

## 43 (2016) NEUE FORSCHUNGSERGEBNISSE, KURZ GEFASST

Martin Krus, Michael Eberl,  
Herbert Sinnesbichler,  
Martin Bergmann\*, Peter Heusinger\*

### Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart  
Telefon +49 711 970-00  
info@ibp.fraunhofer.de

Standort Holzkirchen  
Fraunhoferstraße 10, 83626 Valley  
Telefon +49 8024 643-0

Standort Kassel  
Gottschalkstraße 28a, 34127 Kassel  
Telefon +49 561 804-1870

[www.ibp.fraunhofer.de](http://www.ibp.fraunhofer.de)

\* Mitarbeiter des Fraunhofer-Instituts  
für Integrierte Schaltungen IIS, Nürnberg

### Literatur

[1] Sedlbauer, K.; Gabrio, Th.; Krus, M.: Schimmelpilze – Gesundheitsgefährdung und Vorhersage. *Gesundheitsingenieur* 123 (2002), H. 6, S. 285-336.

[2] Verfahren und Vorrichtung zur Vermeidung von Schimmelpilzbefall. Patent Nr. DE10321253, 7.5.2003.

## FUNKBASIERTER TAUPUNKTSCHALTER ZUR SCHIMMELPILZVERMEIDUNG

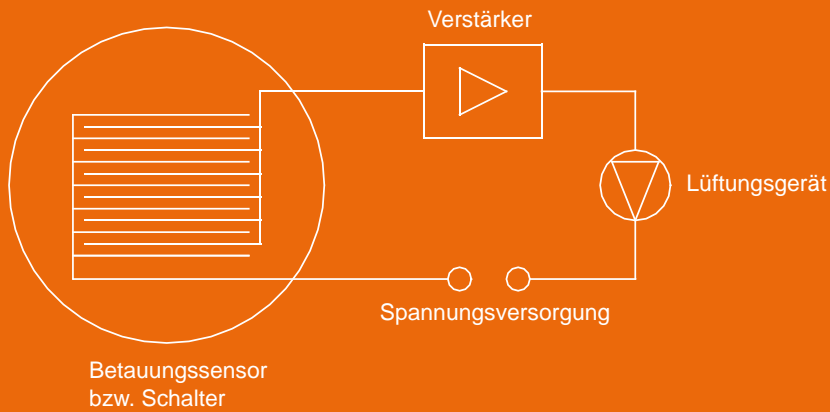
### HINTERGRUND

Werden im Rahmen von Teilsanierungen im Altbaubereich lediglich luftdichte Fenster eingebaut, ist aufgrund der oft beibehaltenen Lüftungsgewohnheiten insbesondere im Bereich von schlecht gedämmten Bauteilanschlüssen vermehrt Schimmelpilzbildung zu beobachten. Seine Beseitigung bzw. Vermeidung führt nicht nur zu erheblichen Kosten, Schimmelpilz kann auch die Gesundheit der Bewohner gefährden [1]. Im Gegensatz zu früher kann heute nicht mehr davon ausgegangen werden, dass ständig jemand für eine gleichmäßig über den Tag verteilte Stoßlüftung anwesend ist.

Aus energetischer Sicht ist eine permanente Lüftung mit konstantem Volumenstrom keine optimale Lösung. Die erforderliche Luftmenge muss sich – in Abhängigkeit von den sich an der Oberfläche einstellenden Randbedingungen (durch instationäre Befeuchtungsvorgänge wie Kochen, Duschen etc.) – regulieren lassen.

Kostengünstige, langfristig stabile und wartungsfreie Messsensoren zur permanenten messtechnischen Bestimmung der Oberflächenfeuchten und -temperaturen sind bislang jedoch nicht verfügbar. Derzeitig eingesetzte Lüftungsanlagen werden deshalb meist nur über die Luftqualität (CO<sub>2</sub>-Konzentration) gesteuert, die Feuchtebelastung und das Schimmelpilzrisiko bleiben dagegen unberücksichtigt.

Schimmelpilzwachstum tritt vor allem an materialbedingten oder geometrischen Wärmebrücken auf, da hier aufgrund der niedrigeren Oberflächentemperatur höhere Oberflächenfeuchten vorliegen. Eine ausgeprägte Wärmebrücke liegt vor allem im Eckbereich zwischen Verglasung und Fensterrahmen. Hier kommt es bei höheren internen Feuchtebelastungen zu einer Betauung, noch bevor an anderen Wärmebrücken die Wachstumsbedingungen für Schimmelpilze erreicht sind. Befindet sich dort ein einfacher, schaltender Betauungssensor (Aufbau z. B. wie in Bild 1), so kann damit, solange Betauung vorliegt, über ein Steuersignal beispielsweise eine Lüftungsanlage in Gang gesetzt werden. Sobald keine Betauung mehr gegeben ist, wird diese bedarfsgerecht wieder automatisch abgeschaltet. Ein besonderer Vorteil eines derartigen Betauungsschalters liegt darin, dass er ohne aufwendige Messtechnik auskommt. Das macht ihn preisgünstig und praktisch wartungsfrei; regelmäßige Kalibriermaßnahmen entfallen vollkommen. Die beschriebene Technik besitzt außerdem den Vorteil, dass sie den Nutzer nicht bevormundet, sondern ihm sein gewohntes Lüftungsverhalten lässt und nur dann eingreift, wenn ein Schadensrisiko besteht.



1

2

## ZIEL DER ENTWICKLUNG

Um eine besonders hohe Flexibilität zu erreichen, soll der zu entwickelnde Sensor funkbasiert sein (Vermeidung der Verkabelung im Bestand). Mit dieser Technik können zahlreiche Bauschäden vermieden werden. Der immer wieder aufkommenden Argumentation einer erhöhten Schimmelpilzgefahr nach einer thermischen Sanierung könnte auf diese Weise wirkungsvoll entgegen gewirkt werden.

