

Hartwig M. Künzel und Klaus Sedlbauer

Raumluftentfeuchtung durch gekühlten Wasserfilm

Zum Kühlen und Entfeuchten der Raumluft werden häufig Luft umwälzende Klimageräte eingesetzt. Der Betrieb dieser Geräte ist mit einer gewissen Geräuschentwicklung und manchmal auch mit Zugerscheinungen verbunden. Als Alternative haben sich deshalb großflächige Kühlelemente, wie z.B. Kühldecken, am Markt etabliert. Der Vorteil solcher Kühlelemente liegt in ihrer doppelten Wirkung. Sie kühlen die vorbeistreichende Luft und bilden gleichzeitig eine Senke für die langwellige Strahlung von Personen und Gegenständen im Raum. Außerdem verursachen sie weder Geräusche noch störende Zugluft. Derartige Kühlelemente haben jedoch eine begrenzte Kühlleistung. Die Temperatur an der Oberfläche einer Kühldecke muss soweit über dem Taupunkt der Raumluft liegen, dass dort keine Schimmelpilze auftreten. D.h. die Oberflächenfeuchte sollte etwas unter 80 % r.F. bleiben [1]. Kühldecken eignen sich deshalb nicht zur Entfeuchtung der Raumluft, da ja die Abscheidung des in der Luft vorhandenen Wasserdampfes verhindert werden muss.

Alternative Flächenkühlsysteme mit Flüssigkeitsfilm

Die Gefahr von Tauwasserbildung oder Schimmelpilzwachstum stellt nicht nur eine Herausforderung für die Regelung von Kühldecken dar, sondern begrenzt auch deren nutzbare Kühlleistung bei erhöhter Raumluftfeuchte erheblich. Einen Ausweg bildet das in **Bild 1** schematisch dargestellte neuartige Flächenkühlsystem [2]. Es besteht z.B. aus einer an der Wand montierten wasserführenden Ebene, der oben gekühltes Wasser oder eine andere Kühlflüssigkeit mit Hilfe von kleinen Düsen so zugeführt wird, dass sich ein gleichmäßiger Flüssigkeitsfilm bildet, der langsam in das untere Auffanggefäß fließt. Wie bei einer Kühldecke wird die Temperatur der Kühlflüssigkeit durch ein außerhalb des Raums installiertes Kühlaggregat gesteuert.

Im Gegensatz zur Kühldecke können hier problemlos Temperaturen unterhalb des Taupunktes der Raumluft gefahren

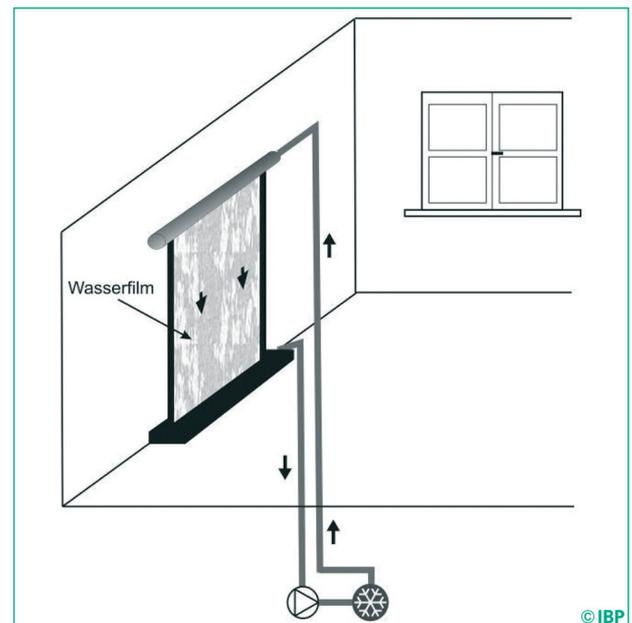


Bild 1: Schematische Darstellung eines Flächenkühlsystems, bei dem sich die Kühlflüssigkeit nicht in Rohrleitungen befindet, sondern in Form eines Films über eine Fläche fließt, die in direktem Kontakt mit der Raumluft steht.

