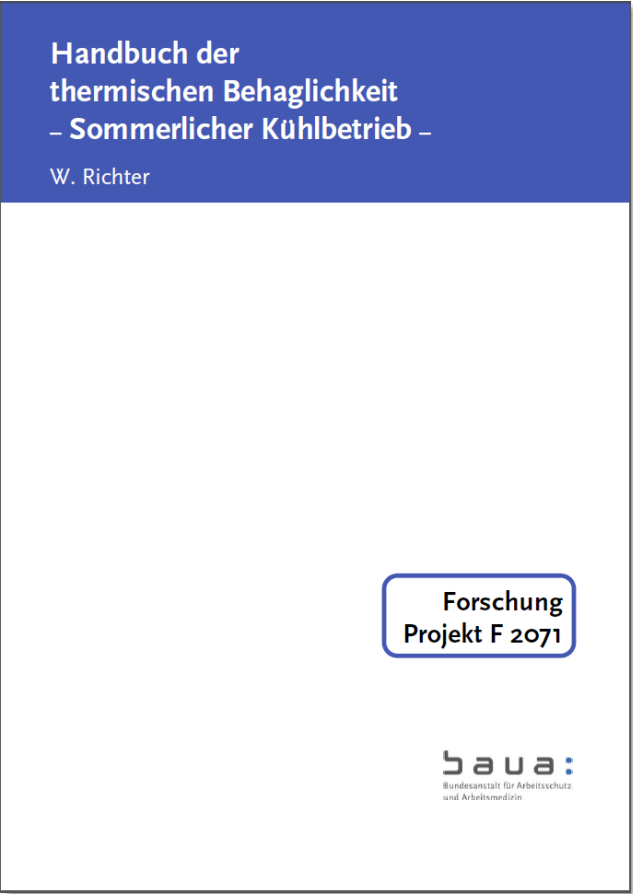
...in 2003
70.000 Hitzeopfer
in Europa... Quelle [4]



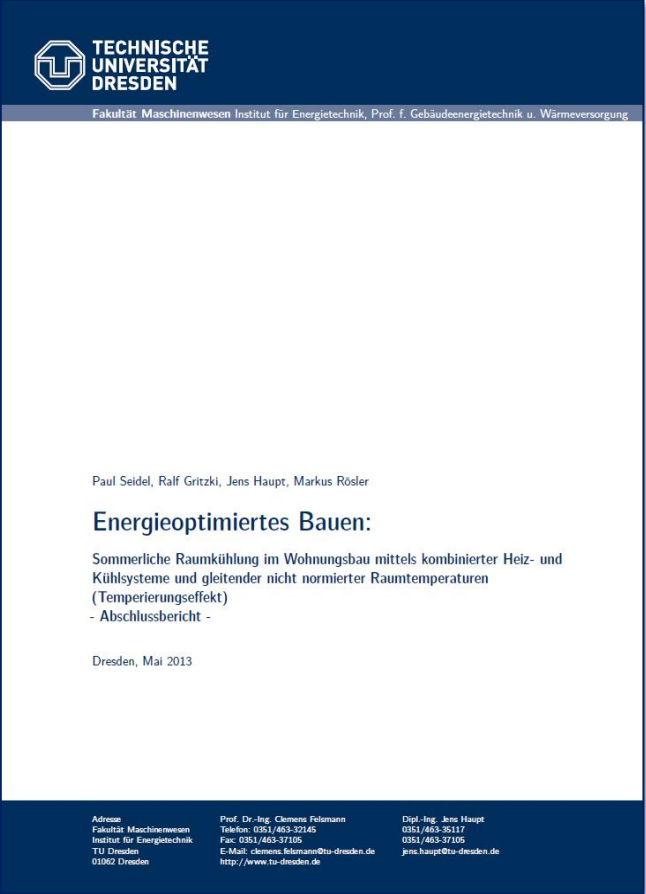
Hitzebedingte Sterbefälle in Deutschland [3]	
2003	7600
2006	6200
2015	6100

Motivation

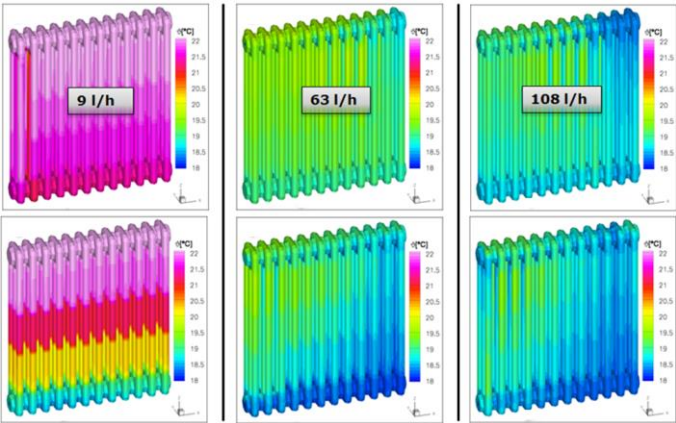
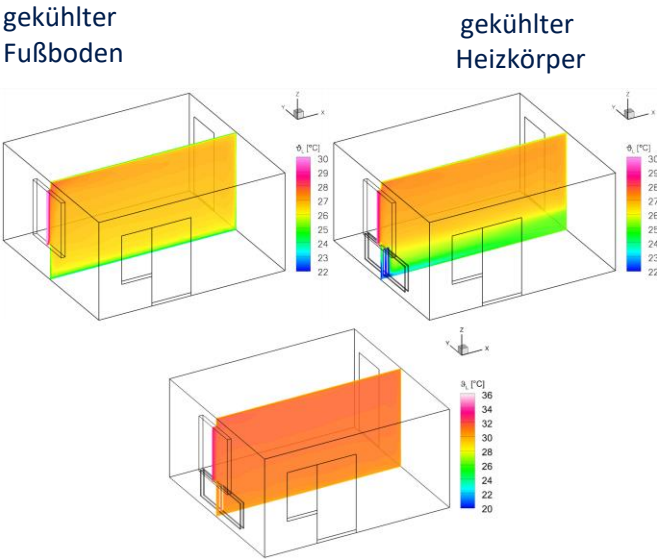
KUEHA - Praxisüberführung theoretischer Voruntersuchungen



Quelle: [5]



Quelle: [6]



