

# Vorbeugung von Schimmelpilzbefall im Innenraum mit dem Oberflächenfeuchtigkeitsanzeiger „Schimmelwächter“

Thomas Missel

## 1. Zusammenfassung

Gesundheitsbehörden, Verbraucher- und Mieterschutzorganisationen empfehlen Nutzern von feuchtigkeitsbedrohten Altbauten häufig die Anschaffung von Luftfeuchtigkeitsmessgeräten zur Vorbeugung möglicher Schimmelpilzbildung im Innenraum. Die Sachverständigenpraxis hat aber gezeigt, dass Schimmelpilzbildung mit der klassischen Raumluftfeuchtemessung und -anzeige nicht effektiv vorgebeugt werden kann. Dies liegt u. a. darin begründet, dass das entscheidende Kriterium bei der Schimmelpilzbildung – die Baustoffoberflächenfeuchte – mit diesen Geräten lediglich „spekulativ“, d. h. durch Umrechnung der Raumklimadaten, ermittelt und angezeigt werden kann. Die tatsächliche Eigenfeuchte der (hygroskopischen) Wandbeläge konnte bisher nicht erfasst werden, da entsprechend sensible Oberflächenfeuchtefühler und -anzeiger, die das Problem sicher lösen könnten, auf dem Markt nicht erhältlich waren.

Das Labor für Arbeits- und Umwelthygiene (Hannover) hat in Zusammenarbeit mit der *Rotronic AG (Bassersdorf, Schweiz)* einen empfindlichen Wandoberflächenfeuchtigkeitsanzeiger für den Innenraum entwickelt. Der *Schimmelwächter* zeigt die momentane Oberflächenfeuchte mit Leuchtdioden an und unterstützt den Raumnutzer, kritischen Oberflächenfeuchten gezielt entgegenzuwirken. Bezugspunkt bei der Feuchtigkeitsmessung ist die allgemein als „Schimmelpilzpunkt“ angesehene relative Feuchte von 80%. In dieser Arbeit werden Ergebnisse einer umfassenden Austestung von Prototypen im Feldversuch vorgestellt. Bei den Untersuchungen wurde deutlich, dass Lüftungszeitpunkt und -dauer unter dem Gesichtspunkt der Schimmelpilzvorbeugung ausschließlich auf die Oberflächenfeuchte und nicht auf die Raumluftfeuchte auszurichten sind. Feuchtigkeit, die sich im Tagesverlauf in Wandbelägen akkumuliert hat, muss immer wieder vollständig abgeführt werden. Entsprechend dem individuellen Wohn- und Lüftungsverhalten und in Abhängigkeit von den momentanen Außentemperaturen kann es dabei erforderlich sein, häufiger und auch länger als vom Verbraucherschutz empfohlen zu lüften und den Raum vermehrt zu beheizen. Bei der Geräte-austestung hat sich gezeigt, dass mit dem Schimmelwächter tatsächlich eine wirksame und nachhaltige Vorbeugung von Schimmelpilzproblemen möglich ist.

## 2. Einleitung

Feuchtigkeit und Schimmelpilz im Innenraum stellen ein bedeutendes gesundheitliches und wirtschaftliches Problem in unserer Zeit dar. Nach einer neueren Untersuchung erhöhen größere Feuchtigkeitsschäden in Wohnungen das Risiko, an Asthma zu erkranken um 50%. Bei einer repräsentativen Bestandsaufnahme dieser Studie wurde festgestellt, dass in Deutschland annähernd 1/3 aller Wohnungen von Feuchtigkeitsschäden, davon 6 bis 9% mit sichtbarem Schimmelpilzbefall betroffen sind [1]. Seitens des Verbraucherschutzes wird empfohlen, Feuchtigkeitsproblemen und Schimmelpilzwachstum im Innenraum mit Raumluftfeuchtigkeitsmessgeräten vorzubeugen. Herkömmliche Thermohygrometer können zur Kontrolle des Lüftungsregimes und zum Zählen von Raumlüftungsvorgängen bei Mietstreitigkeiten sinnvoll eingesetzt werden. Mit diesen Geräten ist aber weder eine zuverlässige Vorbeugung von Schimmelpilzwachstum noch eine gesicherte Analyse der Ursachen für Schimmelpilzbefall möglich. Hierfür werden verlässliche Informationen über die relative Oberflächenfeuchtigkeit ( $rF_O$ ) auf problematischen Innenraumbooberflächen benötigt. Messgeräte zur exakten Bestimmung der Materialoberflächenfeuchte stehen dem Verbraucher auf dem Markt aber bisher nicht zur Verfügung.