werden. Das hat sogar den Vorteil, dass die Raumluft beim Vorbeistreichen am Wasserfilm nicht nur gekühlt, sondern gleichzeitig auch entfeuchtet wird. Liegt die Temperatur des Wasserfilms nämlich unter der Taupunkttemperatur der Raumluft kondensiert die Raumluftfeuchte auf dem Wasserfilm und wird mit ihm abgeführt. Je nach der Zusammensetzung der Kühlflüssigkeit kann das aus der Raumluft aufgenommene Wasser anschließend durch einen simplen Überlauf oder eine Regeneriereinrichtung wieder aus dem Kühlkreislauf entfernt werden. Natürlich können die Randbedingungen auch so eingestellt werden, dass auf Wunsch eine Befeuchtung der Raumluft erfolgt.

Versuche zur Kühl- und Entfeuchtungswirkung

Für experimentelle Untersuchungen stehen zwei Raumklima-Testräume auf dem Freilandversuchsgelände des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik (IBP) in Holzkirchen zur Verfügung. Die Räume haben ein Volumen von 50 m³ und sind mit einer steuerbaren Lüftungsanlage ausgestattet, die die Einstellung eines konstanten Luftwechsels (hier 0,5 h⁻¹) erlaubt. In den Räumen befinden sich kalibrierte Ultraschallverdampfer, mit denen Feuchteproduktionszyklen simuliert werden können, wie sie beispielsweise für intensiv genutzte Wohnungen typisch sind. Die Steuerung der Verdampfer erfolgt durch eine Zeitschaltuhr, was zu einer „Digitalisierung“ der Feuchteproduktion führt. Deshalb entwickeln sich die Verläufe der relativen Feuchte in den Versuchsräumen leicht sägezahnartig. Die Versuchsräume und ihre Ausstattung wurden für Vergleichsuntersuchungen zur Feuchtepufferwirkung von Innenbekleidungen konzipiert, die in [3] genauer beschrieben sind.

In einem der Versuchsräume, dessen Wände mit einem normalen Innenputz versehen sind, wurde eine der Schemazeichnung in **Bild 1** entsprechende Anlage eingebaut. Dieser „Kühlbrunnen“, der fast die gesamte Raumhöhe ausfüllt, besteht aus einem eingefassten Stahlblech, das an seiner Rückseite wärmeisoliert ist. Durch eine Rohrleitung mit kleinen Düsen am oberen Ende wird die Kühlflüssigkeit (bei den Versuchen wurde reines Wasser verwendet) über die gesamte Breite des Bleches so verteilt, dass ein gleichmäßiger Film entsteht. Dieser Wasserfilm wird am unteren Ende aufgefangen und zum außerhalb des Versuchsräumens installierten Kühlaggregat zurückgeleitet. Dadurch schließt sich der offene Kühlkreislauf. Die ersten Versuche liefen bei einer Raumtemperatur von 20°C und sommerlichen Luftfeuchteverhältnissen.

Bild 2 zeigt im unteren Diagramm die 24-Stunden-Verläufe der relativen Feuchte im Versuchsraum mit und ohne Betrieb des Kühlbrunnens. Die sich täglich wiederholenden Perioden mit erhöhter Feuchteproduktion sind im oberen Diagramm dargestellt. Durch die geringe Feuchteproduktion in der Nacht fällt die relative Feuchte im Raum von anfänglich 70% auf etwas über 60%. Mit Beginn der ersten Feuchteproduktionsspitze am Morgen wird am ersten Tag auch der Kühlbrunnen in Betrieb genommen. Die Entfeuchtungswirkung des Kühlbrunnens wird durch den Vergleich der beiden Verläufe deutlich; die Luftfeuchte im Raum bleibt auch während der Feuchteproduktionsspitzen um mehr als 10% r.F. unter den Referenzwerten ohne Kühlbrunnenbetrieb. Erst nach dem Abschalten des Kühlbrunnens stellen sich wieder annähernd gleiche Luftfeuchteverhältnisse ein.

Weitere Versuche zur thermischen Behaglichkeit bei Raumtemperaturen zwischen 25°C und 30°C haben gezeigt, dass durch die Strahlungssenke des Kühlbrunnens an heißen Sommertagen auch eine deutliche Verbesserung der PMV-Werte zu erreichen ist.

