



STREITFALL MIETER/VERMIETER: WOHNUNGSLÜFTUNG

Jan Bredemeyer¹

¹ Sachverständiger und Projektleiter im Büro *Ingenieure für das Bauwesen Prof. Vogdt & Oster Partnergesellschaft* in Berlin sowie Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Bauphysik und Baukonstruktionen im Institut für Bauingenieurwesen an der TU Berlin. Tätigkeitsschwerpunkte sind Wärmeschutz, Feuchteschutz, Fenster und Türen sowie Abdichtungen. Mitautor u.a. des Fachbuchs *Nutzereinfluss auf Schäden an Gebäuden* in der Reihe *Schadenfreies Bauen* sowie diverser weiterer Veröffentlichungen.

Inhalt

1	Einleitung	3
2	Wird Lüftung Vermietersache? Kritische Anmerkungen zu DIN 1946-6, Ausgabe 2009-05	4
2.1	Ausgangssituation	4
2.2	Problemstellung	6
2.3	Ansatz der DIN 1946-6	9
2.4	Bewertung des Ansatzes der DIN 1946-6	11
2.5	Fazit	15
3	Ist Fensterlüftung allein noch ausreichend? Möglichkeiten und Grenzen der Fensterlüftung	18
3.1	Wirkung von Lüftung	18
3.2	Bewertungsansatz für die Wirksamkeit von Fensterlüftung	19
3.3	Fallbeispiel	22
3.3.1	Schadensbild und bauliche Situation	22
3.3.2	Ermittlung der zu erwartenden minimalen Oberflächentemperaturen	23
3.3.3	Berechnung der kritischen Grenzluftfeuchte	23
3.3.4	Nutzereinfluss	25
3.3.4.1	Einflussfaktoren	25
	a) Temperaturen	25
	b) Außenluftfeuchte	26
	c) Grundluftwechsel	26
	d) Feuchteeintrag	27
	e) Raumluftvolumen	30
3.3.4.2	Stoßlüftungsintervalle	31
3.3.5	Technische Beurteilung	33
3.3.5.1	Lüftungsintervalle	33
3.3.5.2	Tauwasserbildungen an Verglasungen	33
3.3.5.3	Schimmelpilzbildungen im Einflussbereich von Heizkörpern	35
3.3.5.4	Belegung der Wohnung	35
3.3.5.5	Nutzbarkeit der Fensterflügel zu Lüftungszwecken	35
3.3.5.6	Funktionsfähigkeit und Wirksamkeit der vorhandenen Heizflächen	37
4	Zusammenfassung	38
5	Literatur, Normen und sonstige verwendete Unterlagen	41

1 Einleitung

Die Vermeidung und Bewertung von Schimmelpilzbildung an den raumseitigen Oberflächen der Außenbauteile bzw. von übermäßigem Tauwasserausfall an Fenstern in Wohnungen nimmt in der Öffentlichkeit breiten Raum ein (Abb. 1). Die steigende Relevanz dieser raumklimatisch bzw. wärmeschutztechnisch bedingten Schadensbilder resultiert aus dem Spannungsfeld zwischen der zunehmenden Luftdichtheit der Gebäudehüllen im Kontext der übergeordneten Zielsetzungen zur globalen Energieeinsparung einerseits und den privaten Bestrebungen der Energieeinsparung des Einzelnen vor dem Hintergrund überproportional steigender Energiepreise andererseits. In diesem Zusammenhang kommen in Bezug auf die wesentlichen Einflussfaktoren für Wohnräume neben dem Wärmeschutz der Gebäudehülle insbesondere der Beheizung und einem ausreichenden Luftwechsel wesentliche Bedeutung zu. Insbesondere dem letztgenannten Faktor wird seit vielen Jahren besondere Aufmerksamkeit zuteil (z. B. [Erhorn, 1986], [Klopfer, 1988], [Reichel, 1998], [Heinz, 2004]), die im Mai 2010 in die Neuausgabe der DIN 1946-6 „Raumluftechnik – Lüftung von Wohnungen“ gemündet hat. Dieses Regelwerk – ursprünglich eine Norm für den Bereich Technische Gebäudeausrüstung und ehemals Teil der „VDI-Lüftungsregeln“ – wurde an einer entscheidenden Stelle über den gebäudetechnischen Bereich hinaus erweitert und greift nun unmittelbar in den Bereich der klassischen Hochbauplanung ein.



Abb. 1: Schimmelpilzbildung an einer Außenwand (a); links), Tauwasserausfall an der Wärmeschutzverglasung eines Fensters (b); rechts)

Damit werden zwar einerseits grundsätzliche Erfordernisse der Zeit aufgegriffen, andererseits aber im Wortsinn „gewohnte“ Nutzungsrandbedingungen des Wohnens normativ verschoben. In zahlreichen Veröffentlichungen in Fachzeitschriften und bisweilen auch in den einschlägigen Beilagen der Tagespresse wird seither mit großer Vehemenz verkündet, ab sofort sei für den Neubau und die Modernisierung von Wohngebäuden Fensterlüftung allein nicht mehr zulässig, sondern nutzerunabhängige Lüftungssysteme seien obligatorisch. DIN 1946-6 sei allgemein anerkannte Regel der Technik und Sorge als solche dafür, dass im hermetisch luftdichten Wohnungsbau unserer Tage hygienische Wohnverhältnisse möglich würden. Eine Nichtbeachtung bzw. Nichteinhaltung der Anforderungen aus der Norm berge für Planer erhebliche Haftungsrisiken. Glaubt man diesem nahezu einmütigen Echo, liegt der Schluss nahe, dass – überspitzt formuliert – das Lüften einer Wohnung mietrechtlich zur Vermietersache geworden sei. Die große Verunsicherung bei Architekten, Bauingenieuren, Haustechnikern, Hausverwaltungen, Mietern und Immobilieneigentümern hierüber ist der Anlass für die vorliegende Darstellung. Diese basiert auf den Veröffentlichungen [Bredemeyer, 2010, 2011-1 und 2] sowie [Oster, 2011].

Im Abschnitt 2 werden die neuen Festlegungen der DIN 1946-6 kritisch hinterfragt und bewertet. Im Abschnitt 3 soll dann die Frage beantwortet werden, ob vor dem Hintergrund der Entwicklung hin zu immer dichteren Gebäudehüllen Fensterlüftung für die Gewährleistung eines raumklimatischen Feuchteschutzes im Geschosswohnungsbau noch tatsächlich ausreichend ist.

2 Wird Lüftung Vermietersache? Kritische Anmerkungen zu DIN 1946-6, Ausgabe 2009-05

2.1 Ausgangssituation

Ein Luftaustausch zwischen dem bewohnten Luftvolumen einer Wohnung und der Außenluft ist insbesondere während der Heizperiode aus mehrererlei Gründen sinnvoll und erforderlich. Während für Schulräume und Versammlungsstätten aufgrund der großen Ansammlung von Menschen insbesondere Geruchsstoffe und CO₂ im

Mittelpunkt stehen [Hellwig, 2010], [NLGA, 2004], ist für Wohnräume die Abfuhr der durch die Nutzung eingetragenen Feuchte der entscheidende Grund [Richter, 2002]. So werden nach [Grünberger, 2000] in einem 3-Personen-Haushalt üblicherweise am Tag rund 7,8 Liter Wasser in die Raumluft eingetragen. Wird die Wäsche außerhalb der Wohnung getrocknet, reduziert sich die tägliche Feuchtelast auf rund 5,6 Liter. Wird diese Feuchte nicht nach außen abgeführt, erfolgt eine kritische Auffeuchtung der Raumluft, die wiederum im Bereich vorhandener Wärmebrücken infolge Abkühlung der Luft an der betreffenden Oberfläche zu Schimmelpilzbildung und an den Verglasungen von Fenstern zu störendem Tauwasseranfall führen kann. Insofern besteht grundsätzlich der prinzipielle Zielkonflikt zwischen

- der Minimierung von Wärmeverlusten über Luftströmung durch die Gebäudehülle einerseits und
- der Sicherstellung der Abfuhr nutzungsbedingter Feuchteinträge in die Raumluft über ausreichende Lüftung andererseits.

Der erforderliche Luftwechsel muss durch Strömungsvorgänge über Öffnungen in der Gebäudehülle erfolgen. Absorptionsvorgänge an raumumschließenden Oberflächen, z. B. über Kapillarkondensation, wirken sich zwar grundsätzlich positiv aus, da sie zu einem Abpuffern zeitweiser Feuchtespitzen führen [Ziegert, 2002], [Dreyer, 2002], sind aber für die Feuchteabfuhr selbst von untergeordneter Bedeutung. Gleiches gilt für Diffusionsvorgänge durch die opaken Teile der Gebäudehülle, die gegenüber Strömungsvorgängen in Größenordnungen geringere Feuchtemengen transportieren. Genau dies ist auch der Grund dafür, dass – entgegen der wiederholten Behauptung – keine „atmenden“ Wände erforderlich sind und umgekehrt im hochwärmedämmten Wohnungsbau nicht die verbreiteten Wärmedämmverbundsysteme ursächlich sind, wenn es dort zu Schimmelpilzschäden kommt [Cziesielski, 2000].

Neben dem vorstehend betrachteten Luftaustausch ist im Hinblick auf ein hygienisches Raumklima allerdings noch ein zweiter wesentlicher Parameter von Bedeutung: Die Raumlufttemperatur, oder genauer: die Beheizung von Wohnräumen über die hierfür vorgesehenen Heizflächen.