In der Messpraxis wird die relative Feuchte über Baustoffoberflächen derzeit i. d. R. über die elektrische Leitfähigkeit ermittelt. Die Messwerte werden bei diesen „Baufeuchtigkeitspürgeräten“ aber nur in einer groben digitalen Skalierung ausgegeben, 70% und 80%  $rF_O$  z. B. ergeben u. U. denselben „Messwert“. Da eine Messwertdifferenz von 10%  $rF$  bei der Vorbeugung von Schimmelpilzwachstum von fundamentaler Bedeutung sein kann, sind diese Messgeräte für die Schimmelpilzprävention nicht einsetzbar.

Die relative Oberflächenfeuchtigkeit  $rF_O$  lässt sich – zumindest in der Theorie – indirekt über die Oberflächentemperatur ( $T_O$ ) und die absolute Raumluftfeuchte ( $aF_R$ ) errechnen. Temperatur-Oberflächenfühler sind überall käuflich, auch die Umrechnungstabellen sind jedermann zugänglich. Die mathematische Bestimmung der Oberflächenfeuchte ist aber umständlich, nur punktuell umsetzbar, ungenau und vor allem nicht zuverlässig. Dies wird im Folgenden präzisiert:

1. In weniger gut wärme gedämmten Wohnungen ist die innere Außenwandtemperatur und damit auch die relative Oberflächenfeuchte sowohl jahreszeitlich als auch im Tagesverlauf großen Schwankungen unterworfen.

Punktuelle Betrachtungen sind hier grundsätzlich nicht verlässlich.

2. Die Errechnung von  $rF_O$  über  $T_O$  und  $aF_R$  liefert nur dann den wahren Wert, wenn absolute Oberflächenfeuchte ( $aF_O$ ) und  $aF_R$  genau übereinstimmen. In Innenräumen liegt die absolute Oberflächenfeuchte aber aufgrund der hygroskopischen Eigenschaften der Wandbeläge im Tagesverlauf – zumindest zeitweise – über der absoluten Raumlufffeuchte. Unterschiede von 1 bis 2 g/m<sup>3</sup> sind, je nach Art und Weise der Raumnutzung, auch in „normal feuchtigkeitsbelasteten“ Innenräumen die Regel. Wird die Materialeigenfeuchte nicht in die Berechnung einbezogen, können gravierende Fehleinschätzungen in Bezug auf die Wahrscheinlichkeit der Schimmelpilzbildung resultieren.
3. Die absolute Wandoberflächenfeuchte ist bei länger bestehenden Feuchtigkeitsproblemen gegenüber der Raumluff fast immer bis in tiefere Schichten des Wandverputzes hinein erhöht. Diese Eigenfeuchte wird bei der indirekten Oberflächenfeuchtebestimmung über  $T_O$  ebenfalls nicht erfasst.
4. Die Oberflächentemperatur muss mit hoher Präzision gemessen werden. Diese kann von den meisten Niedrigpreisprodukten (Infrarotthermometer eingeschlossen) nicht gewährleistet werden.