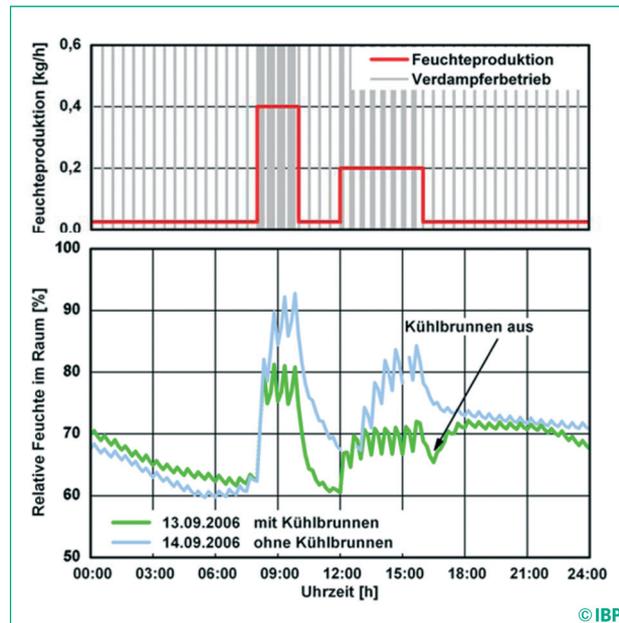


Bild 2: An zwei aufeinander folgenden Tagen mit vergleichbaren Witterungsbedingungen gemessene Raumluftfeuchteverläufe mit und ohne „Kühlbrunnen“-Betrieb mit Angabe der zeitabhängigen Feuchteproduktion im Raum.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die große Popularität von Kühldecken ist in ihrem geräuschlosen und zugerscheinungsfreien Betrieb begründet. Die hier vorgestellten Flächenkühlsysteme haben diesbezüglich dieselben Eigenschaften. Darüber hinaus können sie jedoch die Raumluft auch entfeuchten, was an schwül-warmen Tagen zu behaglicheren Verhältnissen im Raum führt. Erste Versuche haben bereits diese doppelte Wirkung zur Verbesserung der Raumluftbedingungen bestätigt. Ein wesentlicher Aspekt der Raumklimatisierung durch gekühlte Wasserfilme ist die rasche Verfügbarkeit. Ähnlich, wie bei herkömmlichen Klimageräten mit Gebläse ist die Wirkung sofort nach dem Einschalten spürbar. Im Gegensatz zu diesen sind jedoch bei den vorgestellten Flächenkühlsystemen kein interner Wärmeaustausch Kühlmittel-Luft und keine Hilfsenergie für ein Gebläse notwendig. Dies dürfte sich günstig auf den energetischen Wirkungsgrad auswirken. Anders als bei herkömmlichen Kühldecken kann die Kühlfläche (Wasserfilm) als sog. Tauwasserfalle dienen. Diese Eigenschaft lässt ihren Einsatz auch in feucht-warmen Klimazonen interessant erscheinen.

Literatur

- [1] Sedlbauer, K.: Vorhersage von Schimmelpilzbildung auf und in Bauteilen. Dissertation Universität Stuttgart (2001).
- [2] Künzel, H.M und Sedlbauer, K.: Vorrichtung und Verfahren zur Kühlung und Entfeuchtung der Raumluft. PCT Internationale Offenlegungsschrift: WO 2007/009752 A1, 25. Januar 2007.
- [3] Künzel, H.M., Holm, A. und Sedlbauer, K.: Einfluss feuchtepuffernder Materialien auf das Raumklima. wksb 51 (2006), H. 57.



Fraunhofer
Institut
Bauphysik

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK IBP

Institutsleitung: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Sedlbauer

70569 Stuttgart, Nobelstr. 12 (Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart), Tel. 07 11/970-00
83626 Valley, Fraunhoferstr. 10 (Postfach 11 52, 83601 Holzkirchen), Tel. 0 80 24/643-0
34127 Kassel, Gottschalkstr. 28a, Tel. 05 61/804-18 70

Herstellung und Druck: IRB Mediendienstleistungen des Fraunhofer-Informationszentrums Raum und Bau IRB, Stuttgart
Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik