

# GEKIPPT ODER GEREGET?

## BAUPHYSIKALISCHE ERKENNTNISSE ÜBER DAS LÜFTEN

UWE MÜNZENBERG UND JÖRG THUMULLA

ANALYSE UND BEWERTUNG VON UMWELTSCHADSTOFFEN (ANBUS) E.V.

MATHILDENSTR. 48  
90762 FÜRTH

***Nach der Sanierung von Altbauten ziehen häufig Feuchtigkeits- und damit Schimmelprobleme mit den neuen Bewohnern ein. Eine hohe Anzahl von Schadensfällen und gebäudebedingte Erkrankungen sind die Folgen. Planern und Bewohnern ist der Zusammenhang von Lüftung, Luftwechsel und Luftfeuchtigkeit selten offensichtlich.***

Nach wie vor treffen viele Bausachverständige in ihren Gutachten pauschale Aussagen: „Für Feuchtigkeit und die daraus resultierenden mikrobiellen Probleme ist der Bewohner durch mangelhaftes Lüften verantwortlich.“ Dies hat das Institut AnBUS e.V. bewegt, eine Reihe von Raumklimaaufzeichnungen in unterschiedlichsten Haustypen wie Neu-, Passiv-, Holz-, und Altbau durchzuführen. Einige Ergebnisse dieser Untersuchungen möchten wir hier vorstellen.

### Problemstellung

---

Selten wird bei einer Altbauanierung bedacht, dass die damaligen Erbauer das Gebäude für andere Nutzungsgewohnheiten konstruierten, als sie für moderne Wohnmenschen heute selbstverständlich erscheinen. Die Möglichkeiten, Feuchtigkeit in ehemals trockene Altbauten gleich mit „einzubauen“, sind vielfältig, da häufig bei Teilsanierungen die komplexen bauphysikalischen Zusammenhänge nicht ausreichend berücksichtigt werden. Beispiele sind:

- die Beseitigung von Kaminen und Einzelöfen in Kombination mit neuen Fenstern, die den natürlichen Luftwechsel reduziert,
- zu starke Nachtabsenkung der Heizung, die zu einer Oberflächenbelegung mit Feuchtigkeit, ähnlich der Taubildung am Morgen, führt,
- neue Isolierverglasungen mit höheren Oberflächentemperaturen, die zu lokalen Feuchtigkeitsanstiegen auf einzelnen Wandoberflächen führen, da der Feuchtigkeitsausfall nicht mehr an den kalten Fensterflächen stattfindet,
- einzelne, aber massive Luftundichtigkeiten in der sanierten Gebäudehülle, die zu Feuchteschäden in der Konstruktion führen, während zuvor viele Undichtigkeiten für einen schadensfreien Abtransport der Feuchtigkeit gesorgt haben,
- Nutzungsänderungen von Räumen in einem bestehenden Gebäudesystem (Keller- oder Dachbodenausbau) oder architektonische Grundrißoptimierungen wie offene Treppenhäuser vom Keller bis zum Dachboden, die den Feuchtetransport verändern,
- veränderte Lebensweisen, die zu einem deutlichen Anstieg von nutzungsbedingten Feuchtigkeitseinträgen (z.B. tägliches Duschen und Waschen) führen,
- veränderter Lebensalltag, immer seltener sind die Bewohnern tagsüber zu Hause - nur wer lüftet jetzt?