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“**

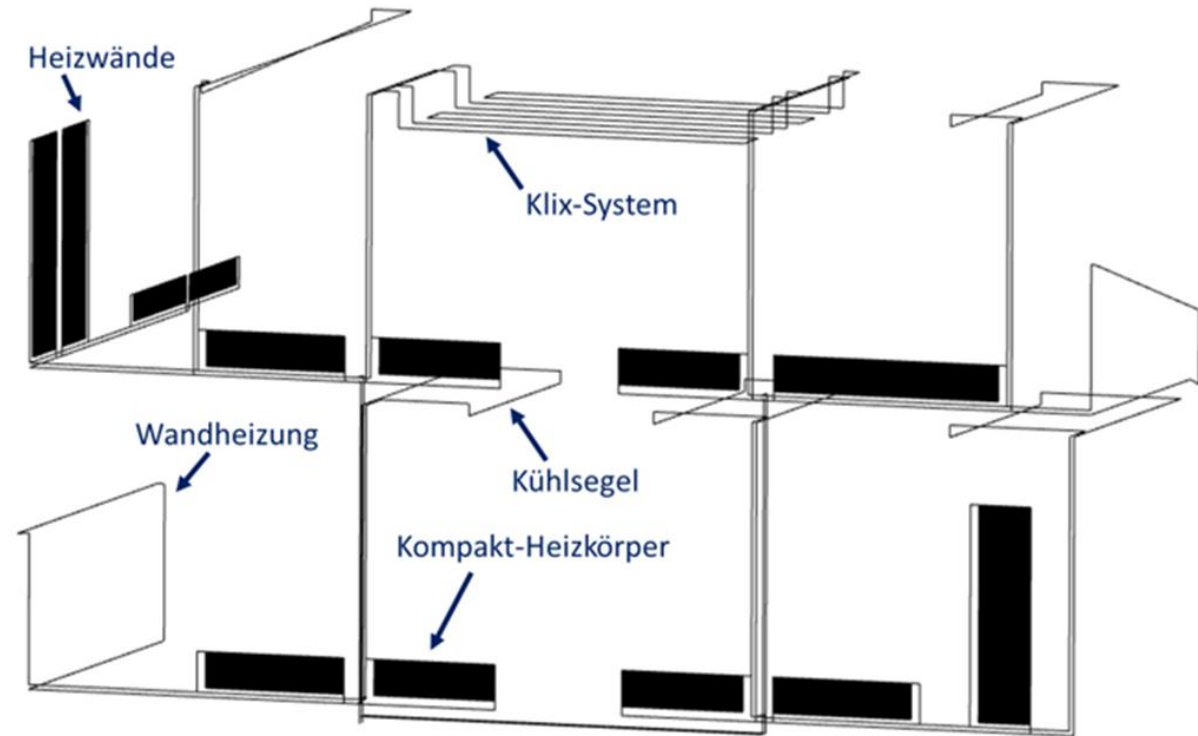
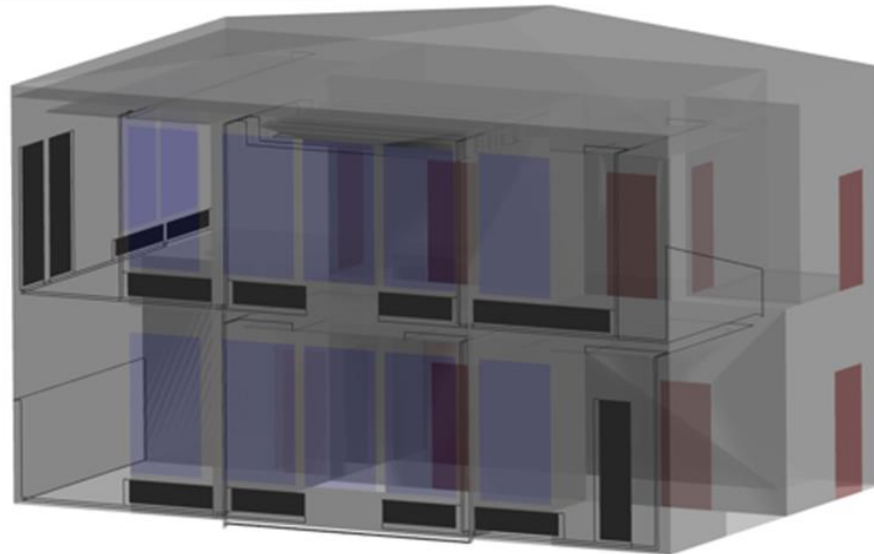


ungekühlter Vergleichsfall

Methodik - Simulation

Anlagen- und Gebäudesimulation mit TRNSYS-TUD [7]

Beispiel: Pilot- und Demonstrationsanlage „Merkel-Bau“



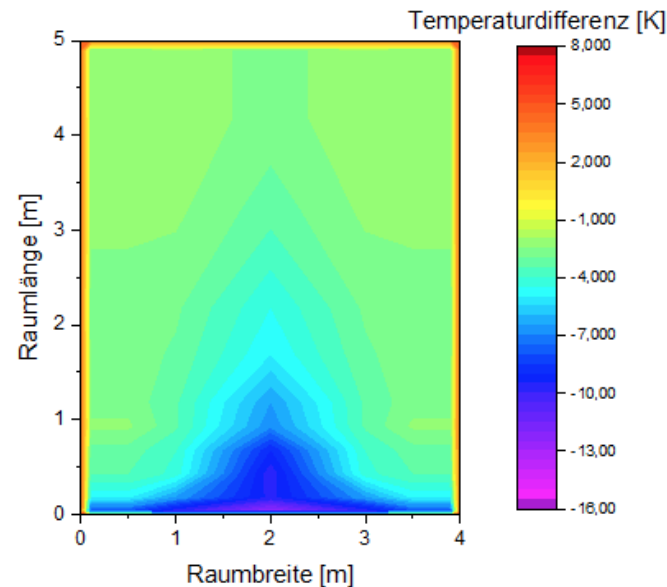
Methodik – Laboruntersuchungen / analytische Untersuchungen



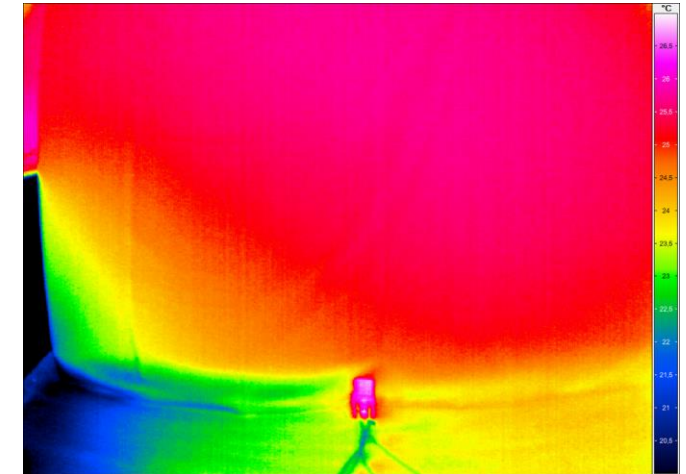
Klimaraum [8]

