

# Kühlen mit (Bestands-)Heizungsanlagen

**Eine Chance zur Verbesserung der thermischen Behaglichkeit im Neubau und Gebäudebestand? Forschungsprojekt liefert erste Ergebnisse**

Die TU Dresden untersucht in einem Forschungsprojekt, ob eine Heizungsanlage auch zur sommerlichen Raumkühlung eingesetzt werden kann. Dabei steht der praktische Funktionsnachweis in realen Anlagen im Vordergrund. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass auch mit Heizkörpern (Freien Heizflächen) ein deutlicher Temperierungseffekt erreicht werden kann und damit eine kostengünstige Lösung zur Verbesserung der thermischen Verhältnisse in Neubau- und Bestandsgebäuden realisierbar ist.

In Europa wird seit der Jahrtausendwende eine starke Zunahme extremer Hitzeperioden registriert. Insbesondere in städtischen Bereichen kommt es dabei zu Wärmebelastungen, welche deutlich über denen des Umlandes liegen. Dies kann in der Bevölkerung zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen und daraus resultierenden hitzebedingten Sterbefällen füh-

ren. In einer im Bundesgesundheitsblatt veröffentlichten Studie [1] wird die Anzahl der hitzebedingten Sterbefälle z. B. für den Sommer im Jahr 2015 mit mehr 6000 Personen angegeben. Auf Grundlage eines systematischen Monitorings hat das Robert Koch-Institut in [2], vor allem für ältere Bevölkerungsgruppen, eine stark erhöhte, hitzebedingte Mortalität ermittelt.

Jenseits der Betrachtung gesundheitlicher Aspekte ist ein zunehmendes Bedürfnis nach einem akzeptablen Innenraumklima zu verzeichnen, welches bei der Bewertung von Immobilien einen zunehmenden Einfluss gewinnen wird. Demgegenüber bestehen in Bestandsgebäuden oft nur begrenzte Nachrüstmöglichkeiten für Anlagen zur sommerlichen Raumkühlung.



Bild 1: Die Untersuchung der Kühlwirkung von Heizkörpern sowie verschiedener Vergleichssysteme, unter Berücksichtigung diverser Möglichkeiten der Kälteerzeugung, wurde in realen Anlagen durchgeführt.

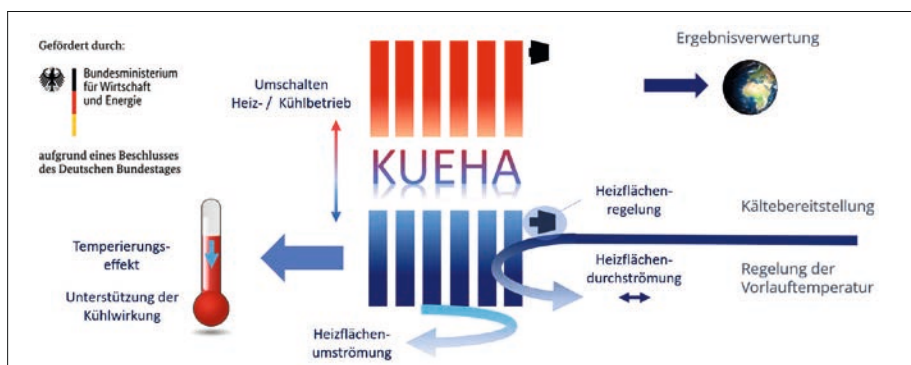


Bild 2: Untersuchungsschwerpunkte im Projekt KUEHA [8].

## Forschungsprojekt

Vor diesem Hintergrund wurde an der TU Dresden, zunächst mit numerischen Methoden, die Kühlwirkung von Heizkörpern und Flächenheizsystemen untersucht [3], [4]. Mit dem Projekt KUEHA [5] soll nun der Nachweis erbracht werden, dass die Ergebnisse der theoretischen Voruntersuchungen auf die Praxis übertragbar sind. Da Bestandsanlagen meist mit Heizkörpern ausgestattet sind, stehen deren Kühlwirkungen im Mittelpunkt der Untersuchungen. Diese erfolgen in realen Anlagen im Vergleich zu verschiedenen konventionellen Möglichkeiten. Dabei werden die in Bild 2 dargestellten Untersuchungsschwerpunkte bearbeitet.

