

**Achim Trogisch
Uwe Franzke**

Filterung und Feuchtemessung in der Abluft von innenliegenden Bädern und Toiletten*

Die ungenügende Feuchteabfuhr aus Wohnungen und Bädern hat sich in den letzten Jahren zu einem Problembereich entwickelt. Zurückzuführen ist das sowohl auf den Austausch der alten, undichten Fenster gegen neue, dichtere Fenster als auch durch den zunehmenden Einsatz von Fliesen und anderen Baustoffen, die eine nur unzureichende Wasserdampfaufnahme ermöglichen. Aus energetischen Gründen wird von den Nutzern ein vermehrtes Öffnen der Fenster zur Lüftung abgelehnt. Als Folge davon entwickeln sich Schimmelpilze sowohl im Wohnbereich als auch in den Bädern. Die Ausrüstung der innenliegenden Bäder mit einer feuchtegesteuerten Entlüftung birgt die Gefahr, daß durch Taupunktunterschreitung am Feuchtesensor ein ungewollter Dauerbetrieb entsteht. Daraus resultierend ergeben sich sehr kurze Standzeiten der Filter bzw. ein erhöhter Energieverbrauch. Lösungsansätze sind in den Bereichen der Baukonstruktion und der kontrollierten Lüftung zu suchen.

1 Bauklimatische Anforderungen

Die geltende Wärmeschutzverordnung WSVO [5] hat zum Ziel, durch Minimierung der Wärmeverluste an und in Gebäuden eine Absenkung der zur Kompensation erforderlichen Heizleistung zu erreichen (Absenkung der energiebedingten CO₂-Emission). Im Geltungszeitraum der Wärmeschutzverordnung konnten die Transmissionswärmeverluste mittels guter Wärmeisolierung der Gebäudeumhüllung sowie fugendichter Bauweise auf 1/4 der ursprünglichen Verluste herabgesetzt werden. Der Lüftungswärmebedarf hat sich im gleichen Zeitraum absolut gesehen nicht wesentlich geändert, das bedeutet aber, daß der Anteil des Lüftungswärmebedarfs von 20 % auf 50 % gestiegen ist.

Die Feuchtefreisetzung in den Räumen ist dagegen nahezu konstant geblieben. Pro Person werden etwa 60 bis 70 g Wasser pro Stunde Aufenthaltsdauer freigesetzt. Während Personen und Pflanzen über die gesamte Tageszeit eine nahezu konstante Belastung darstellen, sind Duschen und Kochgeräte vor allem als Spitzenbelastung von Bedeutung.

In Tabelle 1 sind für die verschiedenen Räume einer Wohnung die zu erwartenden Feuchtebelastungen und die daraus resultierenden Mindestaußenluftstraten zusammengefaßt.

Anhand Tabelle 1 wird sowohl die starke Feuchtebelastung der Bäder bei Nutzung als auch eine kaum zu vernachlässigende Belastung durch Pflanzen deutlich sichtbar. Aufgrund der Entwicklung der Baukonstruktionen (Wasserdampfaufnahmefähigkeit geht gegen Null) kann eine Vermeidung von Kondensation an Bauteilen nur durch ausreichende Lüftung erreicht werden.

2 Notwendigkeit der Lüftung

Die Feuchtebelastung der Wohnungen kann nur durch Lüften abgeführt werden. Dabei sind zwei Bereiche zu unterscheiden:

Filtration and humidity in the exhaust air of bathrooms

The inadequate dissipation of humidity from living spaces and enclosed bathrooms has become a significant problem area in recent years. This can be attributed both to the replacement of old, poorly sealed windows by new windows with better seals, and to the increasing use of tiles and other building materials which hinder an adequate absorption of water vapour.

The residents tend to reject repeated opening of the windows for ventilation purposes on grounds of the ensuing energy costs. The result is the formation of mould both in the living rooms and in the bathrooms.

The installation of humidity controlled ventilation in bathrooms without windows involves the danger, that a drop below the dew point at the humidity sensor may lead to unwanted continuous operation. This, in turn, will result in a very short service life for the filters and excessive energy consumption.

Possible solutions are to be sought both in the construction of the building and in a controlled process of ventilation.

Keywords: domestic ventilation, sanitary rooms, exhaust air, humidity measurements, filtration

- Fensterlüftung
- kontrollierte Be- und Entlüftung.

2.1 Fensterlüftung

Im Bild 1 ist die Aufteilung der derzeitigen Lüftungssituation in den neuen Bundesländern (Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern) dargestellt. Es wird deutlich, daß die Fensterlüftung dominiert.

Prof. Dr.-Ing. A. Trogisch, Lehrgebiet TGA, Hochschule für Technik und Wirtschaft (FH) Dresden; Dr.-Ing. U. Franzke, Institut für Luft- und Kältetechnik Gem. GmbH, Dresden

* Auszug eines Vortrages zur 19th ANNUAL AIVC CONFERENCE vom 28. bis 30. September 1998 in Oslo, Norwegen

Tab. 1 Feuchtebelastung in Wohnungen

| Raumart | üblicher Bereich oder Mittelwert | Lufttemperatur °C | Feuchteanfall g/h | Außenluft-rate m³/h | Raumgröße m³ | Mindestluftwechsel h⁻¹ |
|-------------------------------|----------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------|--------------|------------------------|
| Wohnräume | Bereich Mittelwert | 20 | 100-300 200 | 25-70 45 | 40-80 60 | 0,3-1,8 0,8 |
| Schlafräume | Bereich Mittelwert | 16 | 20-100 60 | 5-30 20 | 20-40 30 | 0,1-1,5 0,8 |
| Kinderzimmer | Bereich Mittelwert | 20 | 90-200 150 | 20-45 35 | 20-60 40 | 0,3-2,3 0,8 |
| Bad bei Nutzung Tagesmittel | Bereich | 24 | 700-2600 50-150 | 135-500 10-30 | 20-30 | 4,5-2,5 0,3-1,5 |
| bei Nutzung Tagesmittel | Mittelwert | | 1000 100 | 190 20 | 25 | 8 0,8 |
| Küche bei Nutzung Tagesmittel | Bereich | 20 | 600-1500 20-180 | 150-350 5-40 | 20-40 | 3,8-1,8 0,1-2,0 |
| bei Nutzung Tagesmittel | Mittelwert | | 1000 100 | 230 25 | 30 | 8 0,8 |

Neben der Variante der Fensterlüftung ist vor allem die natürliche Schachtentlüftung häufig anzutreffen.

Zur Sicherstellung einer ausreichenden Luftzufuhr mit „unterbrochener Fensterlüftung“ soll ein Mindestwert definiert werden, wonach alle zwei Stunden für 10 Minuten das Fenster zum Lüften geöffnet werden muß. Dieser Wert liegt noch erheblich unter dem aus bauklimatischer Sicht von *Petzold* [7] geforderten Mindestwert.

Die Fensterlüftung hat den Nachteil, daß ein kaum eindeutig quantifizierbares Einströmen der Außenluft in die Räume gegeben ist und u. U. mit Schmutz- und Lärmbelastung sowie eventuellen Zugserscheinungen zu rechnen ist. Weiterhin ist die Fensterlüftung von der Lüftungseffektivität der Fenster abhängig.

Durch die Fensterlüftung ergeben sich unnötige Heizwärmeverluste, die zu beachtende Größenordnungen erreichen können. Im Bild 2 ist der Anteil des jähr-

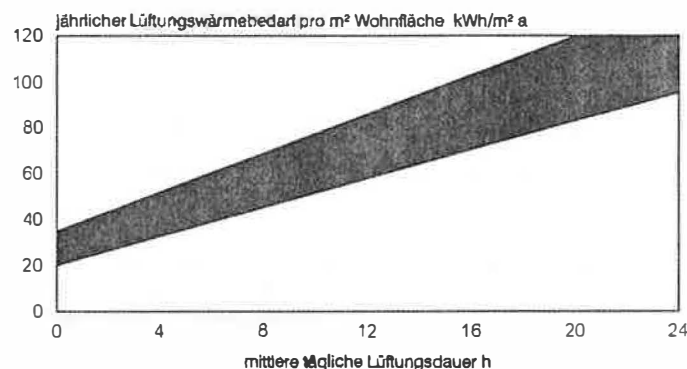


Bild 2 Lüftungswärmebedarf bei gekippten Fenstern

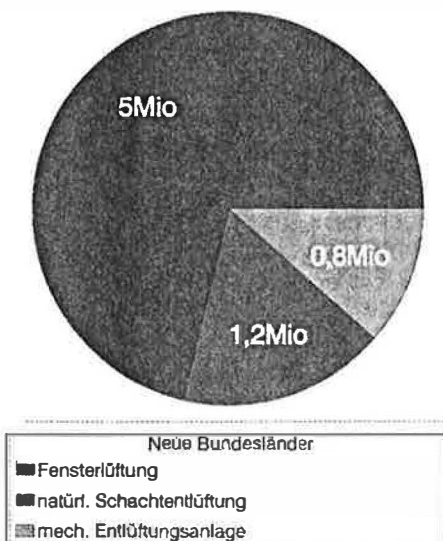
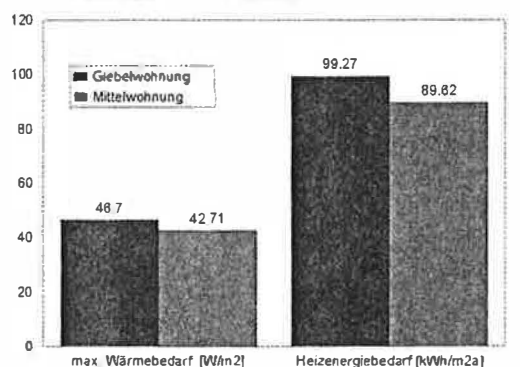


Bild 1 Aufteilung der Lüftungsarten in den neuen Bundesländern

Wohngebäude in Plattenbauweise
Wohnraum, Giebel- und Mittelwohnung, Orientierung Nord-West bzw. Nord



spezifischer Wärme- u. Energiebedarf der Wohnungen

TRY05, Normtemperatur 20 °C, Luftwechsel 0,5 1/h

Bild 3 Spezifische Werte des Wärme- und Energiebedarfes der Wohnungen

lichen Lüftungswärmebedarfes dargestellt, welcher sich in unterschiedlichen Öffnungszeiten der Fenster dokumentiert.

Schon bei Einhaltung der o.g. Lüftungsregel „Alle zwei Stunden für 10 Minuten lüften“ ergibt sich ein Lüftungswärmebedarf von etwa 30 bis 40 kWh/m² a. Damit wird fast die Hälfte des jährlichen Gesamtwärmebedarfes eines modernisierten Plattenbaus (Wohnungsbaulösung in den neuen Bundesländern) entsprechend Bild 3 nur für Lüftung verwendet.

Bei permanenter Dauerlüftung von Räumen steigt der Anteil der Lüftungswärme deutlich über den Anteil der Transmissionswärme (vergleiche Bild 3) an, was letztendlich Energieverschwendung bedeutet.

Nicht geändert haben sich die Lüftungsgewohnheiten der Nutzer mit der nun dichteren Bauweise der Fensterkonstruktionen und auch des Gebäudes. Es treten daher ungewollt negative Erscheinungen wie Verschlechterung der Luftqualität durch Emission von Schad- und Geruchsstoffen sowie Schimmelpilzbildung an Wänden

durch nicht abgeführte Feuchte lasten auf, die im Prinzip dem Gedanken der Energieeinsparung geschuldet sind.

Der Anteil der Schäden nach einem Austausch der alten, undichten Fenster gegen neue, dichtere Fenster beträgt nach [1] über 12 %. Als Erscheinungsbild dieser Maßnahme tritt Schimmelbildung auf, was sich vielfach in schwarzen Flecken an unzugänglichen Stellen dokumentiert. Dies bedeutet, daß diese Lüftungsnotwendigkeit mittels Fensterlüftung kaum von den Mietern unter dem Aspekt der Feuchtebelastung als unumgänglich gesehen wird. Ein Übergang auf eine Form der kontrollierten Wohnungslüftung wird unumgänglich.

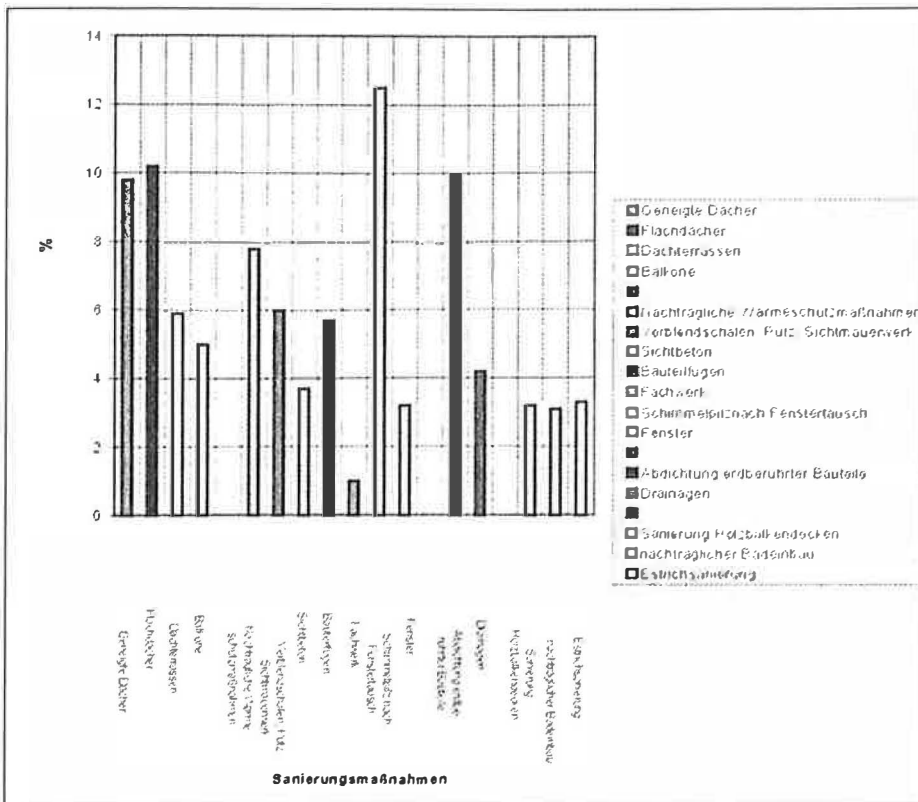


Bild 4 Schadensbetroffene Sanierungsmaßnahme aus [1]

2.2 Kontrollierte Be- und Entlüftung

Um für einen hygienisch, bauphysikalisch und energetisch minimierten ausreichenden Luftwechsel zu sorgen, ist eine mechanisch kontrollierte Be- und Entlüftung notwendig. Mit diesen Systemen läßt sich ein erforderlicher Mindestaußenluftwechsel genau einhalten.

Die derzeit auf dem Markt angebotenen Wohnungslüftungssysteme lassen sich in vier große Gruppen einteilen:

- dezentrale Einraum-Wohnungslüftungsgeräte, bei denen durch eine Geräteeinheit gewöhnlich ein Raum be- und entlüftet wird, wobei zwischen mit und ohne Wärmerückgewinnung unterschieden wird,
- zentrale Wohnungslüftungsgeräte, bei denen von einer zentral angeordneten Geräteeinheit aus die Räume einer Wohnung oder eines Einfamilienhauses über ein Kanalsystem be- und entlüftet werden; hierbei sind verschiedene technische Formen in der Wärmerückgewinnung die Unterscheidungsmerkmale,
- zentrale Wohnungslüftungsgeräte für Mehrfamilienhäuser; aufgrund ihrer Besonderheiten wie z. B. brandschutztechnische, hygienische und akustische Aspekte sind diese Anlagen gesondert zu betrachten,
- Wohnungslüftungsgeräte mit integrierter Luftheizung.

3 Mechanische Badentlüftung

Während die vorgenannten Systeme vorrangig für den normalen Aufenthaltsbereich entwickelt wurden, sind innenliegende Bäder gemäß DIN 18017 [6]

Tab. 2 Lüftungstechnische Forderungen der DIN 18017

| Raum | Planmäßiger Abluftvolumenstrom in m³/h | |
|----------------------|--|------------------------------|
| | bei Betriebsdauer ≥ 12 h/d | bei beliebiger Betriebsdauer |
| Bad-Raum auch mit WC | 40 | 60 |

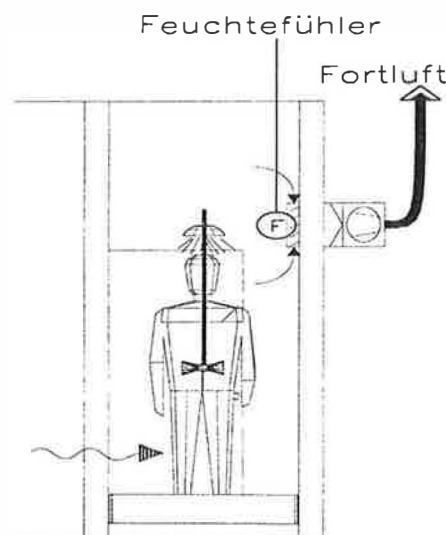


Bild 5 Prinzipieller Aufbau einer feuchtegesteuerten Badentlüftung

mechanisch zu entlüften. Eine direkte Verbindung zwischen DIN 18017 und DIN 1946, Teil 6 besteht nicht. Die Außenluft strömt dabei über die Undichtigkeiten der Nachbarräume und die Überströmöffnungen des Bades nach. Dabei ist gemäß DIN 18017 von dem in Tabelle 2 genannten Volumenstrom auszugehen.

Bei der mechanischen Badentlüftung entsprechend DIN 18017 kommen weitere Aspekte hinzu. Feuchtegesteuerte Abluftventilatoren können und sollten prinzipiell eine gute Abstimmung auf die Nutzerbelange ermöglichen. Der prinzipielle Aufbau ist im Bild 5 dargestellt.

Bei Betrieb eines derartigen Systems stellen sich folgende Probleme ein:

- aufgrund des periodischen Betriebes können sich die Rohrleitung sowie Einbauten (Filter, Feuchtesensor) unter die Raumlufttemperatur abkühlen,
- Wasserdampf wird beim Duschen oder Baden sprunghaft freigesetzt,
- aufgrund des elektrischen Impulses wird der Abluftventilator zeitverzögert in Betrieb genommen; in vielen Fällen besteht deshalb aufgrund unzureichender Heizleistung Gefahr von Zugserscheinungen,
- feuchtebeladene Abluft wird über die kühleren Bauteile geführt und kondensiert u. a. am Filter und Feuchtesensor,
- aufgrund der Wasserfreisetzung am Feuchtesensor kommt es zu einem längeren Anforderungssignal an den Betrieb des Abluftventilators,
- staubförmige Belastungen der Abluft werden

aufgrund der Durchnässung des Filtermaterials im Filter gebunden (siehe Bild 7),

- durch längeren Anlagenbetrieb kommt es zu einer schnelleren Verschmutzung des Filters,
- das Filtermaterial weist Schimmelbildung auf.

Im Bild 6 ist ein neues Filter, im Bild 7 sind ein verschmutzter Feuchtesensor und ein verschmutztes Filter dargestellt. Als Folge dieser einzelnen Vorgänge kommt es zu einem erhöhten Energiebedarf der Ventilatoren sowie zu akustischen Problemen aufgrund der Verschiebung des Arbeitspunktes des Ventilators.

Das Problem der feuchtegesteuerten Badentlüftung wird anhand Bild 8 deutlich. Dargestellt ist der zeitliche Verlauf des Meßsignals eines kapazitiven Feuch-

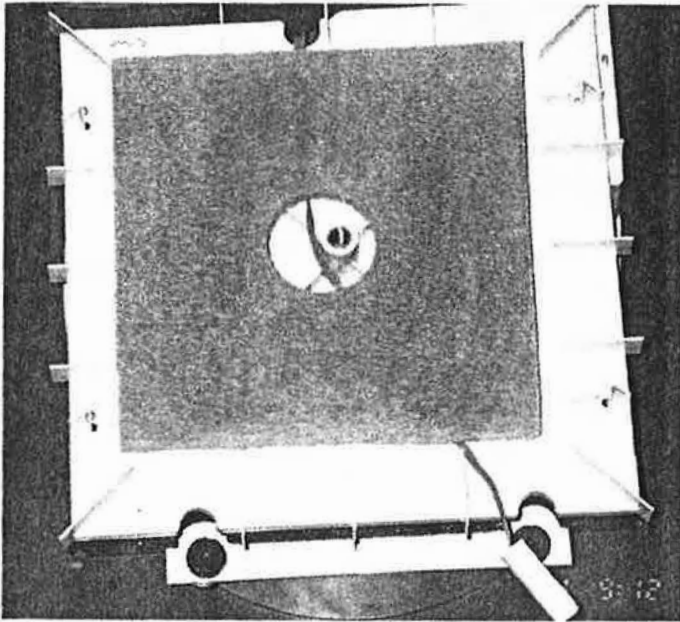


Bild 6 Neues Filter

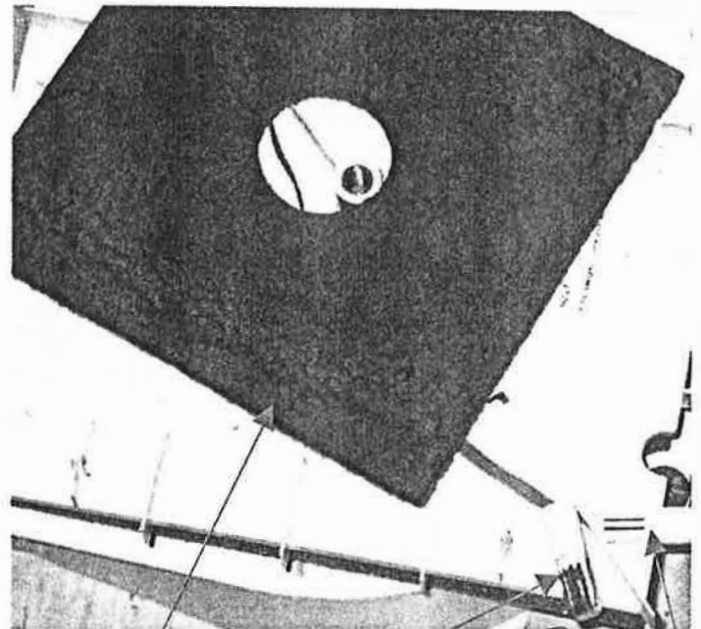


Bild 7 Verschmutzter Feuchtesensor und verschmutzter Filter nach ca. 1 Monat Betriebsdauer

tesensors. Hochwertige Feuchtefühler sind in der Regel durch einen funktionierenden Wasserschutz gekennzeichnet. Wie im Bild 8 zu erkennen ist, erfolgte trotz direktem Wasserbesprühen der Schutzkappe nach einem sprunghaften Anstieg ein sofortiger Abfall der relativen Feuchte. Nach Entfernen der Schutzkappe ergab sich ein prinzipiell anderes Verhalten. Die eingebrachten Wassertropfen führen dazu, daß über einen Zeitraum von etwa 30 Minuten ein überhöhtes Feuchtesignal ausgegeben wird. Auch anschließend wird gegenüber dem unbehandelten Feuchtefühler über einen Zeitraum von mehr als 3 Stunden ein falscher Wert gemessen. Eine stärkere Schmutzschicht wird diesen Zeitraum noch verlängern.

4 Ausblick und Lösungsansatz

Bei unzureichender Lüftung kann es sowohl in der Wohnung als auch im Bad zu erheblichen Kondensationserscheinungen an den Umschließungskonstruktionen kommen. Durch den Einsatz der mechanischen Badentlüftung kann sich dieses Problem auf den Abluftfilter – der durch ständige Taupunktunterschreitung zu Pilzwachstum neigt – bzw. das angeschlossene Kanalnetz verlagern.

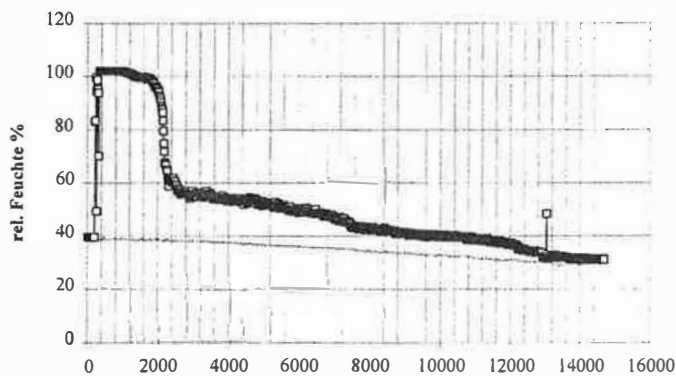


Bild 8 Zeitlicher Verlauf einer Feuchtemessung mit kapazitiven Feuchtefühlern

Lösungen des Problems können in folgenden Varianten bestehen:

- sinnvolle Feuchtespeicherung in der Baukonstruktion
- zeitweise Erhöhung der Oberflächentemperatur der Umschließungskonstruktion
- aktives Sorptionssystem (Kondensatfalle), welches im Bad integriert sein könnte.

Die Feuchtefühler sollten so angeordnet werden, daß sie nicht im ständigen Taupwasserbereich liegen (Ausnutzung der Ventilatorabwärme). Zusätzlich ist die Regelungskonzeption zu überdenken, um einen Dauerbetrieb zu vermeiden.

Literatur

- [1] Dritter Bericht über Schäden an Gebäuden. Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (1996)
- [2] Seifert, C.: Thermische Simulation eines Gebäudes in Plattenbauweise – Berechnung des Jahresheizenergiebedarfes. Fachbericht ILK-B-4/97-2586
- [3] Leitfaden für die Instandsetzung und Modernisierung von Wohngebäuden in der Plattenbauweise. Typenserie P2 5,0 t. Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau. Bonn-Bad Godesberg, November 1992
- [4] Reiners, W.; Dördelmann, S.: Felduntersuchungen an 60 Wohnungslüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung. *elektrowärme international*, 54 (1996) A1, S. A4 – A15
- [5] Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (Wärmeschutzverordnung – WärmeschutzV) 16. August 1994
- [6] DIN 18017 „Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster“
- [7] Petzold, K.: Raumlufttemperatur. 2. Auflage. Verlag Technik GmbH Berlin (1980)

Schlüsselwörter

Wohnungslüftung
Sanitärräume
Abluft
Feuchtemessung
Filterung