## Raumklimaaufzeichnungen als baubiologisches Instrument zur Diagnose von Feuchtigkeitsproblemen

---

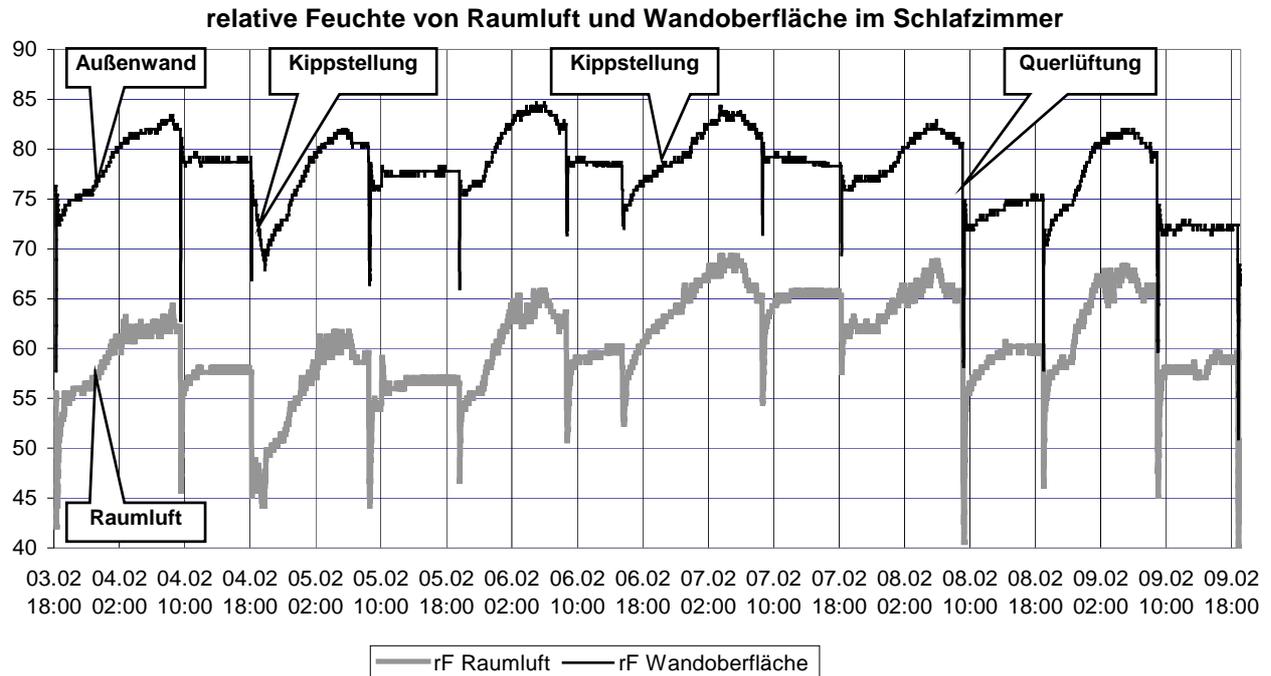
Raumklimaaufzeichnungen bieten nach unserer Erfahrung das geeignete baubiologische Analyseinstrument, um auch in schwierigen Fällen durch Feststellung von Tatsachen einen Ausweg aus der Spekulation zu finden. Wo kommt sie her, die Feuchtigkeit? Die Kombination von der Erfassung der Temperatur und Feuchte in der Raumluft und auf der Wandoberfläche sowie der Kohlendioxid-Konzentration ergibt eine solide Datengrundlage, die der Baubiologin und dem Baubiologen dient, mittels fachübergreifendem Wissen adäquate und Problem angepasste Lösungen zu erarbeiten.

Langzeitaufzeichnungen dieser Raumklimaparameter mit geeigneten Datenloggern sind durch die Bewohner nicht manipulierbar. Die Erfahrung zeigt, dass die tatsächlichen individuellen Wohngewohnheiten aufgezeichnet werden können. Der Diagnostiker kann so auf eine aussagekräftige Datengrundlage zurückgreifen. Sie gibt Informationen über

- die Lüftungszyklen der Bewohner,
- die Art der Durchführung der Lüftung, wie Querlüftung, Stoßlüftung und Kipplüftung,
- Heizgewohnheiten sowie allgemeine Nutzungsgewohnheiten (Nachtabschaltung, Wachgewohnheiten, etc.),
- den Feuchtigkeitshaushalt der Bausubstanz (Neubaufeuchte oder aufsteigende Feuchte),
- über die für mikrobielles Wachstum verfügbare Feuchtigkeit (Berechnung der Wasseraktivität),
- den Luftwechsels (Berechnung über CO<sub>2</sub> Aufzeichnungen),
- den je nach Gebäudenutzung notwendigen Luftwechsels,
- die Wärmeeigenschaften der Gebäudehülle und ist
- Datengrundlage zur Entscheidung über sinnvolle Sanierungsmaßnahmen (Erhöhen von Raumtemperatur, Wandtemperatur, Dämmstandard der Hülle, Luftwechsel, Festerlüftung, Druckunterschiede oder Kombinationen einzelner Maßnahmen).