→ Modellerstellung für die Anlagen- und Gebäudesimulation

- Heizflächenumströmung
- Kaltluftsee



Beispiel: 3D-Erfassung der Luft-
temperaturverteilung [9]

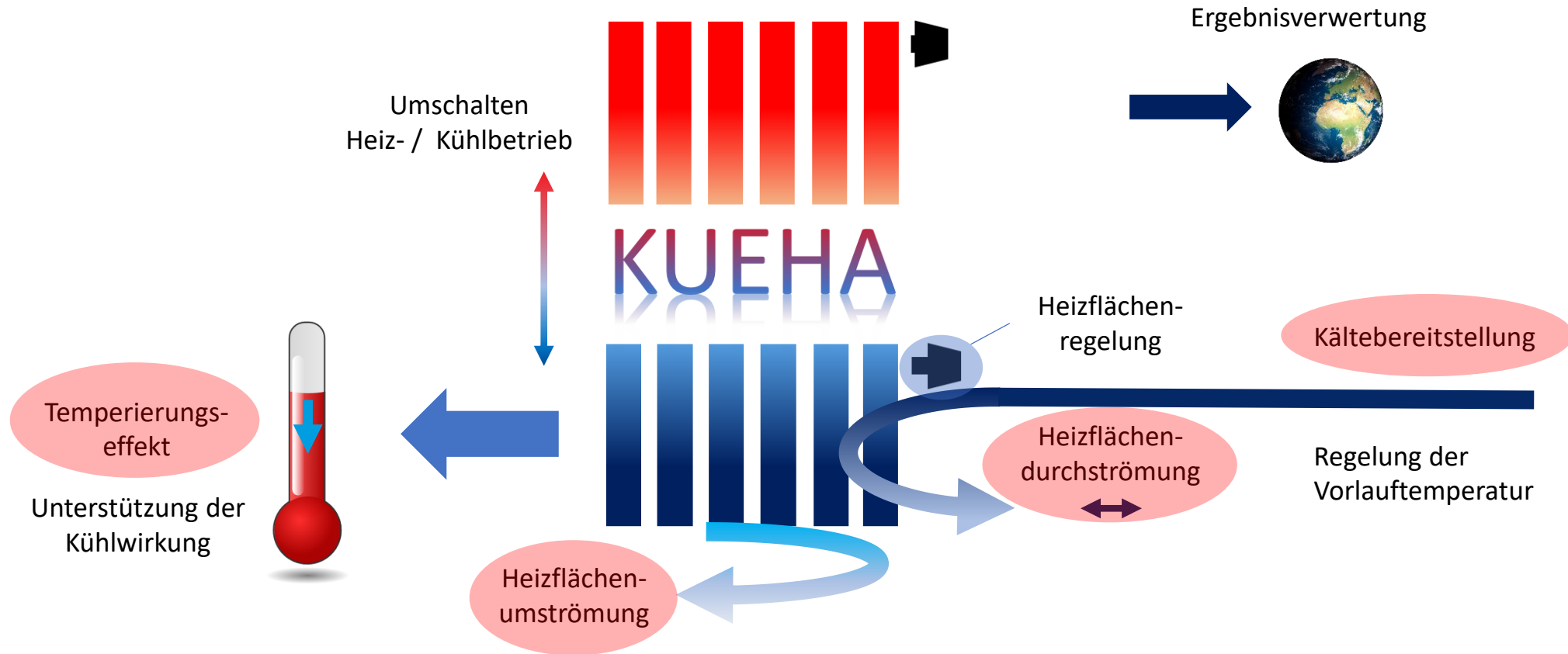


Beispiel: Thermografieaufnahme der Luft-
temperaturverteilung vor einem gekühlten
Heizkörper über ein aufgespanntes Gaze-
Tuch [9]

Schwerpunkte

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

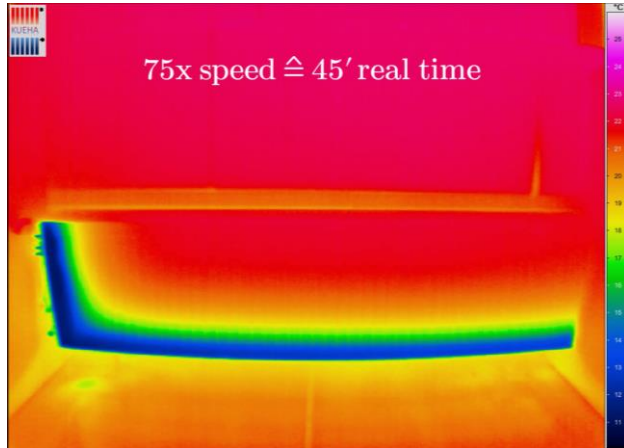
Förderkennzeichen: 03ET1461AF



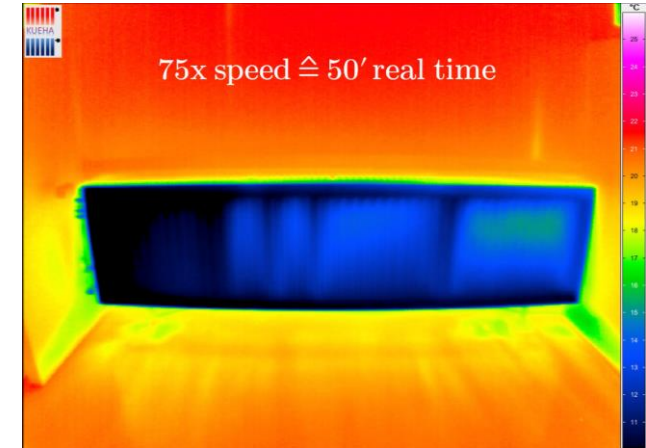
Heizflächendurchströmung

Oberer Kaltwassereintritt bei allen drei Varianten

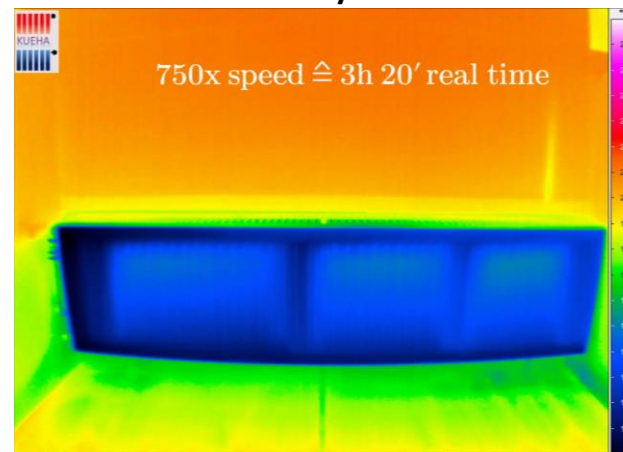
parallel durchströmter Heizkörper
50 l/h