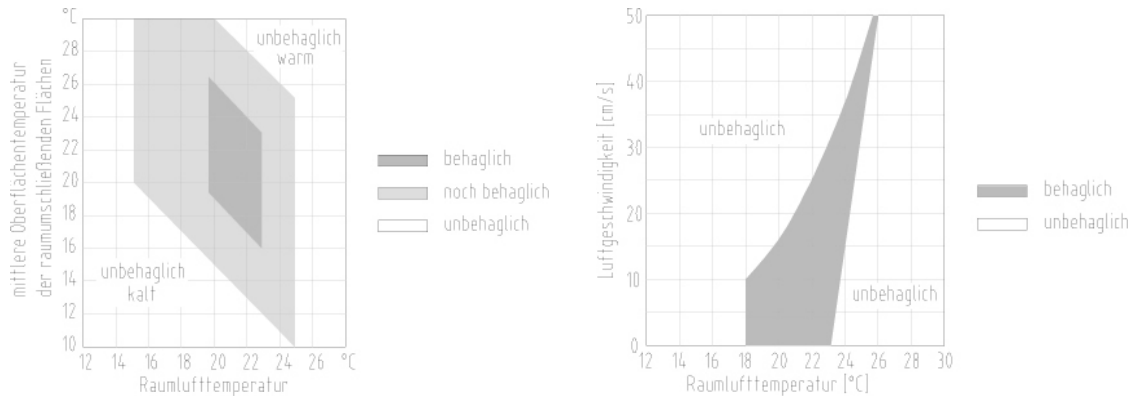


Abb. 2: a) Behaglichkeitsfelder in Abhängigkeit von Raumlufttemperatur und mittlerer Umschließungsflächentemperatur nach [Frank, 1975] (links); b) Behaglichkeitsfelder in Abhängigkeit von Raumlufttemperatur und Luftgeschwindigkeit (gültig für relative Luftfeuchten zwischen 30 und 70 % und Raumschließungsflächentemperaturen von 19,5 bis 23 °C) nach [Raiß, 1968] (rechts)

Sie soll über eine Kombination aus Konvektion und Strahlung behagliche Temperaturverhältnisse sicherstellen. Hierzu gehört neben einer ausreichend warmen Raumluft vor allem auch eine ausreichend hohe Temperatur der raumumschließenden Bauteile, insbesondere der Außenbauteile, um eine unbehagliche Temperaturverteilung im Raum (Abb. 2.a), nach [Frank, 1975]) oder unbehagliche Luftströmungen durch Kaltluftabfall an Außenbauteilen (Abb 2.b) nach [Raiß, 1968]) zu vermeiden. Für die potenziellen Schadensbereiche, d. h. die Wärmebrücken im Bereich jeder Gebäudehülle, ist dabei die von Heizflächen ausgehende Konvektion von besonderer Bedeutung, um einem Auskühlen der betreffenden Bereiche und kritischen Oberflächenverhältnissen entgegen zu wirken.

2.2 Problemstellung

Das eingangs wiedergegeben Echo zahlreicher Veröffentlichungen und Verlautbarungen suggeriert in Bezug auf den oben beschriebenen Zielkonflikt, dass die allgemein „gewohnten“ Grundsätze zur Aufrechterhaltung unkritischer Raumklimata nicht mehr ausreichend seien. Vielmehr wären unter den heutigen wärmeschutztechnischen Anforderungen ausschließlich Lüftungsanlagen oder zumindest nutzerunabhängige Systeme zur Zwangslüftung hierzu in der Lage. Gegen diese Behauptung sprechen schon empirische Befunde: In [Heinz, 2004] wird davon ausgegan-

gen, dass in rund 14 % aller Wohnungen in Deutschland raumklimatisch bedingte Schimmelpilzbildungen vorhanden sind, also 86 % aller Wohnungen keine solchen Probleme besitzen. Aus den Untersuchungen in [Oswald, 2008] folgt sogar, dass in mehr als 90 % des hochwärmegeprägten Wohnungsbestands mit hoher Luftdichtheit der Gebäudehülle, also einem geringen Grundluftwechsel durch Infiltration und über Fensterfugen o. ä., keine kritischen raumklimatischen Verhältnisse herrschen, die zu entsprechenden Schäden im Bereich von Wärmebrücken führen. Umfangreiche Erfahrungen zeigen zudem, dass eine grundlegende Gefährdung ganzer Gebäude nur in Ausnahmefällen gegeben ist. So sind in Wohnanlagen mit gleichartiger Bausubstanz in der Regel nur einzelne Wohnungen von Schimmelpilzbildung betroffen, die weit überwiegende Anzahl hingegen nicht. Die sachverständige Begutachtung einer Vielzahl von Schadensfällen mit Hilfe einer einfachen modellhaften raumklimatischen Betrachtung der schadensbetroffenen Wärmebrücken [Oster, 2007], die weiter unten im Abschnitt 4 detailliert beschrieben wird, bestätigt diese Feststellung rechnerisch.

Dennoch gibt es in der Tat auch Wohnungen, die nur mit erheblichem und unzumutbarem Aufwand hinsichtlich Heizung und Lüftung schadenfrei gehalten werden können und deshalb als grundlegend gefährdet einzustufen sind. Eine derartige grundlegende Gefährdung nimmt in Bezug auf die baulichen Randbedingungen zu,

- je geringer der Wärmeschutz der Außenbauteile ist,
- je geringer infolge einer hohen Luftdichtheit der Gebäudehülle der Grundluftwechsel über Infiltration ist,
- je geringer das Gesamtraumluftvolumen ist,

Die Erfahrungen beispielsweise mit 1-Zimmerwohnungen aus den 1950er oder 1960er Jahren, in die Fenster mit Falzdichtungen eingebaut wurden, bei denen jedoch der Wärmeschutz nicht verbessert wurde, bestätigen dies. In Bezug auf die drei genannten Faktoren zeigt diese Erfahrung jedoch auch, dass bereits die Verbesserung eines Faktors in aller Regel das Problem löst oder zumindest zu einer merklichen Verbesserung führt. Insofern können bei derartigen Wohnungen lüf-

tungstechnische Maßnahmen im Sinne der DIN 1946-6 ein sinnvoller Lösungsweg sein.

Nahezu unabhängig von den baulichen Randbedingungen steigt die Gefahr raumklimatisch bedingter Schäden allerdings auch, je geringer die Beheizung über konvektiv und über Strahlung wirksame Heizflächen ist. In diesem Zusammenhang zeigt die Erfahrung, dass eine unzureichende Beheizung oder eine wenig wirksame Anordnung von Heizflächen auch in vergleichsweise gut wärmegeämmten, großen und sogar mit Lüftungstechnischen Maßnahmen ausgestatteten Wohnung zu kritischen raumklimatischen Verhältnissen und entsprechenden Schäden führen können (Abb. 3).

Für den Planer, wie auch den Betreiber einer Immobilie sind insofern Kriterien wichtig, an denen er zunächst erkennen kann, ob überhaupt eine grundlegende Gefährdung einer Wohnung vorliegt und deshalb nutzerunabhängige Lüftungstechnische Maßnahmen erforderlich wären. Die DIN 1946-6 ist hierbei völlig unbeachtet ihres vertragsrechtlichen Status jedoch wenig hilfreich.



Abb. 3: a) Raumklimatisch bedingte Schimmelpilzbildungen (s. Pfeil) im Sturzbereich oberhalb eines Außenluftdurchlasses einer Abluftanlage infolge unterlassenen Betriebs des im Brüstungsbereich vorhandenen Heizkörpers (links); b) raumklimatisch bedingte Schimmelpilzbildungen in einer Wohnung mit Kastenfenstern ohne Falzdichtungen und zusätzlicher Abluftanlage (rechts; ALD im oberen Fensterbereich; s. Pfeil)

2.3 Ansatz der DIN 1946-6

In Bezug auf die Entscheidung, ob nutzerunabhängige Lüftungstechnische Maßnahmen erforderlich sind oder nicht, sind lediglich die Abschnitte 4.2.1 bis 4.2.3 der insgesamt mehr als 120 Seiten umfassenden Norm relevant. Dort wird ein „Eingangskriterium“ dafür formuliert, ob überhaupt ohne nutzerunabhängige Lüftungstechnische Maßnahmen geplant werden darf. Hierfür muss der zu erwartende Luftvolumenstrom durch Infiltration den zum Feuchteschutz nach den Kriterien dieser Norm notwendigen Luftvolumenstrom überschreiten (Abb. 4). Ist dies nicht gewährleistet, sind nutzerunabhängige Lüftungstechnische Maßnahmen erforderlich. Eingangsparameter für die Ermittlung des notwendigen Luftvolumenstroms sind die Grundfläche der zu betrachtenden Wohnung sowie ein Faktor, der zwischen zwei (!) Kategorien des Wärmeschutzes der Gebäudehülle unterscheidet: In Gebäude mit einem Wärmeschutz nach Wärmeschutzverordnung 1995 oder jünger einerseits und sämtliche davor errichteten Gebäuden andererseits.

Der dem gegenüberzustellende zu erwartende Luftvolumenstrom über Infiltration beinhaltet verschiedene Parameter (Abb. 4), so u. a. den n_{50} -Wert, der den Luftwechsel bei einem Differenzdruck von 50 Pa und damit die Luftdichtheit der Gebäudehülle kennzeichnet. Damit finden insgesamt die drei oben genannten, die baulichen Einflüsse beschreibenden Faktoren hinsichtlich einer grundsätzlichen Gefährdung von Wohnungen zwar Berücksichtigung. Allerdings wird explizit ein Luftwechsel ausschließlich über Infiltration beschrieben, der über eine schwer nachzuvollziehende Kategorisierung von n_{50} -Werten anhand der Tabelle 9 in DIN 1946-6 erfolgt (Abb. 5). Aus den Ausführungen in Abschnitt 4.1 der Norm zur Berücksichtigung des Austauschs von Fenstern und den Fußnoten zu dieser Tabelle 9 folgt (Abb. 5), dass de facto beim Vorhandensein von Fenstern mit Falzdichtungen eine Luftdichtheit der Gebäudehülle mit einem n_{50} -Wert = $1,5 \text{ h}^{-1}$ anzusetzen ist, sofern nicht für jede Nutzungseinheit im Differenzdruck-Verfahren nach DIN EN 13829 die tatsächlichen Werte ermittelt werden. Derartige Messungen sind jedoch einerseits gerade im üblichen massiven Geschosswohnungsbau unüblich und andererseits im Altbau mit Holzbalkendecken nur sehr eingeschränkt bzw. nur mit hohem messtechnischen Aufwand zielführend. Der daher im Regelfall anzusetzende Wert von $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$ entspricht allerdings sogar dem zulässigen

Grenzwert für Gebäude mit raumlufttechnischen Anlagen gemäß der Energieeinsparverordnung [EnEV 2009]. Da der n_{50} -Wert aber ein wesentlicher Parameter für den Luftvolumenstrom über Infiltration ist, erscheint der in DIN 1946-6 formulierte Ansatz schon von vornherein als zu wenig differenziert, um insbesondere die Bedingungen im Bestand ausreichend genau zu erfassen.