Zwei gegensätzliche Fallbeispiele sollen die Einsatzmöglichkeiten von Raumklimaaufzeichnungen skizzieren:

## Fallbeispiel Schimmelbildung im Altbau, nach Renovierung



Grafik: Raumklimaaufnahme Altbau vom 03.2. bis 9.02.2001

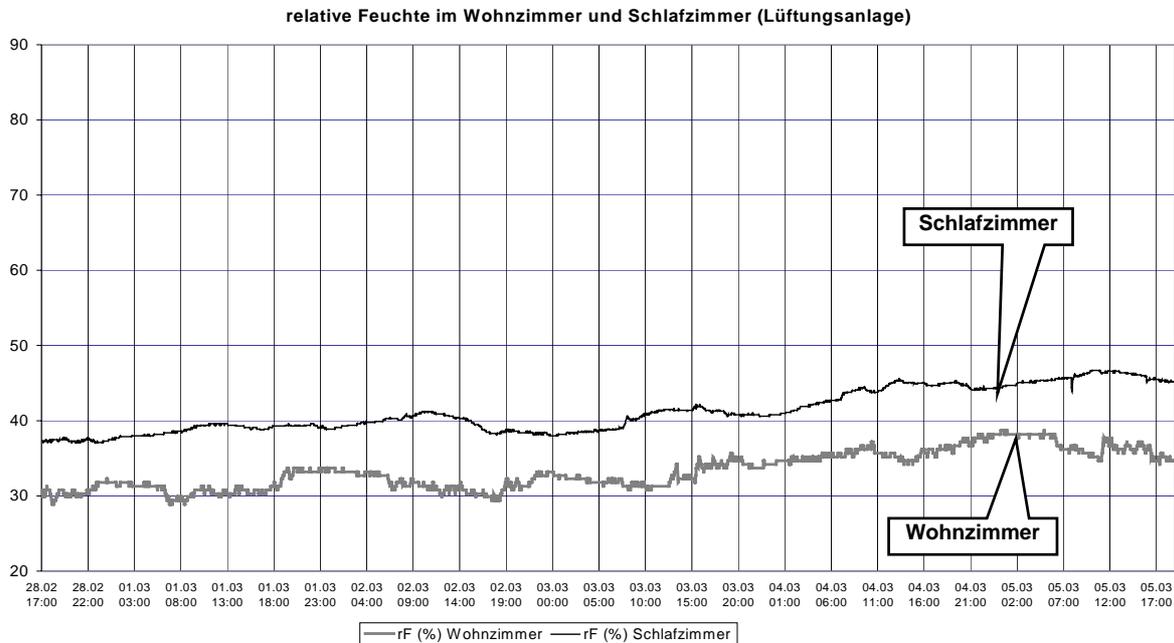
Das Lüftungsverhalten der Wohnungsnutzer entspricht dem, was für Berufstätige möglich ist: sie lüften morgens und abends und in diesem Fall vorbildlich durch Querlüftung (zu erkennen am rapiden Abfall der Feuchte). Die Kurven zeigen mit dem langsameren Anstieg der Feuchte nach dem Lüften, dass manchmal am Abend ein Fenster in Kippstellung verbleibt.