parallel durchströmter Heizkörper
150 l/h



seriell durchströmter Heizkörper
50 l/h



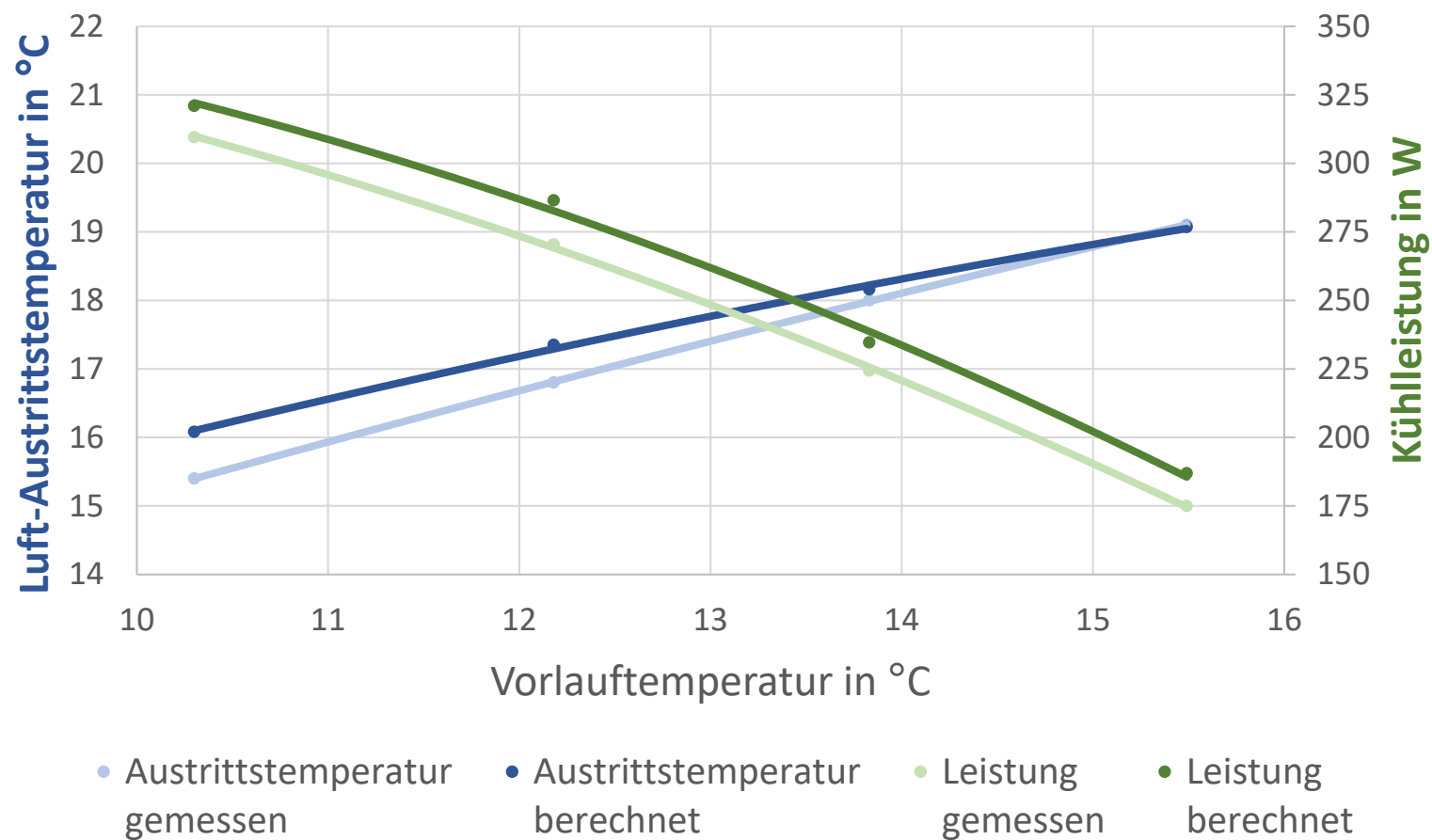
Vermeidung einer Kurzschluss-
strömung durch Umkehr der
Strömungsrichtung

keine Kurzschlussströmung
bei geringem Massestrom

Quelle: [9]

Heizflächenumströmung

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

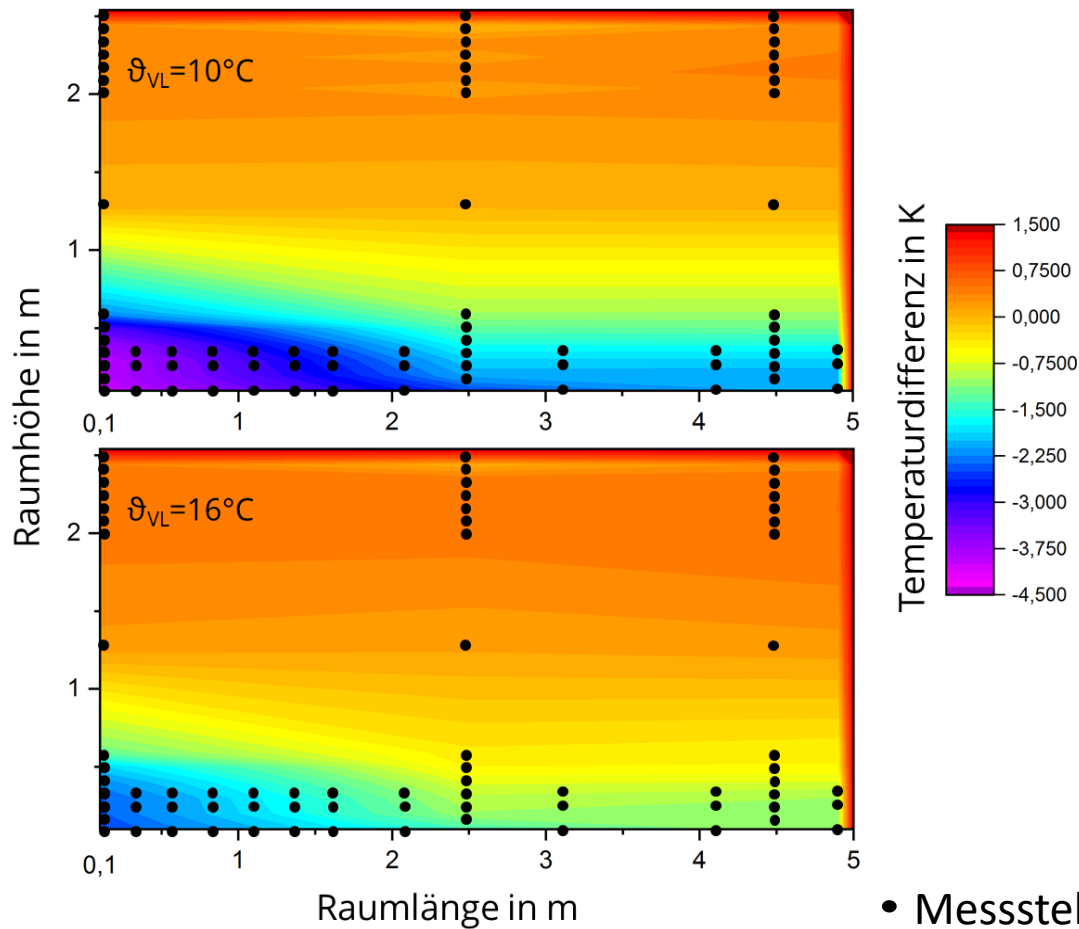


Quelle: [12]