Im Folgenden werden die Messgenauigkeitsanforderungen beispielhaft veranschaulicht [2; 3]:

*tatsächlich gemessene Werte:*

Raumtemperatur ( $T_R$ )	= 20,0 °C
relative Raumlufffeuchte ( $rF_R$ )	= 55,0 %
absolute Raumlufffeuchte ( $aF_R$ )	= 9,5 g/m <sup>3</sup>
Wandoberflächentemperatur ( $T_O$ )	= 14,0 °C

*errechneter Wert*

relative Wandoberflächenfeuchte ( $rF_O$ )	= 78,8 %
	→ kein Schimmelpilzwachstum

*wahre Werte*

absolute Wandoberflächenfeuchte ( $aF_O$ )	= 10,5 g/m <sup>3</sup>
relative Wandoberflächenfeuchte ( $rF_O$ )	= 87,1 %
	→ Schimmelpilzwachstum möglich

Es wird deutlich, dass bei einer Differenz zwischen  $aF_R$  und  $aF_O$  von nur 1 g/m<sup>3</sup> bereits Unterschiede der relativen Oberflächenfeuchte von ca. 8% resultieren. In dem gezeigten Beispiel wäre bei der Errechnung der Oberflächenfeuchte von einem „grenzwertigen“ Feuchtigkeitswert ausgegangen worden, während in der Realität u. U. innerhalb kurzer Zeit massives Schimmelpilzwachstum eingesetzt hätte.

Die Oberflächentemperatur hat ebenfalls einen bedeutenden Einfluss beim Errechnen der  $rF_O$ . Würde statt der (wahren) Oberflächentemperatur von 14,0 °C ein  $T_O$  von 14,5 °C gemessen, betrüge die Oberflächenfeuchte 76,5%. In diesem Fall würde die Differenz zwischen tatsächlicher und errechneter Oberflächenfeuchte mehr als 10% betragen.

Eine gegenüber der Raumlufffeuchte um 1 g/m<sup>3</sup> erhöhte Oberflächenfeuchte und Messfehler bei der Temperaturaufnahme von 0,5 °C können derzeit durchaus als „praxis-konform“ angesehen werden. Mit den derzeit für den Ver-

braucher zur Verfügung stehenden Messgeräten im unteren Preissegment kann eine zuverlässige Vorbeugung von Schimmelpilzproblemen also nicht gewährleistet werden.

### 3. Material und Methoden

Beim *Schimmelwächter* handelt es sich um ein hochwertiges System der *Rotronic AG (Schweiz)* zur Bestimmung und Anzeige der Oberflächenfeuchtigkeit im Innenraum. Die Messfühler des steckdosengroßen Geräts liegen direkt auf der Oberfläche auf. Die Bestimmung der Oberflächenfeuchte erfolgt mit einem kapazitiven Feuchtemesselement. Die vom Messfühler aufgenommenen relativen Feuchtigkeitsmesswerte werden mittels verschiedenfarbiger Leuchtdioden in einer Vier-Punkte-Skalierung wie folgt angezeigt:

grün:	relative Oberflächenfeuchtigkeit < 70 %, Schimmelpilzbildung nicht möglich
gelb:	relative Oberflächenfeuchtigkeit 70 bis 80 %, kritischer Feuchtigkeitsbereich
rot:	relative Oberflächenfeuchtigkeit 80 bis 100 %, Schimmelpilzbildung möglich
2 x rot:	relative Oberflächenfeuchtigkeit 90 bis 100 %, Schimmelpilzbildung wahrscheinlich

Damit eine möglichst genaue Bestimmung der Wandoberflächenfeuchte sichergestellt ist, wurde der Fühler so aufgebaut, dass die Wassermoleküle durch den Sensor hindurch diffundieren können. Hierdurch wird die Ausbildung eines Mikroklimas unter dem Sensor, welches das Messresultat verfälscht, unterbunden. Dies gelingt derzeit bei keinem anderen Sensor. Um eine Beeinflussung der Messresultate durch Eigenwärmeabstrahlung des Gehäuses zu verhindern, ist das Gehäuse ca. 30 mm von der Wand abgesetzt.

Das Labor *Dr. Missel* hat Prototypen des neuen Messgeräts in der Praxis ausgetestet. Die Geräte wurden in schimmelpilzbelasteten Wohnungen für 1 bis 9 Wochen fest installiert. An diese Prototypen wurden direktanzeigende Datenlogger angeschlossen. Die Probanden konnten die angezeigten Messdaten somit, wie beim künftigen Serienprodukt, für die Überprüfung und ggf. Optimierung des persönlichen Heiz- und Lüftungsverhaltens nutzen. Ergebnisse der Feldversuche werden im Folgenden anhand von zwei Einzelbeispielen diskutiert.