## Untersuchungsergebnisse

Da die Leistung von Heizkörpern im Kühlfall aufgrund der geringen Differenz zur Umgebungstemperatur vergleichsweise gering ist, kann kein „Komfortkühlanspruch“ realisiert werden. Der Effekt entspricht einer Temperierung, bei der die Raumtemperatur gegenüber dem ungekühlten Vergleichsfall deutlich abgesenkt werden kann. Die Wirkung zeigt sich insbesondere bei hohen und langanhaltenden thermischen Belastungen. In

Felduntersuchungen wurde zunächst ein Temperaturabsenkpotezial von ca. 3 bis 4 K ermittelt. Dies erfolgte auf der Grundlage von Vergleichsuntersuchungen. Dem Vorteil der Betrachtung eines realen Anlagenbetriebes steht der Nachteil gegenüber, dass die Wirkung wesentlicher Einflussgrößen aus verschiedenen Gründen nur eingeschränkt berücksichtigt werden kann. Das betrifft insbesondere das thermische Einschwingverhalten beim gegenseitigen Wechsel zwischen Kühlbetrieb und dem ungekühlten Vergleichsfall, sowie der Gewährleistung eines Versuchsbetriebes unter vergleichbaren Witterungsbedingungen. Grundsätzlich sollte sich daraus aber eher eine Tendenz zu einem höheren Temperaturabsenkungspotenzial ableiten lassen. Zur Bewertung der im Feldtest ermittelten Ergebnisse wurden unter Nutzung einer bidirektional gekoppelten Anlagen- und Gebäudesimulation [6] Vergleichsrechnungen unter definierten Randbedingungen durchgeführt. Für die Vergleichsrechnungen wurde ein Modell einer Feldtestanlage erstellt. Bild 3 zeigt die Auswertung der Gebäudetemperatur für den gekühlten und den ungekühlten Vergleichsfall. Zusätzlich sind die Obergrenzen der für eine Büronutzung gültigen Behaglichkeitskategorien nach DIN EN ISO 7730 [7] eingetragen. In Bild 4 ist für einzelne Räume der zeitliche Verlauf der Temperaturdifferenzen zwischen den beiden Vergleichsfällen dargestellt. Im nicht eingeschwungenen Zustand liegt die Größenordnung der Temperaturdifferenzen im Bereich des mit dem Monitoring ermittelten Temperaturabsenkpotezials von ca. 3 bis 4 K und steigt im Verlauf der anhaltenden Hitzeperiode bis in den Bereich von ca. 8 bis 10 K. Zusätzlich geht von den gekühlten Heizflächen eine weitere Wirkung aus. Während sich im Heizfall an Heizflächen eine Auftriebsströmung einstellt, welche sich mehr oder weniger diffus auflöst, fällt im Kühlfall die von Heizflächen abgekühlte Raumluft definiert auf den Boden, sodass sich dort ein Kaltluftsee bildet. Personen und andere Wärmequellen können durch den Kaltluftsee eine gezielte Kühlwirkung erfahren, indem die kühlere Luft an deren warmen Oberflächen aufsteigt. Diese Wirkung