Heizflächenumströmung

Ausbildung eines Kaltluftsees

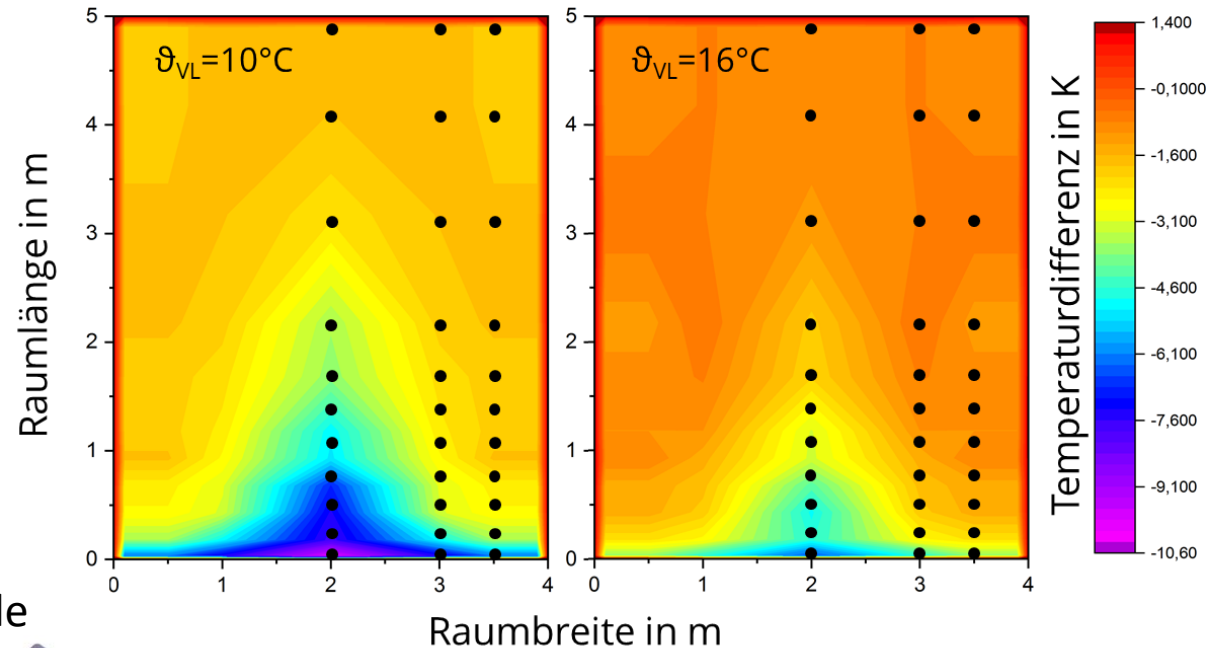
Temperaturverteilung in Raummitte



Klimaraummessung (verschiedene Vorlauftemperaturen)

- Deutlicher Temperierungseffekt
- Verbesserung der thermischen Behaglichkeit durch den Kaltluftsee