### 4. Untersuchungsergebnisse

Im Folgenden werden die mit dem *Schimmelwächter* in der Praxis gemachten Erfahrungen anhand von zwei Untersuchungen exemplarisch vorgestellt. *Bild 1* zeigt die Verlaufskurve der Temperatur und absoluten Luftfeuchte auf der Wandoberfläche des Schlafzimmers einer Altbauwohnung. Das Messgerät wurde auf einer noch kleinflächigen Befallsstelle in einer Außenwand-Raumecke installiert. Die Messdatenaufnahme erfolgte über 7 Tage.

In den Verlaufskurven (*Bild 1*) sind sporadisch auftretende, zeitgleiche Abfälle der Wandtemperatur und -feuchtig-

keit deutlich erkennbar. Diese Messwertabfälle werden durch Raumlüftungsvorgänge hervorgerufen. Bei ausreichend langem Lüften kommt es zur Abkühlung der Wandoberfläche, gleichzeitig wird Feuchtigkeit durch die Raumöffnungen nach außen abtransportiert. In den Langzeitverlaufskurven sind täglich mindestens 3 bis 5 dieser Raumlüftungsvorgänge erkennbar. Anzahl und Stärke der Ausschläge nach unten zeigen, dass die Lüftungshäufigkeit grundsätzlich nicht zu beanstanden ist. Bei der Messdatenanalyse wird aber auch deutlich, dass Lüftungseffektivität und -zeitpunkt besser an die momentane Oberflächenfeuchtigkeit angepasst werden konnten.

Die auffälligen Anstiege der relativen Wandoberflächenfeuchte bis auf Werte von 12 bis 13 g/m<sup>3</sup> wurden in den Nachtstunden aufgezeichnet. Fenster und Tür des Raumes wurden in der Nacht geschlossen gehalten. Am Morgen des 20.01.05 wurde die nachts im Wandbelag (Raufasertapete) akkumulierte Feuchtigkeit nur unvollständig (d.h. nur oberflächlich) wieder abgelüftet. Der Feuchtigkeitsgehalt der Tapete war deshalb während des gesamten Tages noch deutlich erhöht (normal für nicht feuchtigkeitsbelastete Innenräume sind 7 bis 9 g/m<sup>3</sup>). An den folgenden Tagen wurde die Feuchtigkeit in den Morgenstunden erheblich effektiver abgelüftet, die Tagesniveaus konnten so nachhaltig abgesenkt werden. Mit zunehmender Untersuchungsdauer konnte das Lüftungsregime gezielt verbessert werden, so dass die in die Verlaufskurve der absoluten Feuchte eingezogene Trendlinie mit der Messdauer abfällt.

Im Bild 2 sind die Verlaufskurven der Oberflächenklimadaten einer Wandstelle im Schlafzimmer der Wohnung einer Wohnanlage der 80-er Jahre zusammengestellt. Die Messungen erfolgten über einen Zeitraum von 4 Wochen.

Auf der Außenwand des Raumes fanden sich großflächige Schimmelpilzbefallsstellen, entsprechende Schäden und Verfärbungen der Wandbeläge deuteten auf bereits länger andauernde Feuchtigkeitseinwirkung hin. Das Schlafzimmer wurde nach Angaben der Eigentümer allenfalls sporadisch beheizt und zudem nur morgens stoßbelüftet.

Es handelte sich um ein „traditionelles“ Feuchtigkeitsproblem mit bereits bis in die Tiefe hinein durchfeuchtem Wandverputz. Es war zu unterstellen, dass die in den Nachtstunden im Wandbelag akkumulierte Feuchte (Fenster geschlossen) grundsätzlich nicht wieder vollständig abgelüftet wurde.