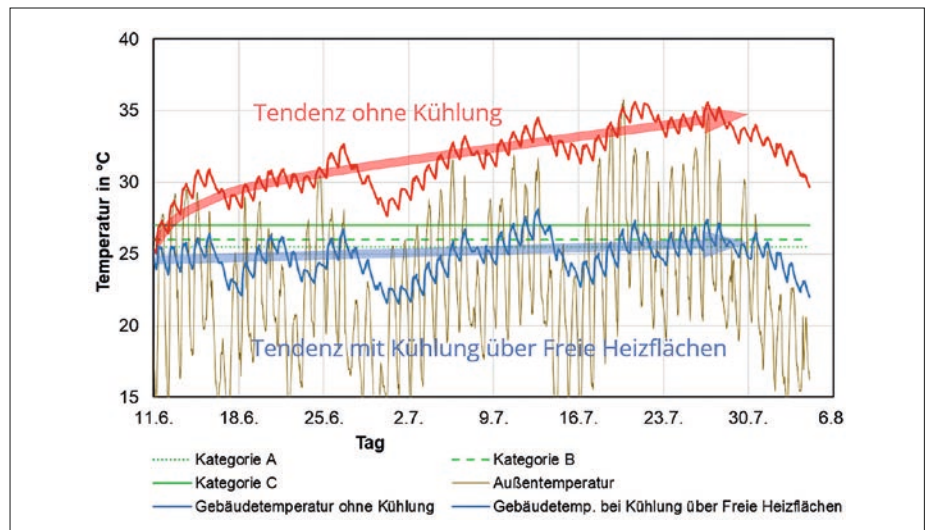


Bild 3: Zeitlicher Verlauf der Gebäudetemperatur bei einer Kühlung mittels Heizkörper im Vergleich zum Temperaturverlauf ohne Kühlung [9].

Tabelle 1: Video-Links; u. a. zu Auswirkungen verschiedener Heizflächendurchströmungen. QR-Codes und Kurzlinks führen direkt zu den jeweiligen Filmen.

Video-Link	Beschreibung und Kurzlink	QR-Code
1	Kurzschlussströmung in einem Heizkörper mit parallel durchströmten Platten bei stark reduziertem Massestrom. Kurzlink: <a href="https://bit.ly/Kurzschluss-Strömung">bit.ly/Kurzschluss-Strömung</a>	
2	Temperaturverteilung auf einem Heizkörper mit seriell durchströmten Platten unter den gleichen Bedingungen wie in Link Nr. 1. Kurzlink: <a href="https://bit.ly/Temperaturverteilung-seriell">bit.ly/Temperaturverteilung-seriell</a>	
3	Temperaturverteilung auf einem Heizkörper mit parallel durchströmten Platten unter den gleichen Bedingungen wie in Link Nr. 1 nach Umkehr der Strömungsrichtung (Vorlauf unten). Kurzlink: <a href="https://bit.ly/Temperaturverteilung-parallel">bit.ly/Temperaturverteilung-parallel</a>	
4	Temperaturverteilung auf einem Heizkörper mit parallel durchströmten Platten bei einer Durchströmung mit dem Auslegungsmassestrom. Kurzlink: <a href="https://bit.ly/Temperaturverteilung-parallel-standard">bit.ly/Temperaturverteilung-parallel-standard</a>	
5	Visualisierung der Luftströmung in einem Kaltluftsee. Kurzlink: <a href="https://bit.ly/Luftströmung">bit.ly/Luftströmung</a>	

sowie die sich einstellenden Lufttemperaturen und Luftgeschwindigkeiten ähneln sehr stark denen einer Quelllüftung.

### Gewährleistung einer ausreichenden Heizflächendurchströmung

In Heizkörpern wird das Vorlaufwasser immer im oberen Bereich der Heizfläche zu- und im unteren Bereich abgeführt. Hinsichtlich einer ausreichenden Heizflächendurchströmung muss grundsätzlich zwischen klassischen parallel durchströmten und den neueren seriell durchströmten Plattenheizkörpern un-

terschieden werden. Bei parallel durchströmten Heizflächen kann sich bei einem geringen Massestrom eine Kurzschlussströmung einstellen, bei der das kühlere Vorlaufwasser nach dem Eintritt sofort nach unten „fällt“, sodass ein großer Bereich der Heizfläche nicht gekühlt wird (Tabelle 1, Video-Link 1). Die Felduntersuchungen haben gezeigt, dass dieser Effekt nicht auftritt, wenn der Massestrom mit der Auslegungsleistung der Heizfläche korrespondiert, diese also nicht stark überdimensioniert ist (Tabelle 1, Video-Link 4). Beheben lässt sich eine Kurz-

### Nachgefragt

**IKZ-FACHPLANER:** Das Kühlen mit (Bestands-)Heizungsanlagen zeigt in den Untersuchungen effektive Ergebnisse. Wie ist der derzeitige Entwicklungsstand für die dazu erforderlichen Komponenten? Oder anders gefragt: Wann rechnen Sie mit einer marktreifen Umsetzungsfähigkeit für den möglichen (Um-)Bau solcher Anlagen?