Temperaturverteilung am Boden



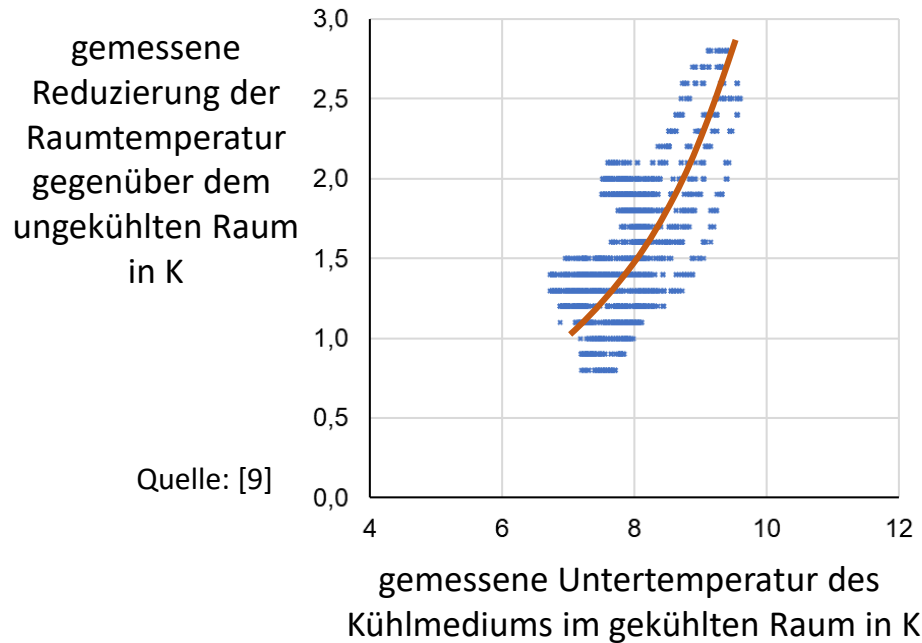
- Messstelle



Temperierungseffekt

Anlage „Fröttstadt“

Auswertung Kühlperiode 2018



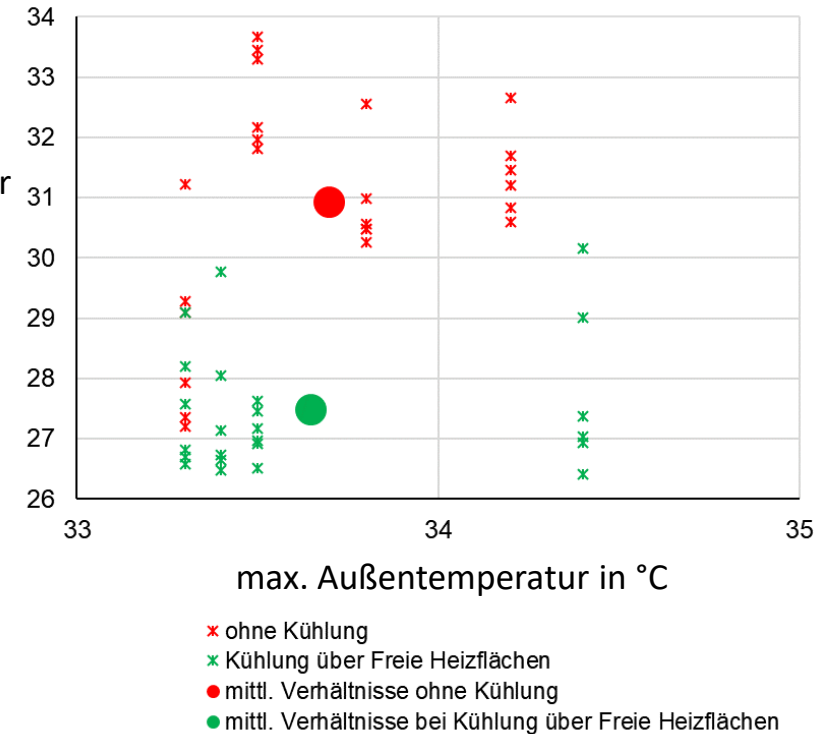
**Pilotversuch mit nahezu identischen Räumen
bei (zu) hoher Vorlauftemperatur**

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

Anlage „Merkel-Bau“

Auswertung Kühlperiode 2018, 2019
Bereich mit sehr hohen Wärmebelastungen

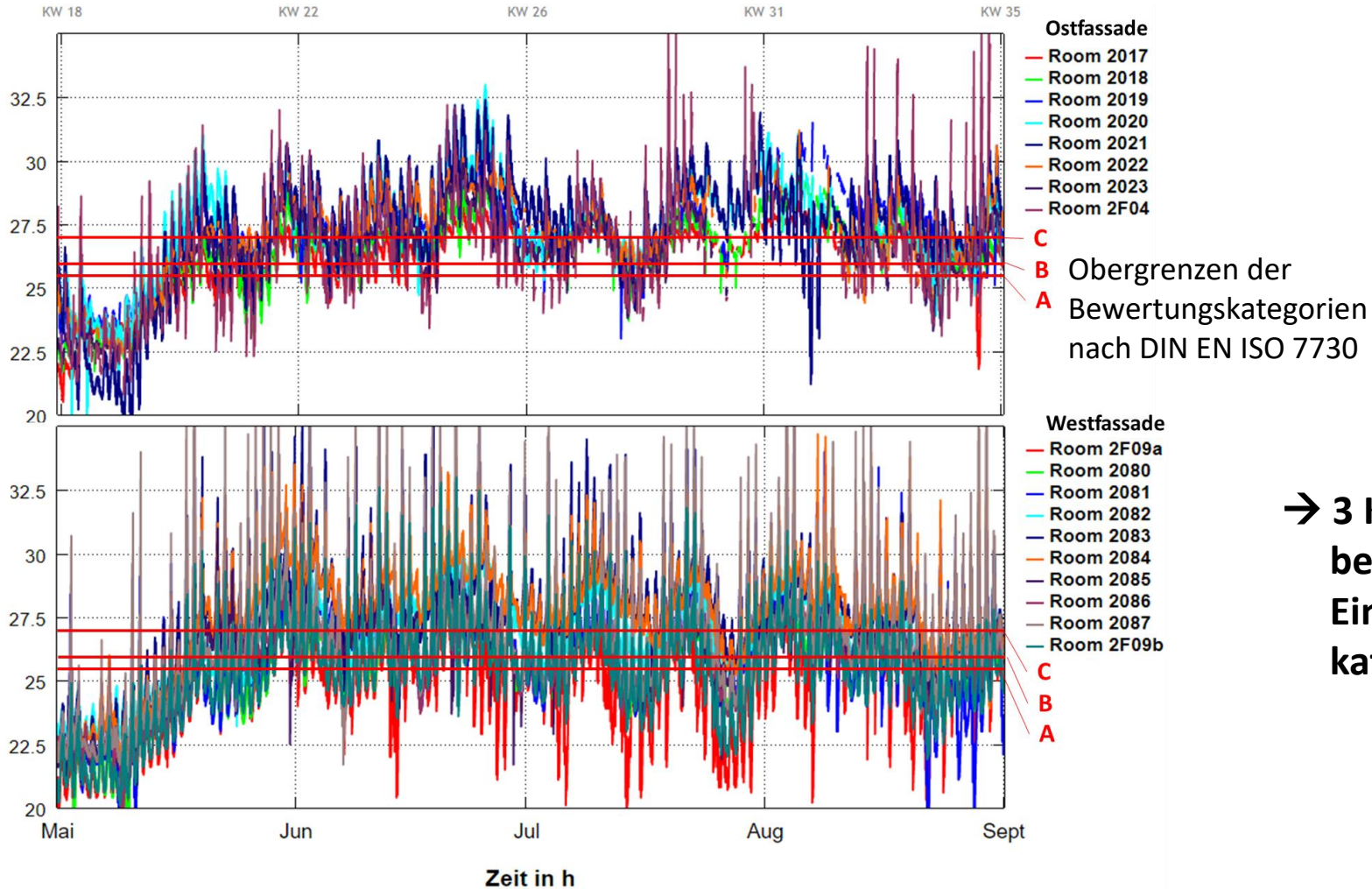
mittlere
Raum-
temperatur
10 bis 14 Uhr
in °C