$q_{v,ges,NE,FL} < q_{v,Inf,wirk}$	
$q_{v,ges,NE,FL} = f_{WS} \cdot (-0,001 \cdot A_{NE}^2 + 1,15 \cdot A_{NE} + 20)$	
$q_{v,ges,NE,FL}$	der Luftvolumenstrom für den Feuchteschutz in m^3/h
A_{NE}	die Fläche der Nutzungseinheit in m^2 (die lichte Raumhöhe wird mit 2,5 m zugrunde gelegt)
f_{WS}	der Faktor zur Berücksichtigung des Wärmeschutzes (WS) des Gebäudes
	$f_{WS} =$ Neubau ab 1995
	0,3
	$f_{WS} =$ Altbau vor 1995
	0,4
$q_{v,Inf,wirk} = f_{wirk,komp} \cdot A_{NE} \cdot H_R \cdot n_{50} \cdot (f_{wirk,Lage} \cdot \Delta p/50)^n$	
$q_{v,Inf,wirk}$	der wirksame Luftvolumenstrom durch Infiltration in m^3/h
$f_{wirk,komp}$	0,5 (vereinfachend wird für die Feststellung der Lüftungstechnischen Maßnahmen innerhalb des Lüftungskonzeptes die freie Lüftung in Form von Querlüftung zugrunde gelegt). Bei Querlüftung wird mit dem Faktor 0,5 dem Umstand Rechnung getragen, dass die Außenluftdurchlässe bzw. Undichtheiten entweder dem Zuströmen der Außenluft oder dem Abströmen der Raumluft dienen.
H_R	die Raumhöhe, wird mit 2,5 m zugrunde gelegt
$f_{wirk,Lage}$	1,0 (vereinfachend werden für die Feststellung der Lüftungstechnischen Maßnahmen innerhalb des Lüftungskonzeptes Gebäude in normaler Lage und bis zu 4 Geschossen zugrunde gelegt)
n_{50}	der Vorgabewert (auch für Instandsetzung/ Modernisierung nach Tabelle 9) oder Messwert des Luftwechsels bei 50 Pa Differenzdruck in h^{-1}
Δp	der Auslegungs-Differenzdruck, Vorgabewert für freie Lüftungssysteme (nach Tabelle 10), für eingeschossige NE: für windschwache Gebiete = 2 Pa und für windstarke Gebiete = 4 Pa, für mehrgeschossige NE: für windschwache Gebiete = 5 Pa und für windstarke Gebiete = 7 Pa (Einordnung in Windgebiete nach Anhang H)
n	der Druckexponent, entweder $n = \frac{2}{3}$ als Vorgabewert oder Messwert

Abb 4: „Eingangskriterium“ in Abschnitt 4.2 der DIN 1946-6 zur Festlegung, ob ohne nutzerunabhängige Lüftungstechnische Maßnahmen geplant werden darf

Tabelle 9 — Vorgabewerte des Auslegungs-Luftwechsels $n_{50,Ausl}$ bei 50 Pa Differenzdruck nach Gleichung (13)

Auslegungs-Luftwechsel $n_{50,Ausl}$ für Neubau und Modernisierung in h^{-1}		
Kategorie ^a		
A	B	C
1,0 ^b	1,5 ^{c, e, f}	2,0 ^{d, e, f}
<p>^a Der mittlere Gebäudebestand wird mit einem $n_{50,Ausl}$ von 4,5 h^{-1} beschrieben.</p> <p>^b ventilatorgestützte Lüftung in ein- und mehrgeschossigen Nutzungseinheiten</p> <p>^c freie Lüftung bei Neubau in ein- und mehrgeschossigen Nutzungseinheiten sowie bei Modernisierung in eingeschossigen Nutzungseinheiten (z. B. typisch im MFH)</p> <p>^d freie Lüftung bei Modernisierung in mehrgeschossigen Nutzungseinheiten (z. B. im EFH)</p> <p>^e Die Modernisierungsmaßnahme sieht mindestens eine dauerhaft luftundurchlässige Gebäudehülle entsprechend den anerkannten Regeln der Technik vor.</p> <p>^f Bei einer Teilmodernisierung der Gebäudehülle, z. B. durch einen nicht vollständigen Austausch der Fenster wird empfohlen, die LtM nach den für eine vollständige Modernisierung der Gebäudehüllen angegebenen n_{50}-Werten zu bemessen.</p>		

Abb. 5: Tabelle 9 aus DIN 1946-6 mit den für die Berechnung der Infiltration anzusetzenden n_{50} -Werten (Auslegungsluftwechsel)

Unabhängig hiervon wird Initiativlüftung über das Öffnen von Fenstern für die Lüftung zum Feuchteschutz überhaupt nicht berücksichtigt! Auch enthält die Norm weder an dieser noch an anderer Stelle einen Hinweis darauf, dass zur Sicherstellung des raumklimatisch bedingten baulichen Feuchteschutzes in Wohnräumen Lüftung in der Regel allein nicht genügt, sondern zwingend eine ausreichende Beheizung über die vorgesehenen Heizflächen erfolgen muss (Abb. 3).

2.4 Bewertung des Ansatzes der DIN 1946-6

Der dargestellte Ansatz aus DIN 1946-6 wurde vom Autor exemplarisch an mehr als 20 typischen Geschosswohnungen in massiver Bauart, jedoch unterschiedlicher Baualter und Größe, mit sowohl älteren Fenstern ohne als auch neueren Fenstern mit Falzdichtungen überprüft (Abb. 6). Hierbei ergab sich, dass unabhängig von der Lage des Gebäudes in windstarken oder windschwachen Regionen

- bei neueren Fenstern mit Falzdichtungen unabhängig von allen anderen Eingangsparametern stets nutzerunabhängige Lüftungstechnische Maßnahmen erforderlich sind und

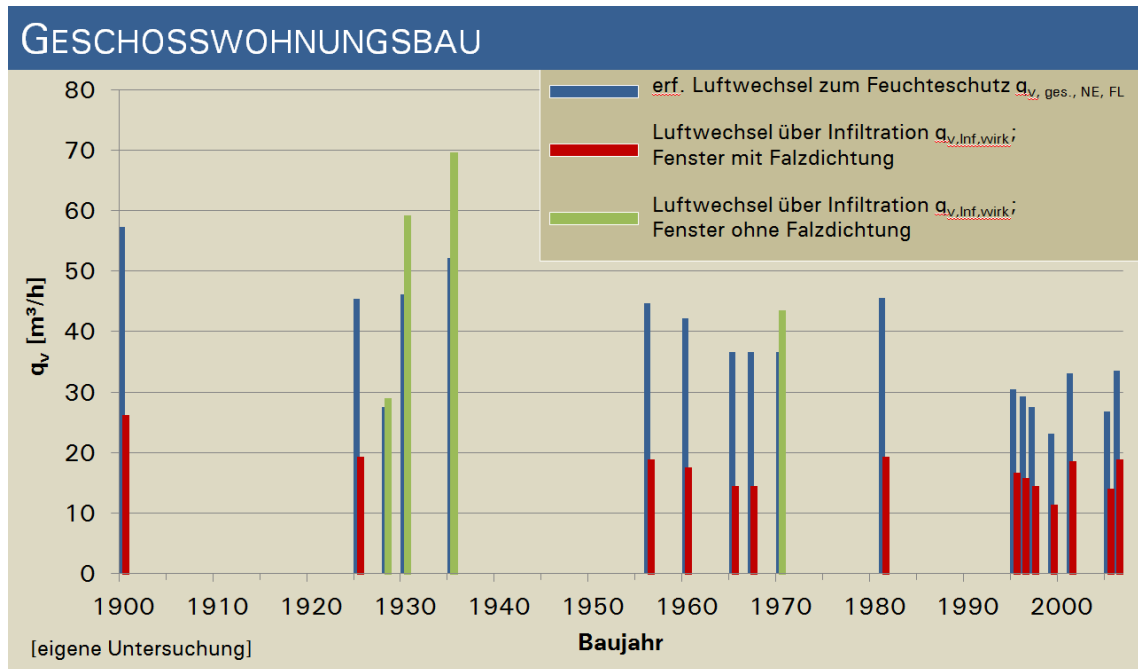


Abb. 6: Gegenüberstellung des zu erwartenden Infiltrationsluftwechsels und des zum Feuchteschutz erforderlichen Luftwechsels nach DIN 1946-6 für exemplarisch betrachtete typische Geschosswohnungen unterschiedlicher Baulalter [Bredemeyer, 2010]

- umgekehrt nur bei älteren Fenstern ohne Falzdichtungen auf lüftungstechnische Maßnahmen verzichtet werden kann (Abb. 6).

Dieses Ergebnis ist insoweit nicht überraschend, als in Übereinstimmung mit der allgemeinen Lebenserfahrung ein unkritisches Raumklima und daraus resultierend eine Schadenfreiheit im Bereich von Wärmebrücken nicht erwartet werden können, wenn Initiativlüftung über Fenster unterbleibt.

Die Schlussfolgerung, die in DIN 1946-6 daraus gezogen wird, stellt jedoch die bewährten und selbstverständlichen Nutzungsrandbedingungen von Wohnungen auf den Kopf. So wird zur Gewährleistung des Luftvolumenstroms zum Feuchteschutz eben nicht Initiativlüftung über Fenster berücksichtigt, sondern vielmehr die Forderung nach einem nutzerunabhängigen Luftvolumenstrom über lüftungstechnische Maßnahmen erhoben.