**Dr. André Kremonke:** Grundsätzlich ist die Lösung einsatzbereit. Es gibt jedoch einige Hemmnisse, welche einer selbstverständlichen Erschließung der Kühlfunktion im Rahmen des Um- oder Neubaus von Heizungsanlagen entgegenstehen. Diese resultieren aus noch fehlenden technischen (Teil-)Lösungen und dem verbleibenden Informationsbedarf zur Systemlösung. Eine technische Lösung ist für den Thermostatkopf erforderlich, um zu vermeiden, dass dieser im Kühlfall, bei ansteigender Raumtemperatur, den Durchfluss durch das Heizkörperventil reduziert. Bei elektronischen Reglern sollte sich kein Handlungsbedarf ergeben. Für die ausstehenden technischen Umsetzungen wurden im aktuellen Projekt Prototypenlösungen entwickelt und in Demonstrationsanwendungen erfolgreich erprobt. Die Entwicklung marktreifer Produkte ist in einem weiterführenden Forschungsvorhaben adressiert, für das wir uns zusammen mit unseren Praxispartnern beworben haben. Insofern hängt die zeitliche Realisierung vor allem von der Bewilligung des weiterführenden Vorhabens ab.

**IKZ-FACHPLANER:** Welche Maßnahmen werden zur weiteren Aufklärung der technischen Umsetzungsmöglichkeiten durchgeführt?

**Dr. André Kremonke:** Wir gehen davon aus, dass ein Großteil des vorhandenen Informationsbedarfes mit Abschluss des aktuellen Projektes gedeckt werden kann. Der Abschlussbericht wird Mitte 2021 fertiggestellt. Doch schon jetzt können viele grundsätzliche Informationen über die Webpräsenz unseres Projektes abgerufen werden.

**IKZ-FACHPLANER:** Ist zu erwarten, dass Förderprogramme den (Um-)Bau solcher Maßnahmen unterstützen?

**Dr. André Kremonke:** Abgesehen von einer ggf. nachzurüstenden Möglichkeit zur Kälteerzeugung sind die Investitionskosten zur Erschließung der Kühlfunktion eher marginal. Eine sich darauf beschränkende Förderung ist aus unserer Sicht nicht notwendig. Wir wollen zukünftig den Focus unserer Untersuchungen auf einen ganzjährigen Betrachtungszeitraum legen, in den der sommerliche Kühlbetrieb eingebettet ist. Aus der Kühlfunktion resultiert ein deutlicher Zusatznutzen der Heizungsanlage, welcher über die Verbesserung der thermischen Situation in den Sommermonaten auch zur Wertsteigerung von Immobilien beitragen kann. Damit werden zusätzliche Anreize zur Erneuerung von Wärmeerzeugungsanlagen gegeben, für die dann bestehende und ggf. zukünftige Förderprogramme genutzt werden können. Dabei kommt der Wärmepumpentechnologie eine besondere Bedeutung zu, da über den reversiblen Betrieb von Wärmepumpen oder der Kälteauskoppelung aus Solekreisläufen auch die Kältebereitstellung erfolgen kann.

**IKZ-FACHPLANER:** Der im Artikel erwähnte Kaltluftsee hat eine unmittel-



Bild: Kremonke

bare Wirkung auf die im Raum befindlichen Personen. Besteht hier die Gefahr von Zugerscheinungen im unteren Bereich der Extremitäten?

**Dr. André Kremonke:** Die von uns gemessenen Lufttemperaturen und -geschwindigkeiten liegen in der Größenordnung der Werte, die sich bei einer Quelllüftung einstellen, welche bekanntlich als sehr angenehm empfunden wird. Im Rahmen der Felderprobung sind mindestens 70 Personen mit der aus dem Kaltluftsee resultierenden Kühlwirkung in Kontakt gekommen. Wir haben nur in einem Fall eine negative Rückmeldung bekommen, welche ihren Ursprung in einer noch unzureichend justierten Regelung für den Übergang in den ungekühlten Gebäudebetrieb hatte. Die Temperaturschichtung und die daraus resultierende Kühlung des menschlichen Körpers werden von den meisten Nutzern gar nicht bewusst, bzw. erst dann wahrgenommen, wenn diese darauf aufmerksam gemacht werden.

schlussströmung durch Umkehr der Strömungsrichtung (Tabelle 1, Video-Link 3), indem beispielsweise der Kälteerzeuger das Kühlmedium in den Anlagenrücklauf einspeist. Bei seriell durchströmten Heizflächen konnte im Rahmen der Felduntersuchungen, auch bei sehr kleinen Masse-

strömen, keine Kurzschlussströmung beobachtet werden (Tabelle 1, Video-Link 2).