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

Temperierungseffekt

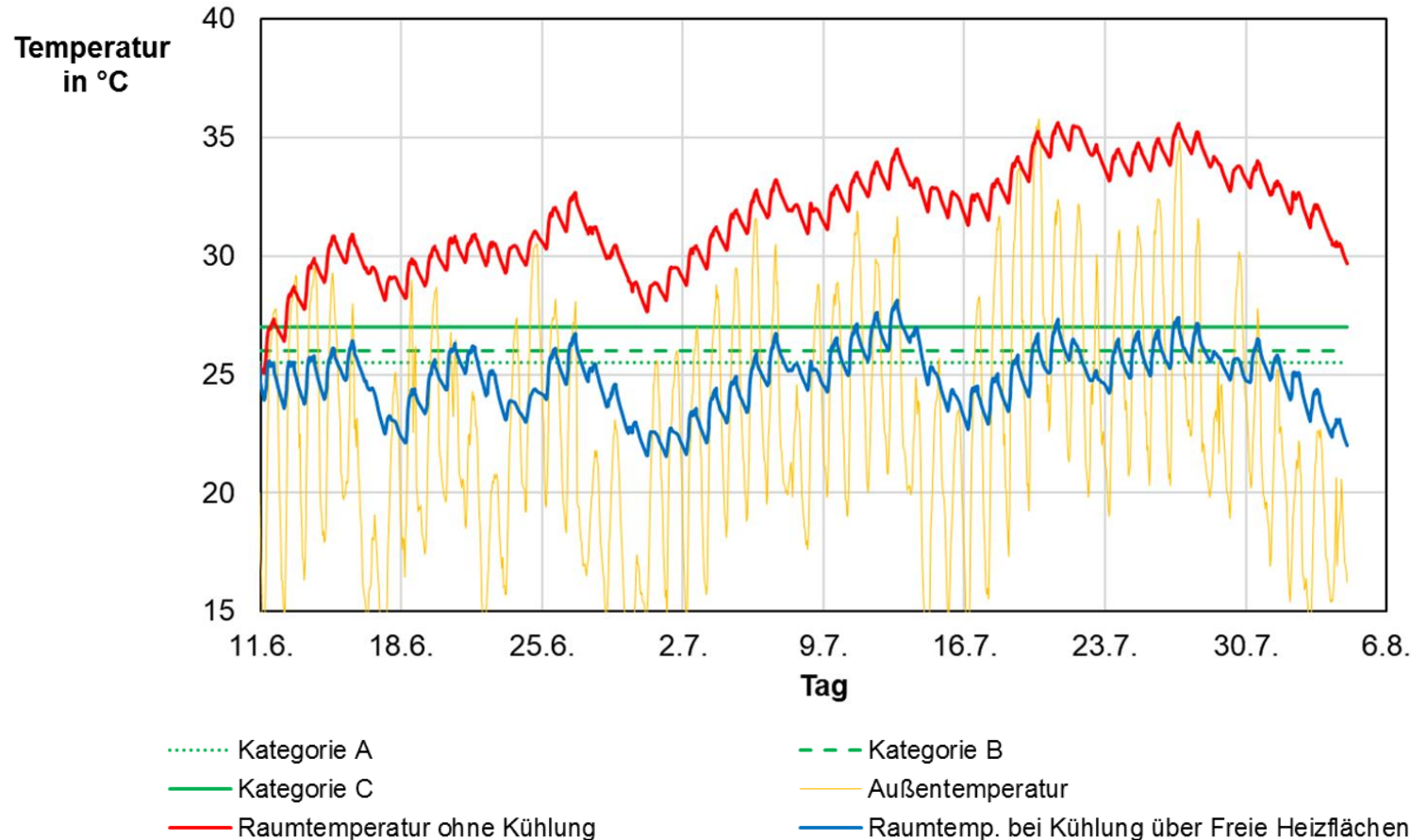
Ausgangssituation in einem Universitätsgebäude



→ 3 K Temperaturabsenkung bedeutet hier mindestens die Einhaltung der Bewertungskategorie „C“ !

Temperierungseffekt

Simulation einer Feldtestanlage mit dem örtlichen Testreferenzjahr für Extremsommer



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.

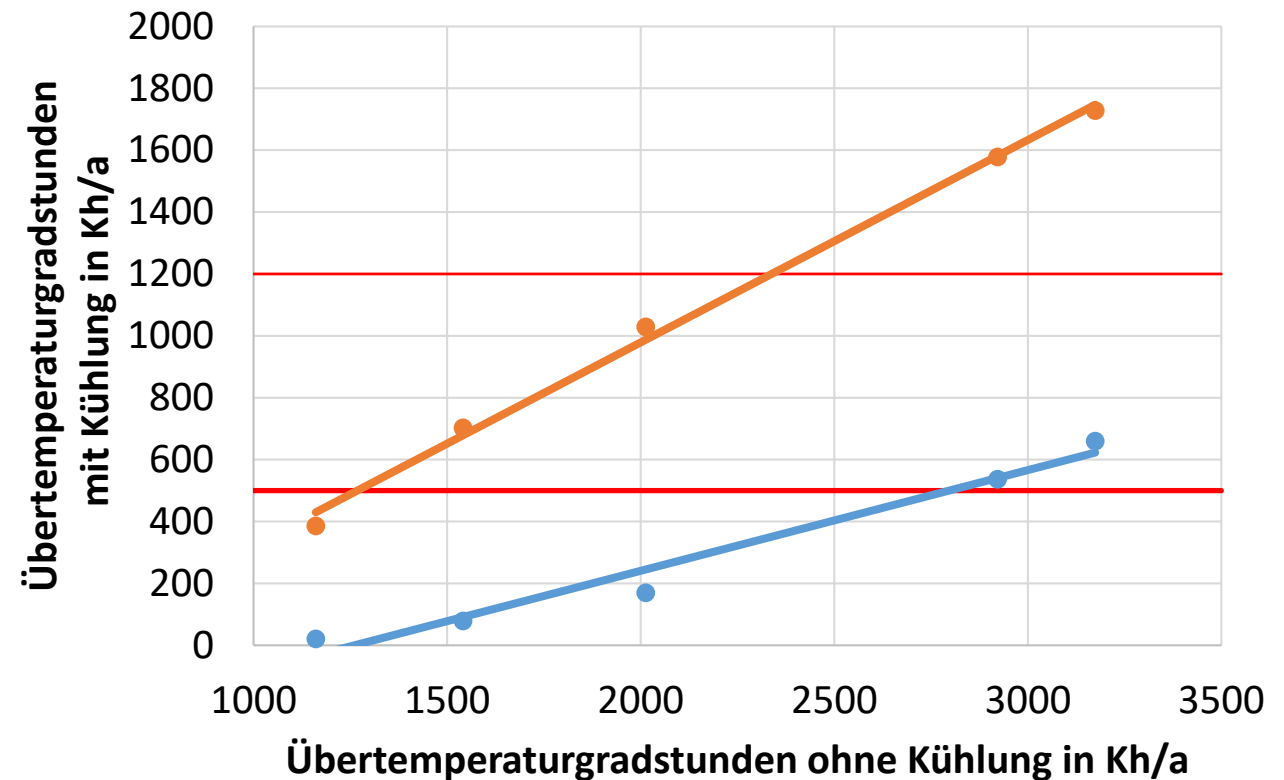
Quelle: [10]