## PROTOTYPENTWICKLUNG UND EINSATZTEST

Die Entwickler realisierten sowohl die messtechnische Elektronik für die Erfassung des Taupunktwertes als auch die funkbasierte Übertragung des Messwertes an die Steuerlogik der Belüftungsanlage.

Der Prototyp zur Überprüfung der Funktion eines derartigen Aufbaus soll die prinzipielle Machbarkeit des Gesamtkonzepts demonstrieren. Es wurde zunächst bewusst auf eine Miniaturisierung des Systems verzichtet. Für ein industriell gefertigtes Modell ist eine Minimierung des Systems neben einer autarken Energieversorgung über Solarzellen oder »Energy Harvesting« eine weitere wesentliche Zielsetzung.

Der Prototyp basiert auf einer System-on-Chip-Lösung. Hier wurde ein 8051-Mikrocontroller gemeinsam mit einem 2.4-GHz-Transceiver auf einem Chip integriert. Über eine H-Brücke wird der Taupunktwert messtechnisch vom Mikrocontroller erfasst und an die Belüftungssteuerung drahtlos übertragen. Zur Minimierung des Energiebedarfs wurde das Softwaredesign so konzipiert, dass der Controller den Großteil der Laufzeit in einem effizienten Energiesparmodus verweilt. In einem definierten Zyklus wird der Controller in den aktiven Modus zur Messung und Übertragung des Betaungssignales versetzt.

Ein auf einer Folie befindlicher Betaungssensor wird in den Eckbereich eines Fensters im VERU-Testgebäude der Freilandversuchsstelle Holzkirchen eingebaut und mittels Funktechnik mit der vorhandenen Lüftung verbunden. Im Raum wird über einen Ultraschallverdampfer die Feuchtelast entsprechend einer realen Nutzung eingebracht. Bild 2 zeigt eine fotografische Ansicht des Prototyps zur Erfassung und drahtlosen Übertragung des Taupunktwertes. In dem Kästchen mit transparentem Deckel ist die Funktechnik eingebaut; am Fensterglas aufgeklebt erkennt man den Betaungssensor. Die auf dem Bild sichtbare Verkabelung dient für Vergleichsmessungen (zusätzliche Temperatur- und Luftfeuchtefühler).

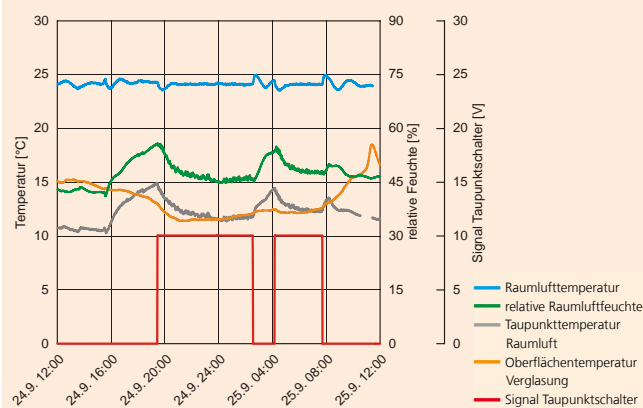
Diagramm 1 zeigt die Messergebnisse während des Funktionstests. Die Raumlufttemperatur (blaue Kurve) liegt nahezu konstant bei 24–25 °C. Diese hohe Innenraumtemperatur wurde gewählt, weil in der Messperiode Ende September noch relativ hohe Außentemperaturen vorlagen, bei kühlerer Raumluft wäre sonst keine Betaung am Fenster erfolgt. Mit dargestellt ist die Taupunkttemperatur der Raumluft (graue Kurve) und die Oberflächentemperatur der Glasscheiben-Innenseite (orange Kurve) nahe des Betaungssensors.

Liegt diese Oberflächentemperatur unterhalb der Taupunkttemperatur der Raumluft findet eine Betaung der Scheibe statt. Man erkennt, dass nach einem hier beispielhaft ausgewähltem Zeitraum nach Unterschreitung der Taupunkttemperatur der Betaungsschalter ein entsprechendes Signal abgibt (rote Kurve) und damit die Lüftungsanlage einschaltet. Dies führt zu einem Absinken der Raumluftfeuchte (grüne Kurve) und damit der Taupunkttemperatur. Bei ausreichender Entfeuchtung des Raumes wird die Lüftung wieder abgeschaltet. Am dargestellten Messtag schaltet der Betaungsschalter aufgrund der hohen internen Feuchtelast später die Lüftung erneut ein.

## ZUSAMMENFASSUNG

Der Einsatz einer solchen Steuerung für die Lüftungstechnik ermöglicht eine deutlich bessere Prävention von Schimmelschäden mit verhältnismäßig geringem Aufwand. Die dargestellten Messergebnisse belegen die Funktionsfähigkeit eines derartigen Aufbaus. Nach entsprechender Miniaturisierung und Unterbringung der gesamten Elektronik auf der Betaungssensorfolie dürfte sich durch die schnelle und einfache Applikation dieser Technik an zahlreichen Gebäuden ein lukrativer Markt eröffnen.

Diagramm 1: Messkurven bei Einsatz der Lüftungssteuerung über den Betaungssensor.



1 Schematischer Aufbau eines Betaungssensors zur Lüftungssteuerung [2].

2 Ansicht des Prototyps mit der Funkelektronik, der Betaungssensorfolie auf der Scheibe sowie zusätzlicher Messsensorik.