

# Schimmelpilze und Luftfeuchte

## Einführung in das Spezialgebiet der Luftfeuchteanalytik - Teil 1

Gezielte Luftfeuchte-Messungen helfen, wenn es um die Klärung von Schimmelpilzproblemen geht. Es lassen sich eine ganze Reihe von Fragen beantworten, wie beispielsweise: Gibt es zum Zeitpunkt der Messung Wandflächen mit hoher Kondensationsgefahr? Welche Räume weisen im Moment eine besonders hohe Luftfeuchte auf? Wird das Trocknungspotential der Außenluft genutzt oder nicht? Die sich daran anschließende Frage lautet manchmal: „Kann man auch bei Regenwetter lüften?“ Viele Wohnungsnutzer meinen „nein“. Das ist aber ein folgenschwerer Irrtum und wird hier anhand eines Beispiels erläutert.

### Die Luftfeuchteanalyse ist Teil der Gebäudediagnostik

Falls Messungen durchgeführt werden, um Schimmelpilzprobleme zu klären, können mehrere Schritte zur Ursachenklärung eingesetzt werden.



Abb. A1: Messung von relativer Luftfeuchte und Lufttemperatur mithilfe eines Thermo-Hygrometers

Bei einem ersten Vororttermin führen Fachleute in der Regel tendenzielle Messungen der Materialfeuchte durch. Selbstverständlich gehören auch ein Gespräch mit dem Wohnungsnutzer und die Klärung der örtlichen Besonderheiten dazu. Eine visuelle Überprüfung des Innen- und Außenbereichs ist fast immer unumgänglich. Dann kann es zu einer groben Vorbewertung kommen. Es wird dabei u.a. geklärt, ob und wenn ja, welche weiteren Untersuchungen noch nötig sind. Falls möglich, werden hier die grob ermittelbaren Feuchteprobleme benannt.

Meist muss geklärt werden, ob z.B. bei einer Außenwand, die von der Raumseite her verschimmelt ist, der Baustoff nach außen oder nach innen hin feuchter ist.

Wenn der Wassergehalt nach außen hin zunimmt, könnte es sich um einen Regenwasserschaden handeln. Wenn die Materialfeuchte jedoch nach innen hin größer wird (oder auch wenn im Moment keine Auffälligkeit der Materialfeuchte vorliegt), kann es sich um ein Kondensationsproblem handeln. Bei der weiteren Klärung helfen zielgerichtete Luftfeuchte-Messungen.

### Kondensationsprobleme

Kondensationsprobleme treten zu meist im Winter auf. Häufige Ursache ist dabei ein Ansteigen der Luftfeuchte und der Taupunkttemperatur (z.B. durch Waschen, Duschen, Wäschetrocknen etc.). Fenstersanierungen begünstigen oft noch hohe Luftfeuchten.

Die überfeuchtete Luft gerät dann durch Diffusion oder/und Luftbewegung in weitere Räume und erzeugt an kühlen Außenflächen Schimmelpilzbildung (wie z.B. an Wärmebrücken, vgl. Abb. A2). Das heißt, dort findet ein Aggregatzustandswechsel des Wassers, von Gas (Wasserdampf) zu flüssigem Wasser statt.

Da Schimmelpilz-Wachstum vor der eigentlichen Kondensation einsetzt, kommt der Ermittlung der relativen Luftfeuchte in Wandnähe eine besondere Bedeutung zu. Niedrige

Oberflächentemperaturen erzeugen dabei hohe relative Luftfeuchten in Wandnähe.

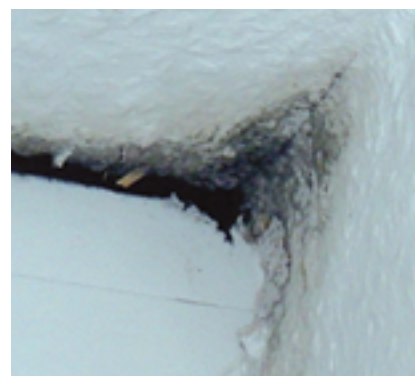


Abb. A2: Verschimmelte Fläche an einer geometrischen Wärmebrücke im Wohnzimmer

### Die relative Luftfeuchte als Bewertungskriterium an Bauteilen

Die relative Luftfeuchte gibt das prozentuale Verhältnis zwischen dem momentanen und dem maximal möglichen Wasserdampf-Partialdruck an und zwar bei einer bestimmten Temperatur.