Dieser Ansatz erscheint in mehrerlei Hinsicht nicht plausibel:

- Dass zur Vermeidung von raumklimatisch bedingten Schimmelpilzbildungen keine Fensterlüftung und deshalb ein für den Feuchteschutz ausreichender nutzerunabhängiger Luftwechsel allein über Infiltration erforderlich sei, widerspricht jeder Erfahrung.
- Die Fokussierung auf die Infiltration ohne Initiativlüftung erscheint auch auf der Grundlage empirischer Daten als problematisch. So stellt entsprechend [Oswald, 2008] sowohl der hochwärmegedämmte Wohnungsbau mit hoher Luftdichtheit der Gebäudehülle als auch [Heinz, 2004] zufolge das Vorhandensein von Fenstern mit Falzdichtungen nicht nur kein erhöhtes Schadensrisiko dar, sondern geht jeweils eher mit einer geringeren Schadensneigung einher. Überdies sind entsprechend [Oswald, 2008] aber auch Wohnungen aus dem älteren Gebäudebestand zu mehr als 90 % nicht von Schimmelpilzbefall betroffen. In diesem Zusammenhang zeigen die Erfahrungen bei der sachverständigen Beurteilung zahlreicher Schadenfälle, dass in Gebäuden oder Anlagen mit gleichartigen Wohnungen und identischen bauphysikalischen Eigenschaften der Gebäudehülle in aller Regel lediglich einzelne Wohnungen raumklimatisch bedingte Feuchteschäden aufweisen. Nur in Sonderfällen sind dem zufolge bauliche Randbedingungen gegeben, die eine grundlegende Gefährdung eines gesamten Hauses oder einer gesamten Anlage und dem zufolge einen entsprechend hohen Anteil von schadensbetroffenen Wohnungen zur Folge haben.
- Als „Lüftung zum Feuchteschutz“ ist unter 3.1.37 in DIN 1946-6 definiert
„notwendige Lüftung zur Sicherstellung des Bautenschutzes (Feuchte) unter üblichen Nutzungsbedingungen bei teilweise reduzierten Feuchtelasten.

Beispiel: Übliche Nutzungsbedingungen bei teilweise reduzierten Feuchtelasten sind z. B. zeitweilige Abwesenheit der Nutzer und kein Wäschetrocknen in der Nutzungseinheit“

Der Hinweis auf die unter den heutigen sozioökonomischen und soziokulturellen Nutzungsrandbedingungen von Geschosswohnungen vergleichsweise langen täglichen Abwesenheitszeiten z. B. in sogenannten Single-Haushalten, ist

auch in anderen Quellen (z. B. [VFW, 2009], [Westfeld, 2008]) zu finden. Weder hier noch in DIN 1946-6 wird jedoch berücksichtigt, dass gerade mit der Abwesenheit von Personen und dem Trocknen von Wäsche außerhalb der Wohnung sich die üblichen Feuchtelasten auf einen Bruchteil reduzieren (vgl. [Grünberger, 2000], [Richter, 2002]). Die verbleibenden minimalen Feuchteinträge über Lüftungstechnische Maßnahmen abzuführen, die entsprechend den durchgeführten Berechnungen einen permanenten Grundluftwechsel in einer Größenordnung von ca. 0,2 bis 0,3 h⁻¹ herstellen, erscheint in Anbetracht der oben erläuterten Erfordernisse der kontinuierlichen Beheizung allein schon unter energetischen Gesichtspunkten als nicht sinnvoll, sofern nicht aufwändige Anlagentechnik zur Wärmerückgewinnung vorgesehen wird.

Gerade die häufigen Probleme in Küchen und Bädern, die nach [Heinz, 2004] mehr als die Hälfte der schadensbetroffenen Räume in Wohnungen ausmachen, lassen sich aber über initiative Fensterlüftung besonders gut vermeiden, da die nutzungsbedingten Feuchteinträge z. B. aus Kochen, Geschirrspülen und Körperpflege hier als Spitzenlasten durch unmittelbare Stoßlüftung über die Fenster besonders effektiv abgeführt werden können.

- Die Betrachtung der kritischen bzw. schadensbetroffenen Bereiche einer Vielzahl typischer Geschosswohnungen in dem in [Oster, 2007] beschriebenen Verfahren ergab, dass diese ohne Lüftungstechnische Maßnahmen allein durch regelmäßige initiative Fensterlüftung schadenfrei gehalten werden können. Exemplarische Aufzeichnungen von Raumklimadaten in entsprechenden älteren Bestandswohnungen bestätigen dies auch für den Fall, dass sämtliche Fenster mit Falzdichtungen ausgestattet sind. Voraussetzung ist allerdings die im Wesentlichen kontinuierliche Gewährleistung einer üblichen Raumlufttemperatur (wie sie beispielsweise in der bauaufsichtlich eingeführten DIN 4108-2 im Zusammenhang mit der Auslegung des Mindestwärmeschutzes im Bereich von Wärmebrücken mit 20 °C auch vorgesehenen ist).

2.5 Fazit

Die aktuelle Fassung der DIN 1946-6 vom Mai 2009 greift mit der Forderung nach der Sicherstellung eines nutzerunabhängigen Luftwechsels einen wesentlichen und seit Jahren viel diskutierten Aspekt des raumklimatischen Feuchteschutzes auf (z. B. [Erhorn, 1986], [Klopfer, 1988], [Reichel, 1998]). In diesem Zusammenhang können Lüftungstechnische Maßnahmen im Sinne der Norm in Wohnungen durchaus ihre Berechtigung haben und insbesondere in sehr kleinen Wohnungen (Einzimmerwohnungen, Appartements, Wohnheimen etc.) zu einer erheblichen Entspannung beitragen oder – unter bestimmten weiteren Randbedingungen – auch erforderlich sein, um kritische Raumklimata zu vermeiden. Sie können darüber hinaus bei einer sorgfältigen haustechnischen Planung und einem hohen anlagentechnischen Aufwand auch zur Steigerung des Komforts ohne gleichzeitig erhöhte Heizwärmeverluste sinnvoll sein (Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung). Allerdings zeigt die Erfahrung auch, dass bei einem flächendeckenden Einsatz ohne Mitwirken oder Einverständnis der Nutzer nutzerunabhängige Lüftungstechnische Maßnahmen häufig keine Akzeptanz finden und sogar immer wieder auch durch die Nutzer durch Abkleben von Außenluftdurchlässen, Abklemmen von Anlagen o. ä. außer Kraft gesetzt werden.

Der zweite wesentliche Aspekt des raumklimatischen Feuchteschutzes – ein ausreichender Betrieb der zur Beheizung vorgesehenen Heizflächen – bleibt in der Norm und auch in den eingangs erwähnten Veröffentlichungen unberücksichtigt: Umfangreiche Erfahrungen bei der sachverständigen Begutachtung von Schimmelpilzschäden in Wohnungen zeigen jedoch, dass sich in der Tendenz die Schadens-

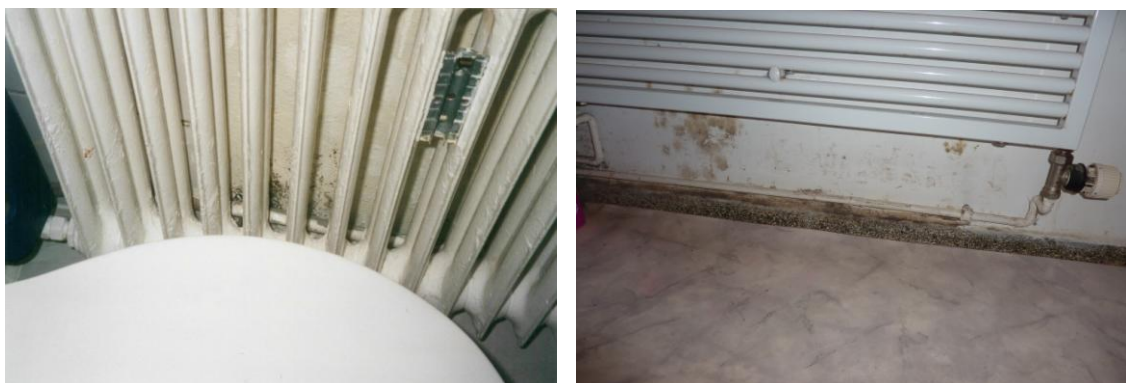


Abb. 7: Schimmelpilzbildung unmittelbar hinter – offensichtlich nicht betriebenen – Heizkörpern

ursachen seit Jahren verändern und zunehmend weniger der Wunsch nach einem geringeren Luftwechsel in Wohnungen den Ausgangspunkt für die Schäden darstellt. Vielmehr zeigt sich proportional zur Entwicklung der Energie- bzw. Heizkosten eine stark ansteigende Zahl von Schäden, die – unabhängig von der wärmeschutztechnischen Qualität und der Luftdichtheit der Gebäudehülle – offensichtlich auf eine in hohem Maße unzureichende Beheizung zurückzuführen sind (Abb. 3 und 7). Selbstverständlich führt eine solche „Heizkosteneinsparung“ nahezu zwangsläufig auch zu einer reduzierten Initiativlüftung.

Auf der Grundlage der rechnerischen Überprüfung einer Vielzahl typischer Geschosswohnungen erscheint der Ansatz zur Überprüfung des Erfordernisses lüftungstechnischer Maßnahmen gemäß Abschnitt 4.2 der DIN 1946-6 unrealistisch weit auf der sicheren Seite zu liegen. So ergibt sich hieraus implizit, dass unter den aktuellen Anforderungen an den Wärmeschutz bzw. die Luftdichtheit im Wohnungsneubau und bei Fensteraustausch im Wohnungsbestand grundsätzlich Zwangslüftungen oder Lüftungsanlagen erforderlich sind. Die durchgeführten eigenen Berechnungen [Bredemeyer, 2010] legen sogar den Schluss nahe, dass – ungeachtet aller Erfahrung – genau dieses Ziel bei der Erarbeitung der Norm verfolgt wurde.

Ein generelles Erfordernis nutzerunabhängiger lüftungstechnischer Maßnahmen wird zwar neben einer Erhöhung des Grundluftwechsels wahrscheinlich zwangsläufig allein schon aus Behaglichkeitsgründen prinzipiell auch eine erhöhte Beheizung von Wohnungen zur Folge haben. In energetischer Hinsicht dürfte dies jedoch – wie oben bereits ausgeführt – insbesondere bei längerer, z. B. berufsbedingter, Abwesenheit von Personen kaum sinnvoll sein, insbesondere wenn nicht von vornherein mechanische Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung zum Einsatz kommen. Auch in diesem Punkt entsteht der Eindruck, dass die Norm genau dieser Lösung – also dem größten denkbaren planungs- und anlagentechnischen Aufwand – gezielt den Weg zu einer größeren Verbreitung ebnen will.