Die Verlaufskurve der Oberflächenklimadaten zeigt, dass die im Verputz festgelegte Feuchte nach Installation des *Schimmelwächters* durch vermehrtes und effektiveres Stoßlüften abgeführt wurde. Durch Anhebung der Durchschnittstemperatur wurde die Wasserdampfaufnahmekapazität der Raumluft erhöht und das Ausmaß des Feuchtigkeitsniederschlags in den Nachtstunden vermindert. Eine durchschnittliche Wandoberflächenfeuchte von 9 g/m<sup>3</sup> stellte sich zwar erst nach 14 Tagen ein, konnte dann aber konstant beibehalten werden.

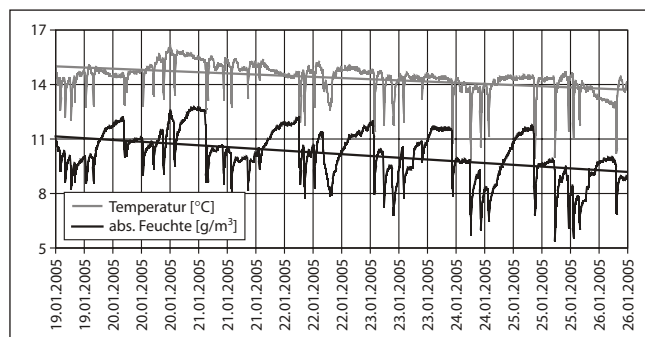


Bild 1. Verlaufskurven von absoluter Feuchte und Temperatur auf der Wandoberfläche im Schlafzimmer einer Altbauwohnung (Außenwand-ecke).

## 5. Zusammenfassung der Feldversuche

Die Ergebnisse der Feldversuche mit Prototypen des Oberflächenfühlers *Schimmelwächter* zeigen, dass die Eigenfeuchte der Baustoffoberfläche einen mit entscheidenden Faktor bei der Analyse des Schimmelpilzrisikos im Innenraum darstellt. Die Oberflächenfeuchte muss nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen mit einem entsprechend sensitiven und präzisen Oberflächenfeuchtigkeitsfühler ermittelt werden.

In einigen der untersuchten Wohnungen waren Thermohygrometer zur Messung der Raumluftfeuchte angeschafft worden. Die entsprechenden Probanden setzten sich bereits verstärkt mit der Innenraumfeuchtigkeitsproblematik auseinander. Dennoch konnte Schimmelpilzwachstum zwar eingedämmt, aber nicht völlig gestoppt werden. Vielfach zeigte sich, dass die betroffenen Räume zwar ausreichend häufig gelüftet wurden. Die Lüftungszeitpunkte wurden aber nicht an die Menge der im Wandbelag akkumulierten Feuchtigkeit sondern ausschließlich an der momentanen Raumluftfeuchtigkeit ausgerichtet. In diesen Fällen offenbarte sich die große Bedeutung der Oberflächenfeuchtigkeitsmessungen bei der Schimmelpilzprävention besonders deutlich.

In etwa 30% der Stichproben war die absolute Eigenfeuchte der Wandoberfläche gegenüber der Raumluft um mindestens 1 g/m<sup>3</sup> erhöht. Dies betraf besonders häufig solche Wohnungen, bei denen Schimmelpilzprobleme durch bestehende Wärmedämmungsdefizite begünstigt

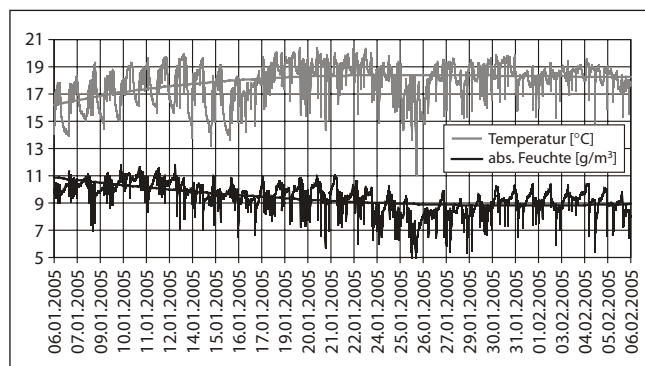


Bild 2. Verlaufskurven von absoluter Feuchte und Temperatur auf der Wandoberfläche im Schlafzimmer einer 80er-Jahre Eigentumswohnung in einer Wohnanlage (Außenwand-ecke).