Vereinfachte Erläuterungen zur relativen Luftfeuchte:

1. Bei 50 % r. F. ist die Luft zu 50 % mit dem Gas (Wasserdampf) gesättigt.
2. Bei 100 % r. F. (Wasserdampf-Sättigung) findet ein Wechsel des Aggregatzustands statt. Das Gas (Wasserdampf) wird zu flüssigem Wasser.
3. Bei einer Temperatur von 20 °C und 100 % r. F. ist in einem Raum doppelt so viel Wasserdampf enthalten wie bei 20 °C und 50 % r. F.

Der aw-Wert stellt (vereinfacht ausgedrückt) die relative Luftfeuchte in Wandnähe dar (mögliche Werte: 0 - 1). In Tabelle T1 sind aw-Werte aufgeführt, bei denen ein Schimmelpilzwachstum einsetzen kann. *Aspergillus versicolor* benötigt demnach nur einen aw-Wert von ca. 0,78 (78 % r. F.) Wichtig dabei ist, dass diese Tabelle nur anwendbar ist, wenn über einen längeren Zeitraum der entsprechende aw-Wert vorherrscht.

Eine Rohrleckage in der Wand kann z.B. den aw-Wert ansteigen lassen. Das ist aber auch anders möglich. Man könnte meinen, dass bei 20 °C und 50 % r. F. in Raummitte alles in Ordnung sei. Falls diese Luft aber im gleichen Raum an eine 14 °C kalte Außenwand gelangt, kommt es zu einer Erhöhung der relativen Luftfeuchte auf 73 %. Nach Tabelle T1 kann es bei einigen Schimmelpilz-Arten schon zum Myzelwachstum kommen, obwohl im Raum eigentlich alles in Ordnung ist.

In der Realität ist es selbstverständlich so, dass es nicht nur einen Luftfeuchte-Einfluss für das Schimmelpilzwachstum gibt. In Teil 2 dieses Artikels werden diesbezüglich die wichtigen Parameter Zeit und Temperatur erläutert.

Das Vorgenannte zeigt erst einmal,

Schimmelpilzart	Minimale aw-Werte
Wallemia sebi	0,69 - 0,75
Aspergillus restrictus	0,71 - 0,75
<b>Aspergillus versicolor</b>	<b>0,78</b>
Penicillium chrysogenum	0,78 - 0,81
Aspergillus fumigatus	0,85 - 0,94
Cladosporium cladosporioides	0,86- 0,88
Fusarium solani	0,87 - 0,90
Rhizopus stolonifer	0,93
Stachybotrys chartarum	0,94

Tabelle T1: Für das Wachstum unterschiedlicher Schimmelpilze erforderliche minimale aw-Werte.

Quelle: [1]

wie wichtig es ist, mit der relativen Luftfeuchte zu arbeiten. Es muss aber auch klar betont werden, dass sie kein Gradmesser für den Wasserdampfgehalt der Luft ist. Ein Absenken der Temperatur hat, wie im vorherigen Beispiel beschrieben, eine Erhöhung der relativen Luftfeuchte zur Folge und das, obwohl der Wasserdampfgehalt unverändert geblieben ist.

Die Verwendung der relativen Luftfeuchte an der Wand hat zwar ihre Berechtigung bei der Vorhersage von Schimmelpilzwachstum, versagt aber beim wichtigen Luftfeuchte-Vergleich, wenn man Bereiche mit unterschiedlichen Temperaturen vergleicht. Hierfür benötigt man die absolute Luftfeuchte.

### Die absolute Luftfeuchte als Bewertungshilfe

Trotz der guten Verwendbarkeit der relativen Luftfeuchte bei Schimmelpilzuntersuchungen gibt es einen entscheidenden Nachteil. Das Problem besteht bei Fragestellungen zum Luftfeuchte-Vergleich. Hier hilft fast immer die Anwendung der absoluten Luftfeuchte. Diesbezüglich haben sich zwei Größen etabliert: die volumenbezogene und die massebezogene Luftfeuchte.