Dem Ansinnen der Norm steht die von [Heinz, 2004] bestätigte allgemeine Erfahrung gegenüber, dass lediglich ein kleiner Teil des deutschen Wohnungsbestandes insgesamt überhaupt raumklimatisch bedingte Feuchteschäden aufweist. Sogar mehr als 90 % des hochwärmedämmten Wohnungsbestandes mit hoher Luft-

dichtheit, der „Zielgruppe“ der DIN 1946-6, ist [Oswald, 2008] zufolge schadenfrei. Hieraus folgt, dass – auch wenn interessierte Kreise offenbar versuchen, dies „herbeizuschreiben“ – DIN 1946-6 zumindest in Bezug auf das „Eingangskriterium“ in ihrem Abschnitt 4.2 nicht allgemein anerkannte Regel der Technik sein kann. Das generelle Erfordernis nutzerunabhängiger Lüftungstechnischer Maßnahmen ist insofern gerade empirisch nicht nachweisbar, sodass der Rechenalgorithmus aus DIN 1946-6 insofern wissenschaftlich nicht nachgewiesen und zudem nicht unter fortdauernder praktischer Erfahrung bewährt ist. Darüber hinaus dürfte er deshalb auch nicht bei der breiten Mehrheit der relevanten Fachleute (Architekten, Fachplaner usw.) allgemein anerkannt sein. Wohnungslüftung wird nach Ansicht des Autors demzufolge – auch wenn nutzerunabhängige Lüftungstechnische Maßnahmen von Fall zu Fall ihre Berechtigung haben – auch in Zukunft nicht Vermietersache sein [Oster, 2011], [Bredemeyer, 2010 und 2011-1].

3 Ist Fensterlüftung allein noch ausreichend? Möglichkeiten und Grenzen der Fensterlüftung

3.1 Wirkung von Lüftung

Der erforderliche Luftwechsel muss – wie weiter oben bereits ausgeführt – durch Strömungsvorgänge über Öffnungen in der Gebäudehülle erfolgen. Zur Vermeidung unplanmäßiger, unverhältnismäßig hoher Lüftungswärmeverluste sollten hierzu nicht Fugen und Leckagen in der Gebäudehülle, sondern gezielte Fensteröffnung herangezogen werden. Untersuchungen durch [Richter, 2003] haben hierzu ergeben, dass während der Heizperiode – entgegen der verbreiteten Auffassung, lediglich eine sogenannte Querlüftung erzeuge einen wirksamen Luftwechsel – in der Regel in Wohnräumen die vollständige Öffnung bereits eines Fensters (sog. Stoßlüftung) einen vollständigen, hygienisch wirksamen Luftaustausch leistet. Abb. 8 zeigt nach [Richter, 2003] den hygienisch wirksamen Luftwechsel in Abhängigkeit vom Öffnungswinkel der Fensterflügel einerseits und von der Temperaturdifferenz zwischen Innenraum und Außenluft andererseits.

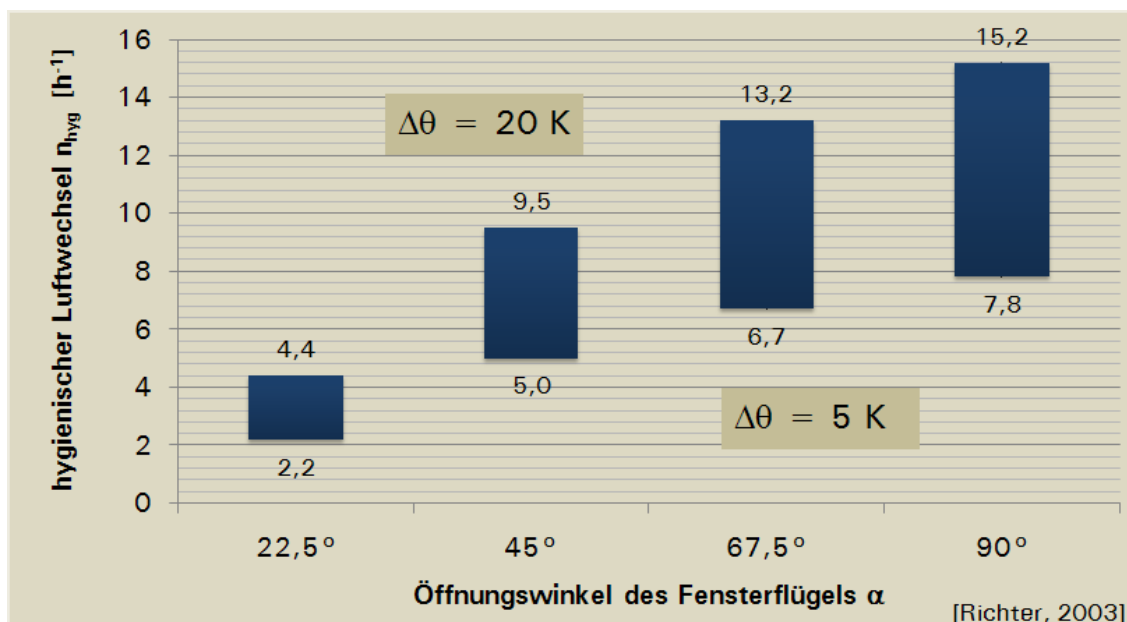


Abb. 8: Hygienisch Wirksamer Luftwechsel in Abhängigkeit vom Öffnungswinkel der Fenster und der Temperaturdifferenz zwischen Innenraum und Außenluft nach [Richter, 2003]

Abb. 9 enthält eine Übersicht über die typischerweise erforderliche Dauer von Stoßlüftungen während der Heizperiode [HMWVL, 2004].

Die verbreitete Kippstellung von Fensterflügeln kann hingegen nur einen Bruchteil dieses Luftwechsels herbeiführen und geht bei einer Dauerlüftung – wie lüftungstechnische Maßnahmen im Sinne der DIN 1946-6 zur Herstellung eines permanenten Grundluftwechsels auch – mit erheblichen Lüftungswärmeverlusten einher. Zudem kann es zu einem Auskühlen der Bauteiloberflächen im Sturzbereich des betreffenden Fensters und damit zu einer Begünstigung schimmelpilzkritischer Oberflächenverhältnisse kommen.

3.2 Bewertungsansatz für die Wirksamkeit von Fensterlüftung

Zur Bewertung der Wirksamkeit von Fensterlüftung zur Gewährleistung eines ausreichenden raumklimatischen Feuchteschutzes während der Heizperiode kann der in [Oster, 2007] und [Bredemeyer, 2008] beschriebene Ansatz herangezogen werden.


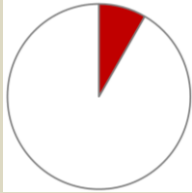

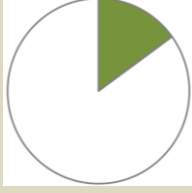


	<p>Dezember, Januar, Februar: 4 bis 6 Minuten</p>	
	<p>November, März: 8 bis 10 Minuten</p>	
	<p>Oktober, April: 12 bis 15 Minuten</p>	

Abb. 9: Entsprechend [HMWVL, 2004] empfohlene Lüftungsdauer bei Stoßlüftung während der Heizperiode

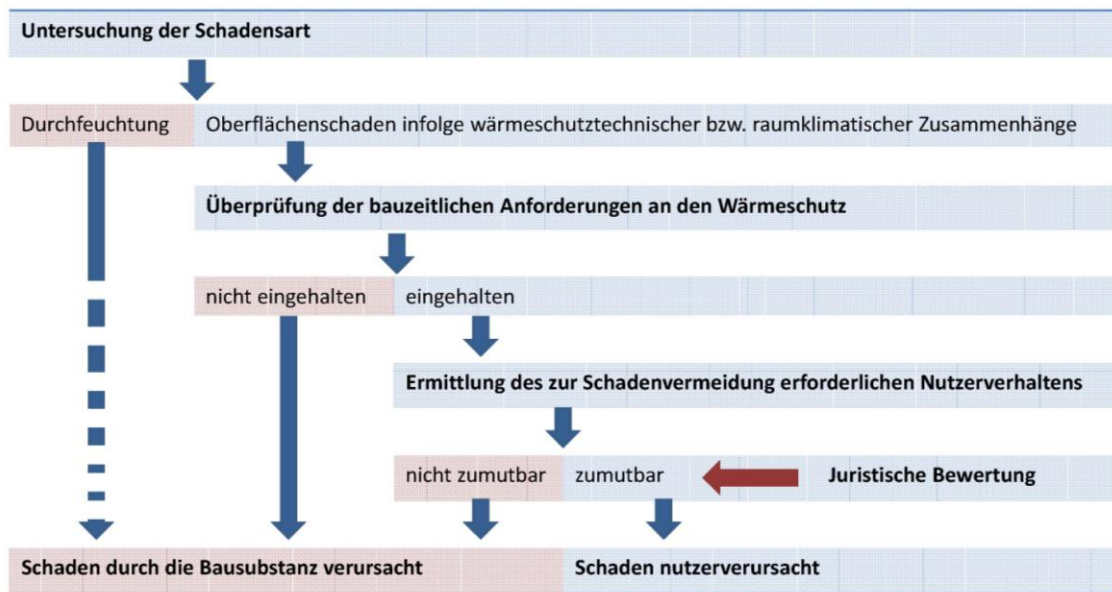


Abb. 10: Schematische Darstellung des Bewertungsansatzes nach [Oster, 2007]

Dieser basiert auf einer modellhaften Bewertung der wärmeschutztechnischen Qualität der vorhandenen Gebäudehülle im Bereich von Wärmebrücken, indem das zur Vermeidung schimmelpilzkritischer Verhältnisse erforderliche Nutzerverhalten ermittelt wird. Voraussetzung für die Anwendbarkeit ist jedoch zum einen, dass die Schadensbilder tatsächlich auf wärmeschutztechnischen/raumklimatischen Zusammenhängen beruhen und nicht auf außenseitig oder infolge von Havarien eingedrungenem Wasser. Zum anderen ist beim Vorliegen von Schäden im Bestand zu überprüfen, ob der Wärmeschutz der Gebäudehülle zur Bauzeit jeweils den seinerzeitigen Anforderungen entspricht. Andernfalls dürfte eine rechnerische Betrachtung unter raumklimatischen Aspekten nicht zielführend sein (Abb. 10).