werden und in denen über Jahre hinweg nur oberflächliche Schadstellenkosmetik betrieben wurde. In diesen Gebäuden kann es bereits bei leichter Unachtsamkeit der Raumnutzer (z. B. Neumieter) zu Schimmelpilzbefall kommen. In Unkenntnis der tatsächlichen Eigenfeuchte der Materialoberfläche, die von zu Rate gezogenen „Fachleuten“ in aller Regel mit wenig sensitiven Widerstandsmessgeräten „ermittelt“ und daher i. d. R. als *nicht erhöht* dargestellt wird, werden die Schimmelpilzprobleme dann unkorrekterweise alleine dem Raumnutzer zugeschrieben.

Stellen sich in Wohnungen plötzlich Schimmelpilzprobleme ein, wird von den Betroffenen oftmals überreagiert. In vielen Fällen wird noch häufiger, dabei aber wenig überlegt gelüftet. Diese Beobachtung kann z. B. in Altbauwohnungen nach Fenstermodernisierungen gemacht werden, wenn trotz der Beibehaltung altbewährten Raumnutzerhaltens Schimmelpilzprobleme auftreten. Diese ungünstige psychologische Konstellation mündet vielfach in „Lüftungsaktionismus“, was durchaus bedeutende Energieverluste zur Folge hat, ohne dass Schimmelpilzprobleme sicher vermieden werden könnten. Der *Schimmelwächter* kann hier helfen, die optimalen Lüftungszeitpunkte zu finden und unnötige Energieverluste zu vermeiden.

In vielen nicht normkonform wärme gedämmten Wohnungen kann die Notwendigkeit des ausgiebigen Lüftens z. B. zur konsequenten Unterschreitung von 55% relativer Raumluftfeuchte auf Zeiten mit sehr niedrigen Außentemperaturen weit unter 0°C begrenzt sein. Der *Schimmelwächter* erleichtert eine Anpassung des Lüftungsverhaltens an die momentane Wandoberflächentemperatur. Vorbeugendes, aufgrund gestiegener Wandtemperaturen aber

überflüssiges Lüften kann vermieden werden. Somit ergeben sich beim *Schimmelwächter* hinsichtlich der Möglichkeit der Vermeidung unnötiger Energieverluste gegenüber der Raumluftmessung weitere Vorteile.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass Schimmelpilzprobleme mit dem neuen Oberflächenfeuchtemessgerät vermieden werden können, sofern sie denn durch ein entsprechendes Nutzerverhalten tatsächlich vermeidbar sind. Auch bei länger bestehenden nutzerbedingten Feuchtigkeitsproblemen mit durchfeuchtetem Wandverputz sollte die Oberflächenfeuchte mit Hilfe des *Schimmelwächters* innerhalb von 7 bis 14 Tagen auf die allgemeine Durchschnittsfeuchte „unbelasteter Räume“ von 7 bis 9 g/m<sup>3</sup> abgesenkt werden können. Gelingt dies nicht, ist von einer erhöhten Bauwerksfeuchte und/oder derart gravierenden Dämmungsmängeln auszugehen, dass Schimmelpilzprobleme auch durch optimiertes Raumnutzerverhalten nicht mehr vermeidbar sind. In diesem Fall ist für den Eigentümer Gewissheit gegeben, dass das Ergreifen baulicher Maßnahmen unumgänglich ist.

#### Literatur

- [1] Brasche, S., Heinz, E., Hartmann, T., Richter, W. und Bischof, W.: Vorkommen, Ursachen und gesundheitliche Aspekte von Feuchteschäden in Wohnungen. Bundesgesundheitsbl. – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 8 (2003) Nr. 46, S. 683–693.
- [2] Anonym: Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen. Veröffentlichung der Innenraumlufthygienekommission des Umweltbundesamtes Berlin, 2002.
- [3] Anonym: Schimmelpilze in Innenräumen – Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement. Bericht Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, Stuttgart, 2001.