Die volumenbezogene absolute Luftfeuchte  $v$  gibt an, wie viel Wasserdampf sich in einem definierten Raumvolumen befindet. Gängige Bezeichnungen sind auch: „Wasserdampf-Konzentration“ oder „Wasserdampf-Partialdichte“. Sie wird häufig in der Baubranche verwendet, hat aber leider auch einen gewissen Nachteil wegen der Verhältnisbildung Masse zu Raum. Streng genommen kann man sie deshalb nicht für den exakten Vergleich einsetzen, wenn unterschiedliche Temperaturen bestehen. Jeder kennt den Effekt des verschlossenen Luftballons, der an kühler Luft zusammenschrumpft. Obwohl nichts aus dem Ballon ent-

wichen ist, verändert sich dennoch  $v$ . Trotz dieses Nachteils reicht die Größe für baubranchenübliche Anwendungen vollkommen aus.

Die Verwendung der massebezogenen, absoluten Luftfeuchte  $x$  hat den Vorteil, dass hier ganz einfach Gasmasse auf Gasmasse bezogen wird. In diesem Fall: Wasserdampf-Masse zur restlichen wasserfreien Luftmasse.

Diese Absolut-Größe wurde schon vor mehr als 100 Jahren von Prof. Mollier im sogenannten hx-Diagramm verarbeitet und hat sich seitdem im haustechnischen Bereich vollständig und bestens etabliert. Gängige Bezeichnungen sind auch: „Feuchtegehalt“ oder „Mischungsverhältnis“. Aufgrund des Verhältnisses von Masse zu Masse kann  $x$  sehr gut zum Vergleich von Luftzuständen verwendet werden, auch wenn sich Temperatur oder Gesamtdruck (Luftdruck) ändern. Zur indirekten, also rechnerischen Ermittlung, werden der Wasserdampf-Partialdruck und der absolute Luftdruck benötigt. Man kann  $x$  mithilfe von Tabellen (z.B. Tabelle T2), aus einem hx-Diagramm oder z.B. mithilfe der Software Direkthilfe-Schimmelpilz [3] ermitteln. Ein blanko hx-Diagramm kann unter [www.direkthilfe-schimmelpilz.com](http://www.direkthilfe-schimmelpilz.com) erworben werden.

### Das Regen-Beispiel

Meist ist es so, dass Wohnungsnutzer annehmen, bei regnerischem Wetter sollte nicht gelüftet werden. Für ohnehin schon kondensationsbelastete Wohnungen ist dies bei kaltem Wetter ein folgenschwerer Irrtum. Trotz hoher relativer Luftfeuchte außen und geringer relativer Luftfeuchte innen, stellt das Lüften bei solchen Konditionen eine Raumlufttrocknung dar und die möchte man ja erreichen, wenn Schimmelpilzbildung vermieden werden soll. Wie kann es sein, dass herein gelüftete Regenluft trocknet?



Abb. A4: Luftkonditionen beispielhaft für innen und außen. Bei der Außenluft wird von kaltem Regenwetter ausgegangen

		Innen Außen										
rF	tL	50 %	55 %	60 %	65 %	70 %	75 %	80 %	85 %	90 %	95 %	100 %
25°C		10,0	11,0	12,0	13,1	14,1	15,1	16,2	17,2	18,3	19,3	20,3
20°C		7,4	8,1	8,8	9,6	10,3	11,1	11,9	12,6	13,4	14,1	14,9
15°C		5,3	5,9	6,4	7,0	7,5	8,1	8,6	9,1	9,7	10,2	10,8
10°C		3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2	6,6	6,9	7,3	7,7
5°C		2,7	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4	4,6	4,9	5,2	5,5
0°C		1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,2	3,4	3,6	3,8
5°C		1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	2,5

Tabelle T2: Massebezogene absolute Luftfeuchte (Feuchtegehalt x) in g/(kg tr.L.) in Abhängigkeit von der Lufttemperatur tL[°C] und der relativen Luftfeuchte rF [%]. Gilt für einen absoluten Luftdruck (gesamt) von 1000 hPa. [Quelle: 2]