Können bauliche Faktoren in Bezug auf das Eindringen von Wasser sowie den bauzeitlichen Mindestwärmeschutz ausgeschlossen werden, kann eine Beurteilung des Nutzerverhaltens bzw. eine Betrachtung der Wirksamkeit von Fensterlüftung in folgenden Schritte erfolgen:

- Zunächst werden die zu erwartenden minimalen raumseitigen Oberflächentemperaturen in den betreffenden Wärmebrückenbereichen mithilfe numerischer Berechnungen gemäß DIN EN ISO 10211 unter den stationären Normklimarandbedingungen aus DIN 4108-2 berechnet.

- Für die errechneten minimalen Oberflächentemperaturen werden für eine Raumlufthtemperatur von 20 °C gemäß DIN 4108-2 die jeweils spezifischen Grenzluftfeuchten ermittelt, bei deren Überschreiten in den betrachteten Wärmebrückenbereichen kritische Oberflächenverhältnisse mit einer relativen Oberflächenfeuchte von $\varphi_s \geq 80\%$ auftreten.
- Sodann werden unter Berücksichtigung des vorhandenen Raumlufthvolumens und des zu erwartenden Grundluftwechsels die jeweils erforderlichen Zeitintervalle für Stoßlüftungen errechnet.

Die einzelnen Schritte der technischen Beurteilung sind als Übersicht im Diagramm in Abb. 11 dargestellt und werden nachfolgend einschließlich der zu berücksichtigenden Randbedingungen und Einflussfaktoren anhand eines Fallbeispiels erläutert.

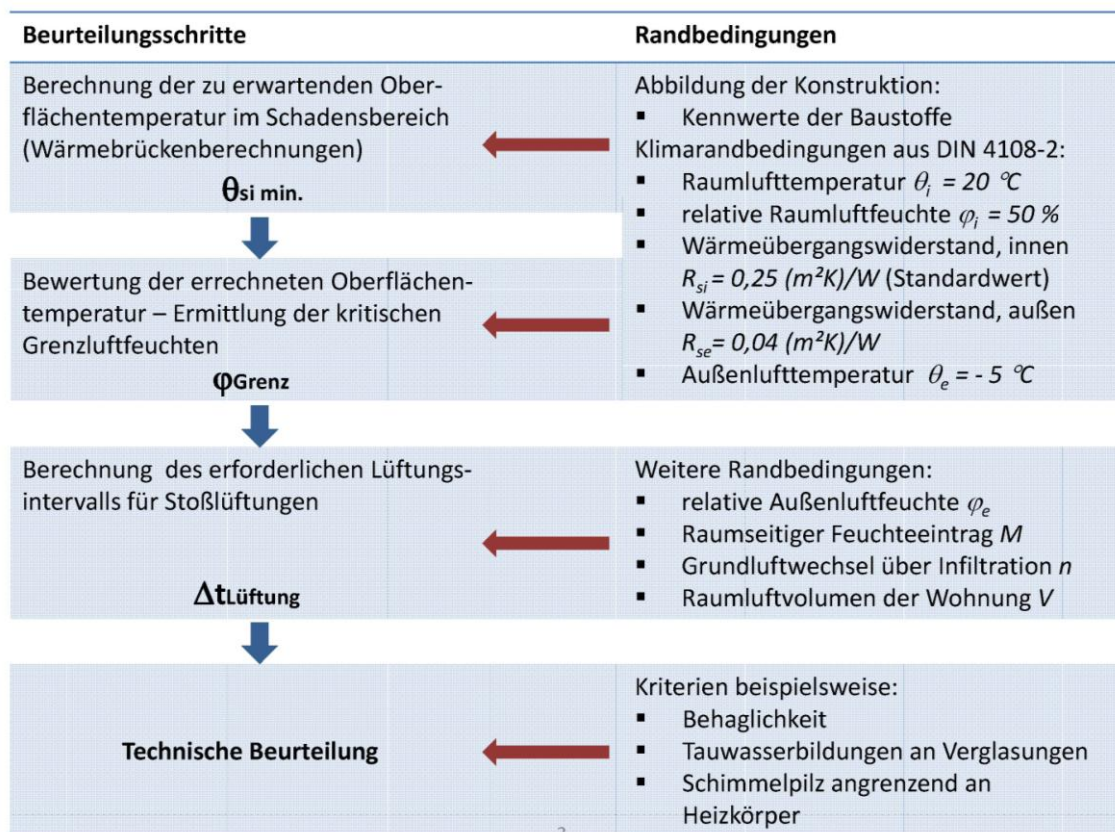


Abb. 11: Beurteilungsschritte der technischen Beurteilung im Einzelnen [Oster, 2007]

3.3 Fallbeispiel

3.3.1 Schadensbild und bauliche Situation

In einer Wohnung in einem Ende der 1990er Jahre errichteten größeren Wohnhaus werden Schimmelpilzbildungen u. a. in einer vertikalen Außenkante zwischen der Außenwand und dem unbeheizten Treppenhaus sowie im angrenzenden Brüstungsbereich eines nahezu bodentiefen Fensters gerügt (Abb. 12.a). In diesem Zusammenhang wurden an den Fenstern deutliche Hinweise auf offenbar in erheblichem Umfang an den Verglasungen ausfallendes Tauwasser mit Ablaufspuren und Schimmelpilzablagerungen an den Rahmen und Verglasungsabdichtungen vorgefunden (Abb. 12.b). Die Bewohner bestätigten ein wiederkehrendes flächiges Beschlagen der Fensterscheiben. Bei den Außenbauteilen handelt es sich um außenseitig mit einem Wärmedämmverbundsystem bekleidete Stahlbeton-Querschnitte, die Verglasungen der Fenster weisen dem Aufdruck im Scheibenrandverbund zufolge einen Wärmedurchgangskoeffizienten von $U_g = 1,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auf. Das Raumluftvolumen der Wohnung beträgt ca. 200 m^3 .



Abb. 12: a) Schadensbild mit Schimmelpilzbildung im Außenwandbereich (links) ; b) Ablaufspuren und Schimmelpilzbildung an Fensterrahmen (rechts)

3.3.2 Ermittlung der zu erwartenden minimalen Oberflächentemperaturen

Die Ermittlung der minimal zu erwartenden Oberflächentemperaturen erfolgt mithilfe mehrdimensionaler numerischer Wärmebrückenberechnungen, wobei für die Modellbildung die in DIN EN ISO 10211:2008 und für die Klima- und Oberflächenverhältnisse in DIN 4108-2 und -8 festgelegten Randbedingungen anzuwenden sind.

In der Regel dürften hierfür zweidimensionale numerische Berechnungen ausreichend und dreidimensionale Betrachtungen nicht erforderlich sein. Im vorliegenden Beispiel wurde für die betreffenden Schadensbereiche übereinstimmend eine minimale Oberflächentemperatur von $\theta_{si, AW, min} = 13,5 \text{ °C}$ und für die Fläche der Verglasung von $\theta_{si, g} = 14,2 \text{ °C}$ errechnet (Abb. 13).

3.3.3 Berechnung der kritischen Grenzluftfeuchte

Die spezifische kritische Grenzluftfeuchte kann unter Verwendung der Wasserdampfsättigungsdrücke aus Tabelle A.2 aus DIN 4108-3 errechnet werden. Bei einer grafischen Darstellung in einem Diagramm können die klimatischen Feuchtebedingungen für Tauwassererscheinungen (z.B. an Verglasungen) und schimmelpilzkritische Oberflächenfeuchten in Beziehung gesetzt werden (Abb. 14).

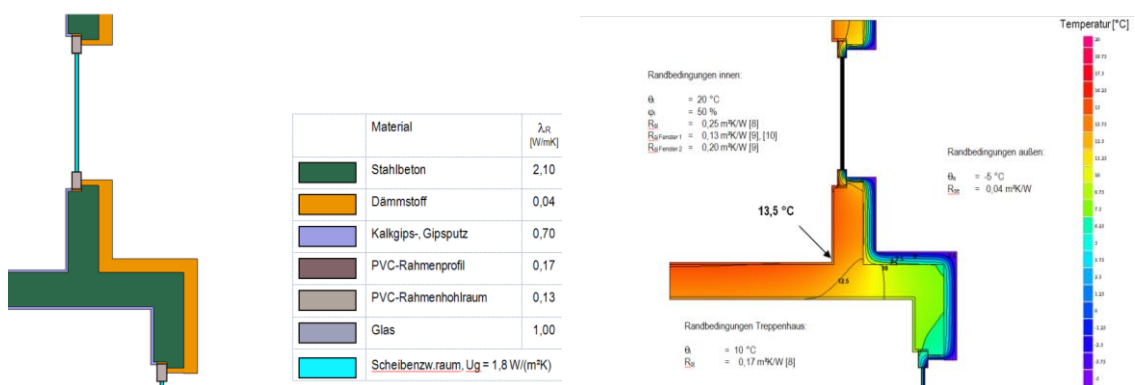


Abb. 13: a) Konstruktionsaufbauten und wärmeschutztechnische Kennwerte der vorhandenen Baustoffe (links); b) Isothermendarstellung und minimale Oberflächentemperatur aus der numerischen Berechnung nach DIN EN ISO 10211 [HEAT 2.6.0] (rechts)

Für die vorliegend errechneten Oberflächentemperaturen ist festzustellen, dass diese unter den Normrandbedingungen aus DIN 4108-2 außerhalb des für Tauwasser- und Schimmelpilzbildungen kritischen Bereichs liegen, da

$$\theta_{si, AW} = 13,5 \text{ °C} > 12,6 \text{ °C} = \theta_{si, \text{ krit. (Schimmel)}},$$

$$\theta_{si, g} = 14,2 \text{ °C} > 9,3 \text{ °C} = \theta_{si, \text{ krit. (Tauwasser)}}$$

und

$$\varphi_{i, \text{ Grenz}} = 53 \text{ bzw. } 69 \% > 50 \% = \varphi_{i, \text{ DIN 4108-2}}$$