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



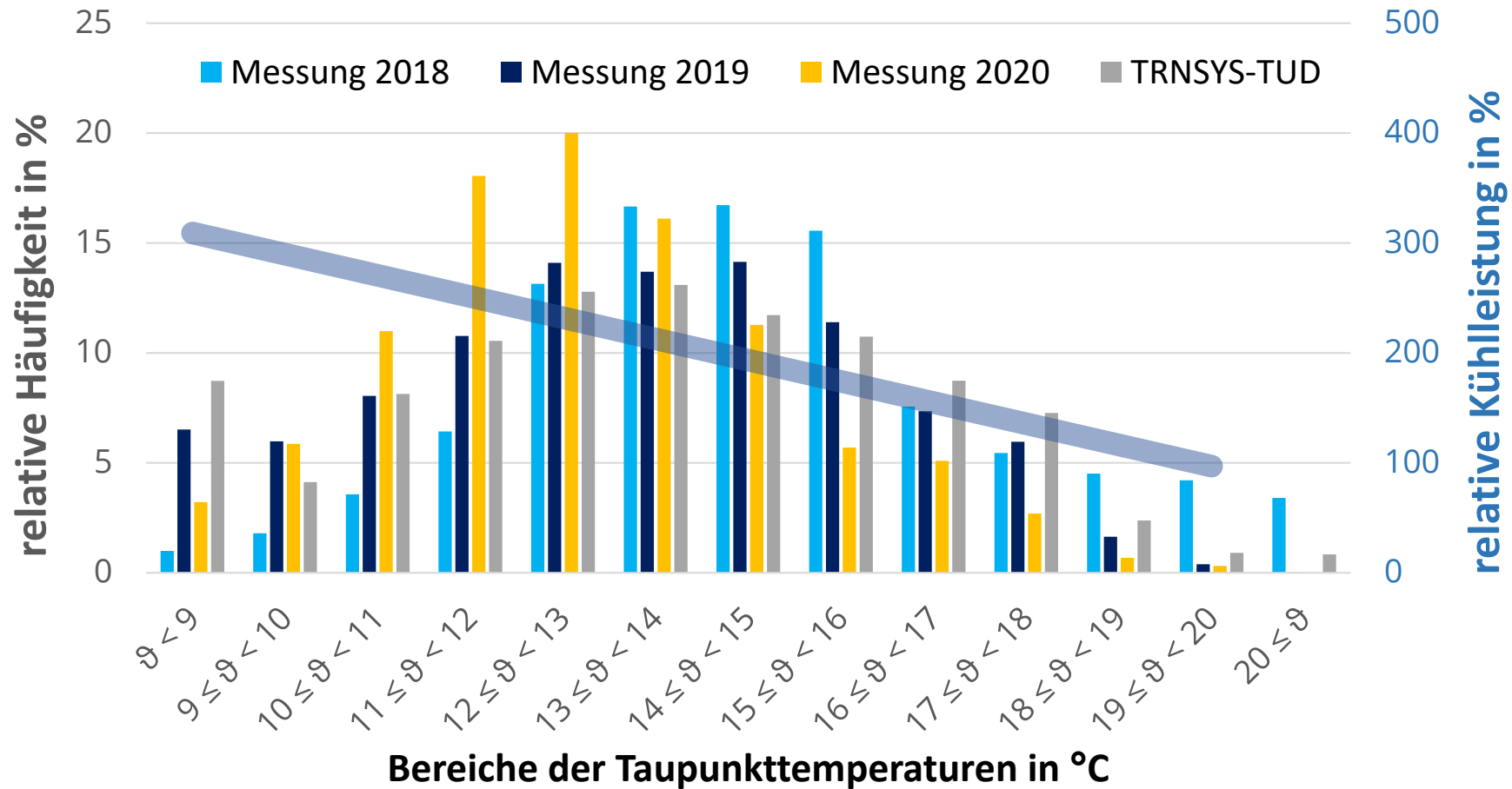
— Grenzwert für Büronutzung — Grenzwert für Wohnnutzung
● Kühlung bei Anwesenheit ● durchgängige Kühlung



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

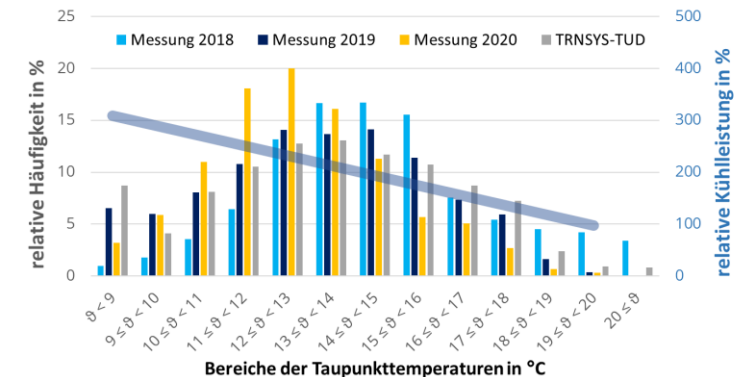
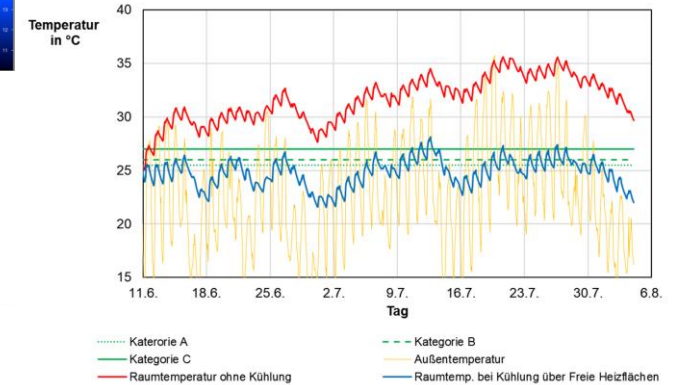
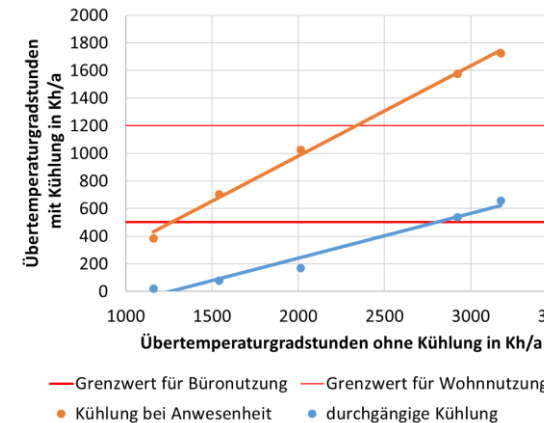
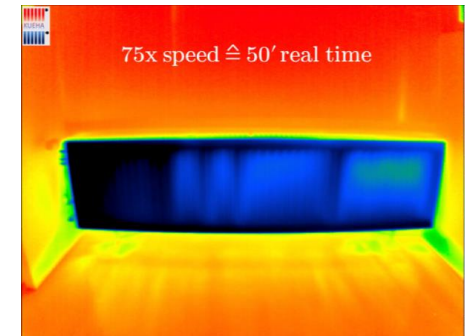
Temperaturabsenkungspotential:

→ 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:



STAATSBETRIEB IMMOBILIEN-
UND BAUMANAGEMENT
SIB



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