### Maximierung der Kühlwirkung

Zur Maximierung der Kühlwirkung sollten grundsätzliche, sowie weitere ergänzende Anforderungen erfüllt werden.

Zu den grundsätzlichen Anforderungen gehört, dass das üblicherweise verbaute Thermostatregelventil bei ansteigenden Raumtemperaturen nicht in die Richtung der Schließposition fährt und somit den Massestrom reduziert. Um dies zu verhindern, müsste der Thermostatkopf wäh-



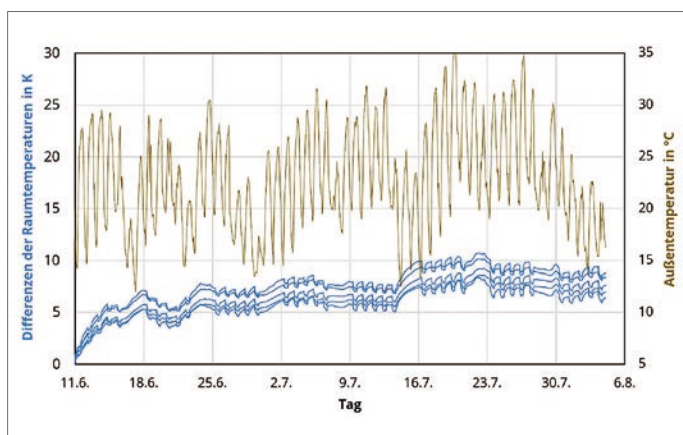


Bild 4: Zeitlicher Verlauf der Raumtemperaturabsenkung infolge der Kühlwirkung von Heizkörpern [9].

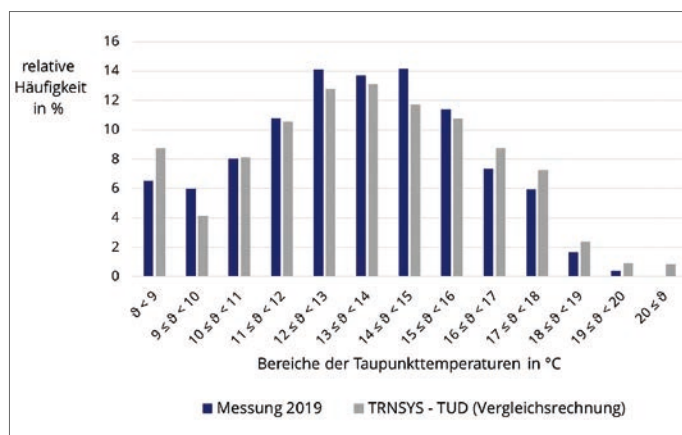


Bild 5: Häufigkeitsverteilung relevanter Taupunkttemperaturen [9]. Die Vorlauftemperatur wird über eine Beimischschaltung geregelt. Deren Sollwert ergibt sich aus der aktuellen Taupunkttemperatur zzgl. eines Sicherheitszuschlages.

rend der Kühlperiode abgenommen werden. Eine praktikablere Lösung befindet sich in der Entwicklung. Anders verhält es sich bei elektrischen Stellantrieben. Hier besteht meist die Möglichkeit zur Umschaltung des Regelsinns innerhalb des zugehörigen Reglers. Eine weitere grundsätzliche Anforderung besteht darin, dass während einer Kühlperiode ein durchgängiger und unregelmäßiger Kühlbetrieb realisiert wird. Der durchgängige Kühlbetrieb ermöglicht auch außerhalb von Nutzungszeiten einen stetigen Wärmeentzug des Gebäudes, welcher dem Aufschwingen der Gebäudetemperatur während anhaltender Wärmebelastungen entgegenwirkt (vergl. Bild 3, z. B. Zeitraum 11.06. bis 25.06.). Die Felduntersuchungen haben gezeigt, dass trotz der vergleichsweise geringen Kühlleistung von Heizkörpern mit dem durchgängigen Kühlbetrieb ein deutlicher Anteil des Kühlenergiebedarfes gedeckt werden kann. Bei dieser Art der Kühlung ist allerdings auch zu beachten, dass die Vorlauftemperatur auf sehr niedrige Werte eingeregelt wird, ohne dass dies zu einer Tauwasserbildung führt. Bild 5