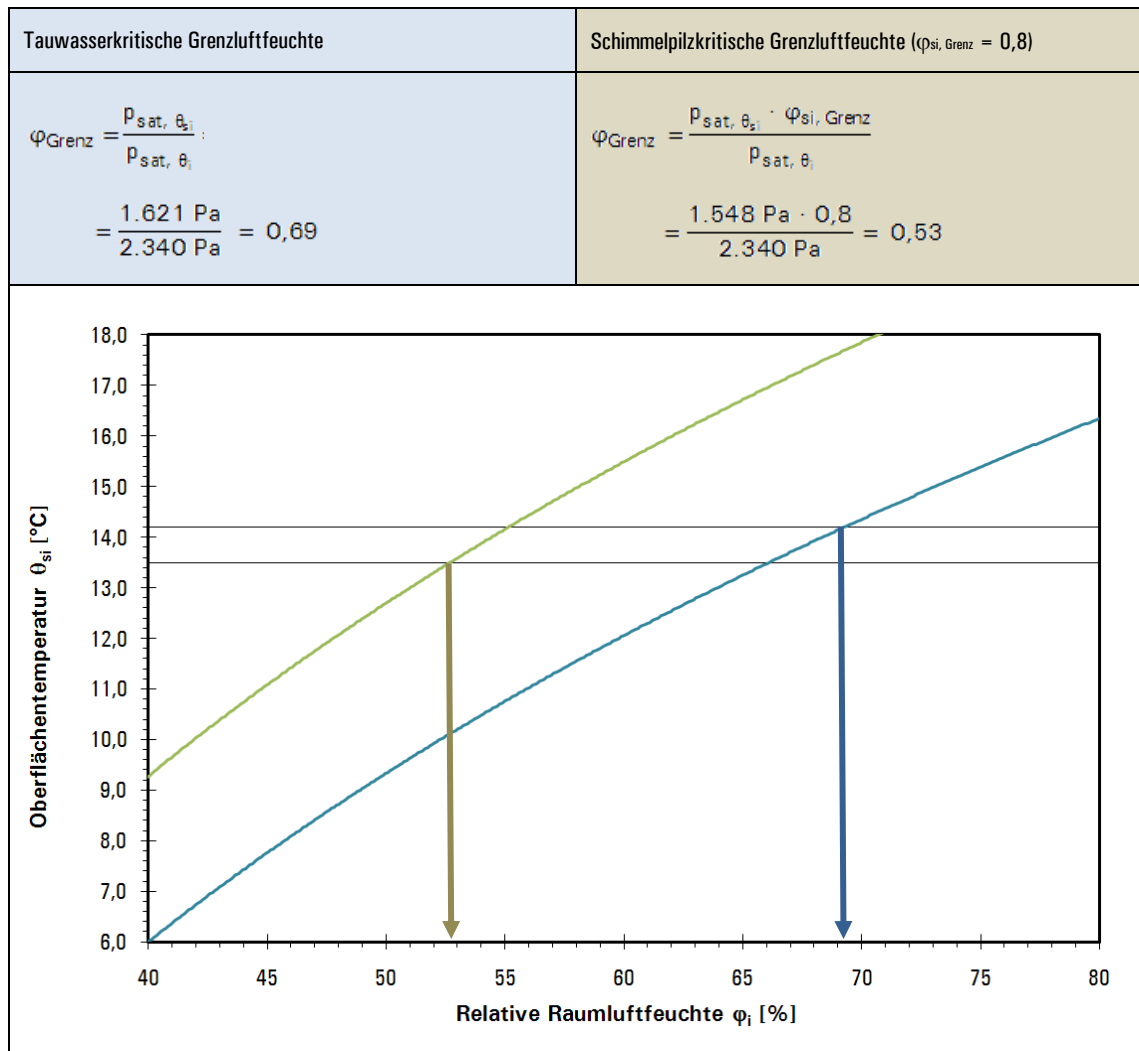


Abb. 14: Berechnung und grafische Darstellung der für Schimmelpilzbildungen im Schadensbereich (grün) bzw. für Tauwasserbildungen in den Verglasungsflächen kritischen Raumlufffeuchte (blau)

3.3.4 Nutzereinfluss

3.3.4.1 Einflussfaktoren

Das Raumklima bzw. die zur Vermeidung kritischer Raumklimate erforderlichen Verhaltensweisen im Rahmen der Nutzung hängen von zahlreichen Einflussfaktoren ab. Die bezüglich der vorstehend ermittelten Grenzluftfeuchte wesentlichen Faktoren sind in dem Diagramm in Abb. 15 dargestellt und werden nachfolgend kurz erläutert. Zu ihrer Berücksichtigung sind einzelne Größen in den einschlägigen Regelwerken festgelegt. Für andere sind im Hinblick auf die Zielstellung der Betrachtung brauchbare Werte herzuleiten oder sinnvolle Annahmen zu treffen.

a) Temperaturen

Die Temperaturen außen und innen sind als Randbedingungen für die Berechnung der Oberflächentemperaturen in DIN 4108-2 festgelegt (-5 °C/20 °C). In diesem Zusammenhang sei jedoch daraufhin gewiesen, dass die Raumlufttemperatur sowohl auf die relative Raumluftfeuchte als insbesondere auch auf die Oberflächentemperaturen einen erheblichen Einfluss hat.

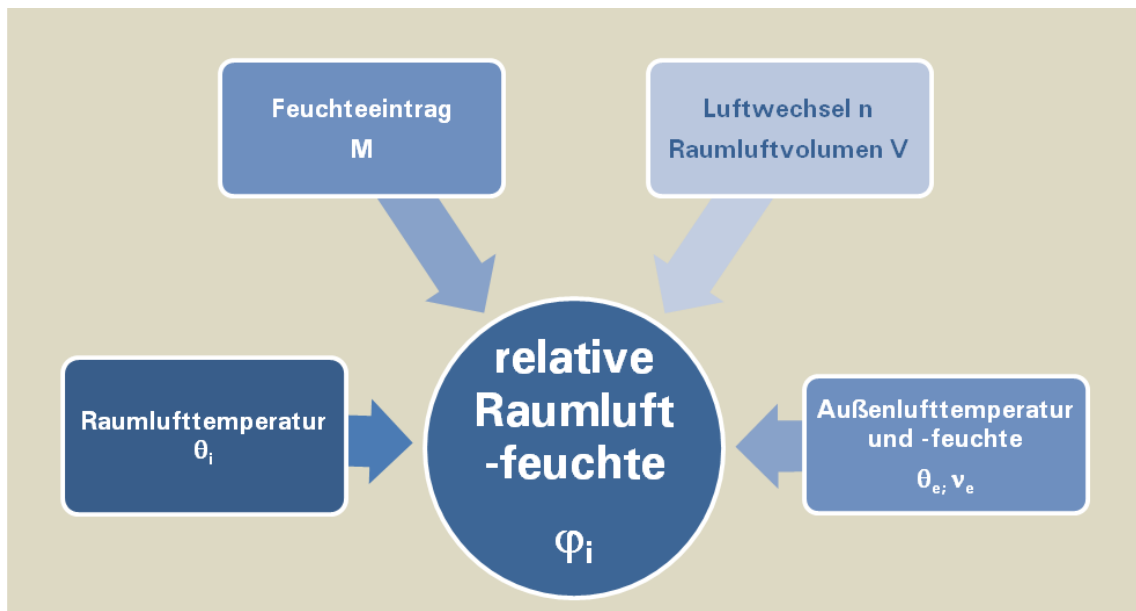


Abb. 15: Wesentliche Einflussfaktoren auf kritische Grenzluftfeuchte bzw. die relative Raumluftfeuchte im Allgemeinen

Die Beheizung einer Wohnung über die hierfür vorgesehenen Heizflächen soll über eine Kombination aus Konvektion und Strahlung vor allem behagliche Temperaturverhältnisse, aber auch eine ausreichend hohe Temperatur der raumumschließenden Außenbauteile über die von den Heizflächen ausgehende Konvektion sicherstellen.

b) Außenluftfeuchte

Für den vorliegenden Berechnungsansatz wird von einer für die vorgegebene Außenlufttemperatur von $\theta_e = -5 \text{ °C}$ ungünstig hohen, nur selten erreichten relativen Außenluftfeuchte von $\varphi_e = 90 \text{ %}$ ausgegangen. Der absolute Wassergehalt der Luft liegt für ein derartiges Klima bei $v_e = 2,92 \text{ g/m}^3$. Zum Vergleich: Der Wassergehalt der Raumluft bei 20 °C und 50 % relativer Luftfeuchte liegt bei $v_i = 8,64 \text{ g/m}^3$.

c) Grundluftwechsel

Über die Fugen von Fenstern, Haus- und Wohnungseingangstüren erfolgt ein permanenter Austausch der Raumluft gegen Außenluft durch sogenannte Infiltration. Das vorliegende Betrachtungsmodell geht zur Abschätzung eines Mindesteinflusses aus Infiltration in diesem Zusammenhang auf der Grundlage umfangreicher Erfahrungen vereinfachend von 2 grundlegenden Szenarien aus:

- Für Wohnungen mit neueren Fenstern, die mit umlaufenden Flügeldichtungen ausgestattet sind, wird für den Grundluftwechsel eine Luftwechselrate von $n = 0,04 \text{ h}^{-1}$ angesetzt [Reichel, 1998].
- Für Wohnungen mit älteren Fenstern ohne umlaufende Flügeldichtungen oder mit nachträglich eingefrästen oder eingeklebten Dichtungen wird unter Ansatz sehr geringer windbedingter Differenzdrücke zwischen Innen und Außen und unter Berücksichtigung älterer Quellen zur Dichtheit von Kastenfensterkonstruktionen (z. B. [Raisch, 1928], [Siegwart, 1932] der Mindesteinfluss der Infiltration mit $n = 0,1 \text{ h}^{-1}$ berücksichtigt [Oster, 2007].