Die Daten der relativen Feuchtigkeit an der Wandoberfläche ( $a_w$ -Wert) beschreiben deutlich, was vor Ort sichtbar ist: Schimmelbildung. Typisch für Raumklimaaufzeichnungen mit Fensterlüftung ist, dass kurz nach dem Lüftungsvorgang die Feuchtigkeit schnell wieder auf eine für das Gebäude typische Ausgleichsfeuchte ansteigt, obwohl z.B. alle Bewohner aus dem Haus gehen. Dieser schnelle Wiederanstieg ist durch die Pufferwirkung der Oberflächen zu erklären. Deren Feuchtigkeitsgehalt steht im Gleichgewicht mit dem durchschnittlichen Feuchtigkeitsgehalt der Raumluft. Bei erhöhter Luftfeuchtigkeit wird die Feuchte von den Oberflächenmaterialien aufgenommen, bei erniedrigter Luftfeuchtigkeit wird sie wieder bis zum erneuten Einstellen des Gleichgewichtes abgegeben (Puffereffekt). Die gebäudespezifische Höhe der Ausgleichsfeuchte bildet sich aus dem Verhältnis der Quellfeuchtigkeit (Eintrag von Feuchtigkeit durch Nutzung und Bausubstanz) zum Raumvolumen und dem natürlichen (passiven) Luftwechsel.

Die Ursache der Schimmelpilzbildung in diesem Beispiel liegt in der zu niedrigen Wandtemperatur von 11 °C (ohne Abbildung). Die Bewohner können durch die "normale" Fensterlüftung keine relevante Verringerung der Wasseraktivität der Wandoberfläche erreichen. Lösungsansatz in diesem Fall ist daher die Erhöhung der Wandoberflächentemperatur durch besseres Beheizen der Wandoberfläche oder Anbringen einer Wärmedämmung.

An diesem Beispiel wird deutlich, wie wichtig die Langzeitaufzeichnung und die Erfassung der Klimadaten auf den Wandoberflächen sind. Denn allein aus der Messung der Luftfeuchtigkeit können keine Rückschlüsse auf die primären Ursachen der Schimmelbildung getroffen werden.