Es ist so, dass kalte Außenluft (vereinfacht ausgedrückt) schon bei einer geringen Wasserdampfmasse gesättigt ist. Das heißt, es kann bei kaltem Wetter, auch wenn die relative Feuchte außen hoch liegt, gar nicht so viel Wasserdampf in die Wohnung gelangen. Es ist zwar viel Flüssigwasser, aber wenig Wasserdampf vorhanden. Und hereingelüftet wird ja nur das gasförmige Luftgemisch (Wasserdampf, Sauerstoff, Stickstoff etc.). Zwei Dinge kommen hier also zusammen: Es gelangt verhältnismäßig wenig Wasserdampf und zudem keine Flüssigwassermenge in den Raum.

Ganz einfach nachweisen kann man alles mit der Ermittlung der absoluten Luftfeuchte außen und innen: Benötigt wird hierfür eine digitales Thermo-Hygrometer (vgl. Abb. A1),

also ein Messgerät, welches gleichzeitig die relative Luftfeuchte und die Lufttemperatur anzeigt.

Die Außenwerte könnte man z.B. unter einem Balkon aufnehmen (Regentropfen dürfen nicht auf den Fühler gelangen). Als zweites misst man die Innenwerte im betroffenen Raum. Für das Beispiel gilt:

- Innen herrscht bei 20 °C eine normale relative Luftfeuchte von 50 %.
- Außen misst man bei einer Temperatur von 5 °C eine hohe relative Luftfeuchte 95 %.

Aus Tabelle T2 oder auch mittels der Software [3] erhält man die zugehörigen absoluten Luftfeuchte-Werte.

Außen liegt die relative Feuchte zwar sehr hoch bei 95 %, aber die absolute Luftfeuchte x mit 5,2 g/kg niedrig. In Bezug zur hohen inneren absoluten Luftfeuchte (7,4 g/kg) wird klar,

dass man in diesem Beispiel durch einfaches Lüften eine ergiebige Trocknung herbeiführen könnte und das obwohl es regnet.

Wichtig: Auch bei allen weiteren Fragen zum Luftfeuchte-Vergleich hilft einem die vorgenannte Größe x. Sie ist nahezu proportional zum Wasserdampf-Partialdruck. Wohnungsnutzer können aber zumeist eine Luftfeuchte-Angabe besser verstehen als eine Partialdruck-Angabe. Man sieht hier recht deutlich, wie wichtig es ist, für den Luftfeuchtevergleich die absolute Luftfeuchte heranzuziehen und wie irreführend es sein kann, die relative Luftfeuchte zu verwenden. Relative und absolute Luftfeuchte verhalten sich hier sogar stark konträr! Wohnungsnutzer erkennen so viel besser, dass es außen im Winter fast immer trockener ist als innen.

Leider erlebt man jedoch als Gutachter sehr häufig, dass das Fensteröffnen bei kaltem Regenwetter (natürlich auch bei Schneefall) unterbleibt. Hereingelüftete Außenluft besitzt fast immer ein starkes Trocknungspotential. Fenster brauchen auch bei kaltem Regenwetter nicht zwanghaft verschlossen bleiben! Man hat durch die Anwendung der absoluten Luftfeuchte sofort einen Beweis für den Luftfeuchteunterschied zwischen innen und außen und eine gute Bewertungshilfe für Problemfälle vor Ort.

Inhalte von Teil 2 u.a.:  
Achtung bei Sanierungen!  
Welche Luftfeuchte ist nun gut?

Dipl.-Ing. Jens Bellmer, Detmold  
[www.direkthilfe-schimmelpilz.com](http://www.direkthilfe-schimmelpilz.com)

**Literatur:**

- [1] Umweltbundesamt „Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen“
- [2] J. Bellmer: „Das Luftfeuchte-Buch“, 2011, 4. Auflage
- [3] J. Bellmer: „Hilfe bei Schimmelpilz- und Feuchtigkeitsproblemen“, Praxis-Ratgeber und Analyse-Software, 2012, 8. Auflage
- [2]+ [3] siehe [www.baubiologie-shop.de](http://www.baubiologie-shop.de)