zeigt beispielhaft die Häufigkeitsverteilung von Taupunkttemperaturen, an denen die Regelung der Vorlauftemperatur ausgerichtet wird. Im Rahmen der Felduntersuchungen wurde dazu ein sehr kostengünstiges Regelsystem entwickelt, welches eine funkbasierte Sensorik nutzt. Weitere Möglichkeiten zur Maximierung der Kühlwirkung sind:

- die Installation zusätzlicher Kühlflächen,
- die Vergrößerung von Heizkörpern im Rahmen eines Austausches,
- der Austausch von Heizkörpern gegen solche mit Gebläseunterstützung,
- die Ausstattung von Heizkörpern mit Adaptern zur Steigerung des konvektiven Wärmestromes sowie
- die Planung des Einsatzes größerer Heizflächen unter Berücksichtigung des Kühlbetriebes bei neu zu errichtenden Anlagen.

Hinsichtlich des Einsatzes von Adaptern wurde ein Prototyp entwickelt, um den Effekt der möglichen Leistungssteigerung zu demonstrieren (Bild 6). Im Laborversuch konnte mithilfe des Adapters eine Verdoppelung der Kühlleistung der zugehörigen Heizfläche nachgewiesen werden. Aktuell wird diese Lösung als Demonstrator erprobt und für die ganzjährige Kühlung von Serverräumen eingesetzt. Erzeugerseitig wird im konkreten Anwendungsfall ein hoher Anteil des Kühlenergiebedarfes über Freie Kühlung bereitgestellt.

#### Ausblick

Die aktuellen Untersuchungen belegen, dass Heizkörper und Flächenheizsysteme auch zur sommerlichen Raumkühlung eingesetzt werden können. Auch

wenn damit „nur“ ein Temperierungseffekt erreichbar ist, muss dies im Kontext zu den sehr niedrigen Investitions- und Betriebskosten, dem deutlichen Gewinn an thermischem Komfort und der damit verbundenen Wertsteigerung von Immobilien bewertet werden. Weiterhin werden dadurch vor allem auch für Bestandsgebäude Anreize zum Einsatz von Wärmepumpentechnologien gegeben, welche für die Wärme- und Kältebereitstellung genutzt werden können. Damit rückt die ganzjährige Systemoptimierung von Heizungsanlagen in den Vordergrund. Gleichwohl bestehen hinsichtlich eines breiten, vorbehaltlosen Praxiseinsatzes noch einige Hemmnisse. Hierfür sind eine weitere Schärfung und Kommunikation des Benefits der vorgestellten Möglichkeiten und Effekte, sowie die kommerzielle Vermarktung des entwickelten Regelungs- und Steuerungskonzeptes erforderlich. ◀

#### Literatur/Quellen:

Die Literatur- und Quellenangaben [1] bis [9] finden Sie im Internet unter [www.ikz-select.de](http://www.ikz-select.de) (Bereich: Wissen/SelectNews. Anmeldung erforderlich, Basic-Account ist kostenfrei).

#### Der Kurzlink:

[bit.ly/ikz-select-Artikel](http://bit.ly/ikz-select-Artikel) und QR-Code führen direkt zum Artikel.



#### Autoren:

Dipl.-Ing. Markus Arendt, Dr.-Ing. Lars Haupt, Dr.-Ing. André Kremonke, Dr.-Ing. Alf Perschke, Prof. Dr.-Ing. Clemens Felsmann; alle TU Dresden

Bilder: TU Dresden

[www.tu-dresden.de/mw/kueha](http://www.tu-dresden.de/mw/kueha)



Bild 6: Kühlung eines Serverraumes über „BoostAdapt“.