## Fallbeispiel mit kontrollierter Lüftung

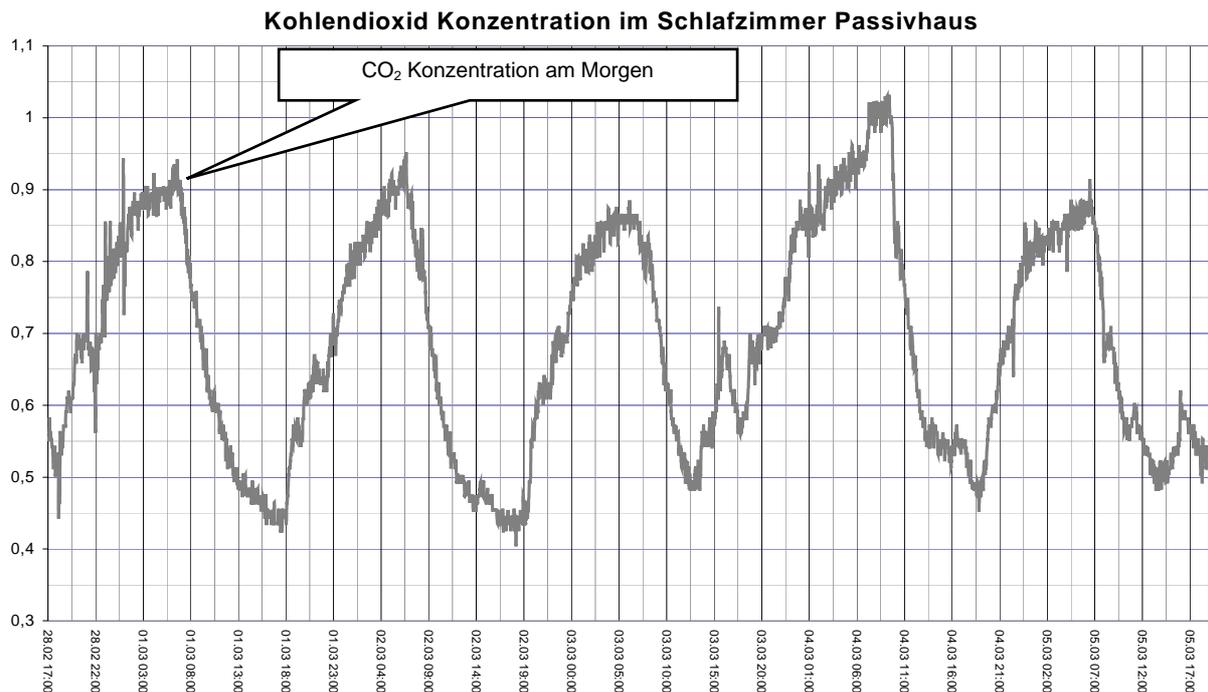


Grafik: Raumklimaaufzeichnung im Passivhaus mit Lüftungsanlage vom 28.2. bis 05.03.2001

Die für einen Wohnraum mit Fensterlüftung typischen Tag- und Nachtspitzen im Feuchteprofil können bei der kontrollierten Lüftung (mit Wärmerückgewinnung) nicht mehr ausgemacht werden. Die Differenz der relativen Feuchte zwischen Schlafzimmer und Wohnzimmer ist durch die geringere Temperatur im Schlafzimmer bedingt. Die absolute Luftfeuchte (ohne Abbildung) ist im untersuchten Passivhaus (Kalksandstein mit Vollwärmeschutz) sechs Monate nach Bezug deutlich geringer als im oben dargestellten Altbau (ohne Neubaufeuchte, zur selben Jahreszeit).

Dieser Effekt ist durch den kontinuierlichen Luftaustausch erklärbar, welcher Oberflächenbelastungen mit Feuchtigkeit und somit die Rückpufferung des Luftfeuchtigkeitsgehaltes verhindert. Dabei ist der in diesem Beispiel tatsächliche Luftwechsel mit etwa 0,4/h noch deutlich unterhalb des sonst geforderten hygienischen Luftwechsels.

Dass der Luftwechsel unter hygienischen Aspekten gerade ausreichend ist (und tatsächlich in dem Schlafzimmer geschlafen wurde), zeigen deutlich die parallel aufgezeichneten Kohlendioxidwerte im Schlafzimmer, deren maximale Werte am Morgen bei rund 1000 ppm CO<sub>2</sub> liegen.



Grafik: Kohlendioxidkonzentration im Schlafzimmer vom 28.2. bis 05.03.2001

## Konsequenzen

Ab einer Verfügbarkeit der Feuchtigkeit von über 12 Stunden täglich (time of wetness > 0,5) auf der Wandoberfläche, muss ab einer Wasseraktivität von  $a_w$  0,75 und organischem Untergrund mit der Gefahr von Schimmelbildung gerechnet werden. Xerophile Schimmelpilze sind in der Lage, auf noch trockneren Substraten zu wachsen (z.B. *Wallemia sebi* =  $a_w$  0,65), wenn sich bereits ein Feuchte konservierender Biofilm (z.B. durch Vorschäden) gebildet hat, auf dem die Sporen haften können [1].

Um Schimmelschäden auf kalten Wänden zu vermeiden, sollte die Wasseraktivität der Oberfläche nicht über  $a_w$  0,75 steigen. Für die Bewohner von Altbauwohnungen mit einem niedrigen Wärmedämmstandard kann daher als Orientierung für den benötigten Feuchtabtransport eine zulässige Raumluftfeuchte für die Heizperiode von lediglich 45 % r.F. empfohlen werden. Dieser Wert erscheint auf den ersten Blick niedrig, jedoch wird bei 60 % r.F. häufig der Taupunkt an kritischen Wandabschnitten erreicht, das heißt, Kondenswasser schlägt sich nieder. Uns ist bewusst, dass unsere Empfehlung der angestrebten 45 % r.F. für die kalte Jahreszeit in Altbauwohnungen im Widerspruch zu den von Medizinern empfohlenen Luftfeuchtigkeit zwischen 45 und 60 % r.F. steht. Bei Minusgraden sinkt jedoch bei einem ebenfalls von Medizinern hygienisch geforderten Luftwechsel von 0,8/h, je nach Gebäudenutzung, auf baubiologisch kritische 15 bis 25 % r.F.!

1 Warscheid, T.: „Schimmelpilze und Bakterien - in und an Gebäuden“, in: *Topthema Schimmelpilze*, VBN-Sonderheft, Fraunhofer IBR Verlag, 2001

## Fazit

---

Um Raumklimaverhältnisse sicherzustellen, die Schimmelpilzwachstum verhindern, muss in Altbauten mit niedrigeren Oberflächentemperaturen der Luftwechsel höher sein als in gut wärmegeämmten Gebäuden. Damit muss aber auch eine niedrigere Luftfeuchtigkeit in Kauf genommen werden. Ob der benötigte Luftwechsel immer allein durch Fensterlüftung erreicht werden kann, ist zu bezweifeln.

Aktive Fensterlüftung leistet für den Luftaustausch und den Feuchtigkeitsabtransport weniger als allgemein angenommen wird. Auf den gesamten Luftaustausch hat die Fensterlüftung im Altbaubestand nach unseren Untersuchungen nur wenig Einfluss. Untersuchungen, die bereits Ende der 80er Jahre in Österreich durchgeführt wurden, bestätigen dies. *Panzhauser* zeigt die Veränderung der Luftwechselzahlen in Abhängigkeit vom Baujahr und dem Status der Modernisierung der Altbauten. Darüber hinaus belegt er, dass der Anteil der Fensterlüftung am tatsächlichen Luftwechsel nur bei rund 10 % liegt, wobei eine dreifache Querlüftung pro Tag zugrundegelegt wird.[2]

Die Kippstellung der Fenster ist für den Abtransport von Feuchtigkeit aus dem Innenraum besser als gemeinhin angenommen, sofern mehrere Fenster gekippt werden. Aufgrund der möglichen Abkühlung von Bauteiloberflächen und hieraus resultierenden Feuchtigkeitsproblemen durch Kondensation ist sie unter innenraumhygienischen Aspekten nicht als Dauerlüftung zu empfehlen. Sie kann aber bei gezieltem Einsatz (Kipplüftung im Schlafzimmer während der Nacht und Beheizung der abgekühlten Flächen am Tag) durchaus zum Abtransport von Feuchtigkeit beitragen. Unter Berücksichtigung von Aspekten der Energieeinsparung bleibt jedoch eine kontrollierte Lüftung insbesondere mit Wärmerückgewinnung die sinnvollere Möglichkeit eines effektiven Feuchtigkeitsabtransportes.

Die Erkenntnisse aus den von uns durchgeführten Untersuchungen der Raumfeuchte können auf Schadstoffsanierung von Gebäuden übertragen werden: Ohne Beseitigung der Quellen steigt der Schadstoffgehalt nach einer Fensterlüftung, auch wenn ein kompletter Luftaustausch erfolgt, bereits in kurzer Zeit wieder auf seine vorherige Ausgleichskonzentration an.

Bei der Betrachtung der Oberflächenadsorption besteht kein prinzipieller Unterschied zwischen dem chemisch-physikalischen Verhalten von Wasser und dem eines Schadstoffes. Nur ein permanenter Luftaustausch ist in der Lage, die Luftfeuchtigkeiten oder Schadstoffkonzentrationen dauerhaft zu senken. Die Aufzeichnungen aus dem Passivhaus zeigen auch, dass der Luftaustausch wesentlich geringer sein kann als häufig gefordert wird. Entscheidend ist jedoch, dass dieser kontinuierlich stattfindet!

---

2 Panzhauser et. al.: Die Luftwechselzahlen in Österreichischen Wohnungen; Technische Universität Wien im Auftrag des Österreichischen Bundesministeriums für Bauten und Technik (undatiert)