Raumseitiger Feuchteeintrag		
Mensch	ruhend und bei leichter Aktivität	30 bis 60 g/h
	bei körperlicher Arbeit	100 bis 140 g/h
	im Schlaf in 8 Stunden insgesamt	~ 300 g
Bad	Baden und Duschen gesamt	ca. 800 g/d
	im Tagesmittel	ca. 30 g/h
Küche	Koch- und Arbeitsvorgänge gesamt	600 bis 800 g/d
	im Tagesmittel	ca. 30 g/h
Haustiere	Katze	ca. 10 g/h
	Hund, je nach Größe	10 bis 40 g/h
Pflanzen	je nach Größe	0,6 bis 4,4 g/h
freie Wasseroberflächen	z.B. nicht abgedeckte Aquarien	bis ca. 40 g/hm ²
Wäsche (1 Maschinenfüllung, ca. 4,5 kg)	geschleudert	50 bis 200 g/h
	geschleudert insgesamt	1.000 - 2.000 g
	tropfnass	100 bis 500 g/h

Abb. 16: Typische Feuchteinträge in Wohnräume [Oster, 2007]

d) *Feuchteintrag*

Für die Berechnung des erforderlichen Luftwechsels bzw. der erforderlichen Intervalle für Stoßlüftung ist die Kenntnis der Feuchtemenge erforderlich, die durch die Nutzung in die Raumluft eingetragen wird. Typische Feuchteinträge sind nachstehend in Abb. 16 tabellarisch zusammengestellt.

Bei Fensterlüftung kann davon ausgegangen werden, dass vorübergehend höhere Feuchteinträge aus Baden, Duschen, Kochen, Wäschetrocknen bei Anwesenheit von Personen etc. durch Stoßlüftung noch während oder unmittelbar nach dem Eintrag abgelüftet werden und insofern bei der weiteren Betrachtung unberücksichtigt bleiben können. Erfolgt dies nicht, kann – zumindest unter technischen Gesichtspunkten – ein ordnungsgemäßes Nutzerverhalten nicht unterstellt werden.

Insofern werden vereinfachend in aller Regel folgende pauschale Ansätze den raumseitigen Feuchteintrag ausreichend realistisch widerspiegeln:

- Fall 1: Feuchteintrag durch Anwesenheit von Personen mit $M_{t,1} = 50 \text{ g/h}$. Dieser Ansatz berücksichtigt neben dem Feuchteintrag von Personen bei leichter Aktivität von 35 g/h bei 20 °C nach VDI 2078 zusätzliche Einträge beispielsweise aus Pflanzen, vorübergehend größere Aktivität o.ä. und dürfte insofern ausreichend weit auf der sicheren Seite liegen [Oster, 2007].

- Fall 2: Feuchteintrag durch Trocknen der Wäsche bei Abwesenheit von Personen $M_{t,2} = 130 \text{ g/h}$ nach [Oster, 2007]

Insbesondere bei geringer Wohnungsbelegung mit nur 1 oder 2 Personen stellt dieser Fall häufig die kritischere Belastung dar, da der Nutzer bei z.B. berufsbedingter Abwesenheit keine Möglichkeit hat, durch Lüften eine gegebenenfalls kritische Auffeuchtung der Raumluft zu verhindern.

Häufig wird angeführt, Stoßlüftung über Fenster sei nur wenig wirksam, da unmittelbar nach der Stoßlüftung eine über die vorgenannten Feuchteinträge hinausgehende Auffeuchtung der Raumluft durch Desorptionsvorgänge aus den raumumschließenden Bauteiloberflächen bzw. Einrichtungsgegenständen erfolge. Dies ist grundsätzlich zutreffend – allerdings wird sämtliche über Desorption freigesetzte Feuchte vorher über Absorption aufgenommen. Umfangreiche Untersuchungen zum spezifischen Sorptionsvermögen verschiedener Baustoffe und zugehöriger Oberflächengestaltung [Ziegert, 2002], [Ziegert, 2006] haben eine große diesbezügliche Bandbreite ergeben (Abb. 17).

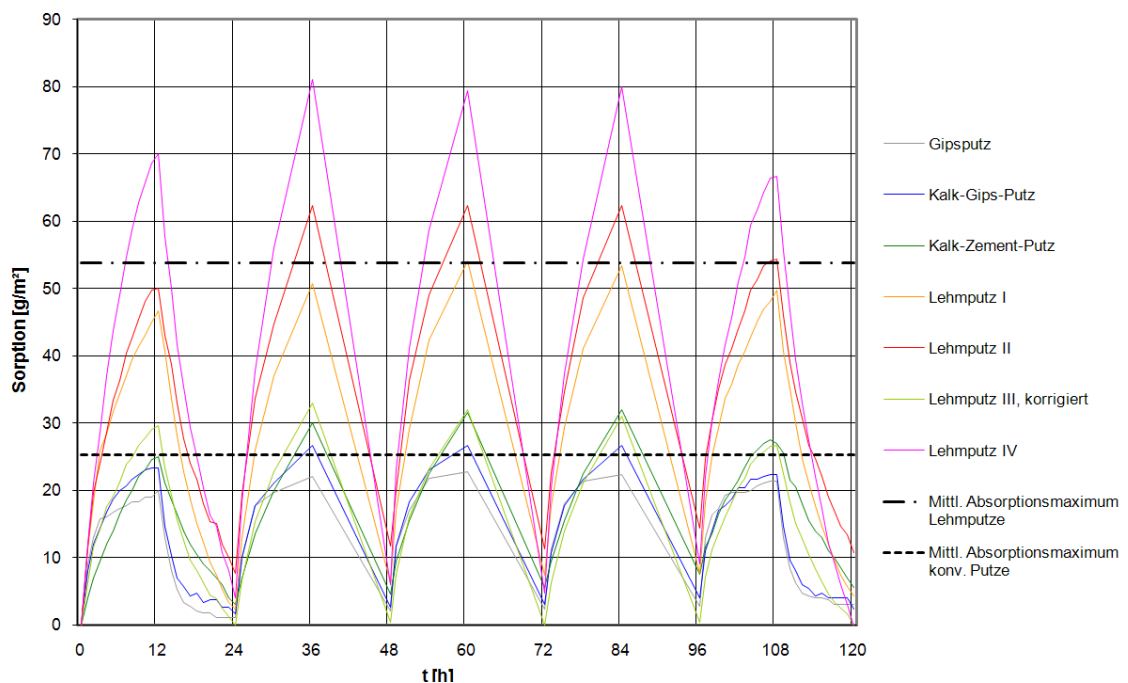


Abb. 17: Sorptionskurven in Tagesgängen für verschiedene Wandputze unter jeweils 12-stündigen Wechseln der relativen Luftfeuchte zwischen 50 und 80 % aus [Ziegert, 2002]

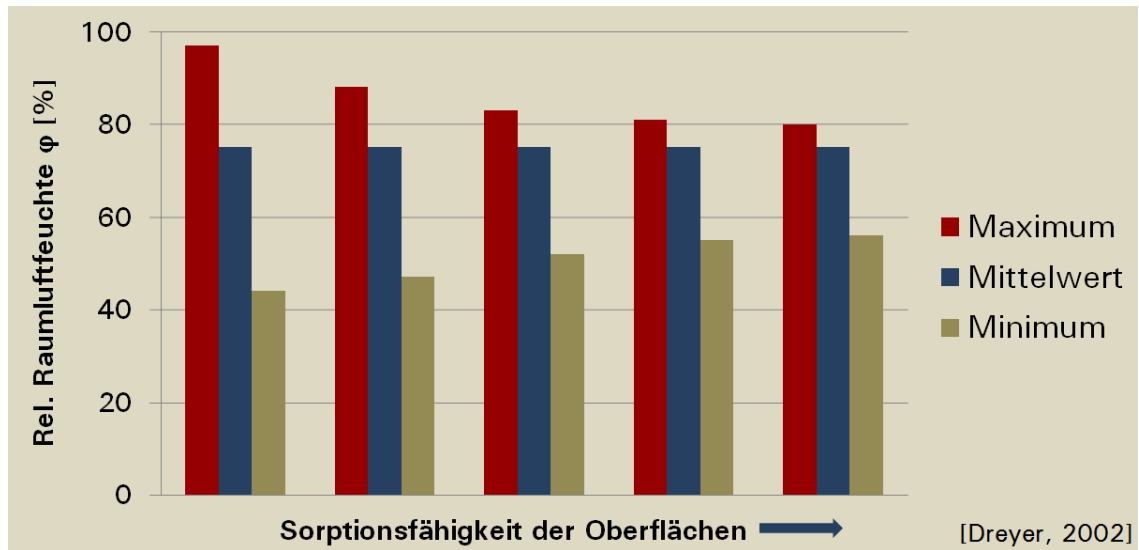


Abb. 18: Exemplarische Darstellung eines Raumluftfeuchteniveaus in Abhängigkeit von der Sorptionsfähigkeit der raumumschließenden Oberfläche nach [Dreyer, 2002]

Darüber hinaus wurden auf der Grundlage instationärer Messungen rechnerische Ansätze und Modelle hinsichtlich der Auswirkungen auf das Raumklima entwickelt [Setzer, 2000], [Künzel, 2007]. Eine Quantifizierung im Sinne beispielsweise pauschalierter, materialbezogener Ab- oder Zuschlagswerte ist bislang allerdings sinnvoll nicht möglich [Oster, 2007]. Insgesamt kann nach dem derzeitigen Kenntnisstand davon ausgegangen werden, dass eine ausgeprägte hygri sche Speicherfähigkeit zwar nicht die mittlere sich einstellende Luftfeuchte reduziert, kritische Feuchte Spitzen hierdurch jedoch sehr wirksam abgepuffert werden können [Dreyer, 2002], [Künzel, 2007], [Rode, 2009] (Abb. 18).

In Bezug auf die angeführten Desorptionsvorgänge ergaben kontinuierliche Aufzeichnungen von Raumklimaten mit Hilfe so genannter Datenlogger deutliche Hinweise darauf, dass für eine kritische Auffeuchtung durch Feuchteabgabe der raumumschließenden Oberflächen weniger die Desorption selbst ursächlich ist. So kann zum einen – wie oben beschrieben – nur abgegeben werden, was auch vorher aufgenommen wurde. Zum anderen ist in diesem Zusammenhang jedoch offenbar vielmehr die Häufigkeit von Stoßlüftungen von Bedeutung. Während bei sporadischer Stoßlüftung bereits sehr kurze Zeit nach dem Lüftungsvorgang das vorherige Raumluftfeuchteniveau wieder erreicht wird, erfolgt bei einer mehrmals täglichen Stoßlüftung unter vergleichbaren baulichen und Nutzungsbedingungen

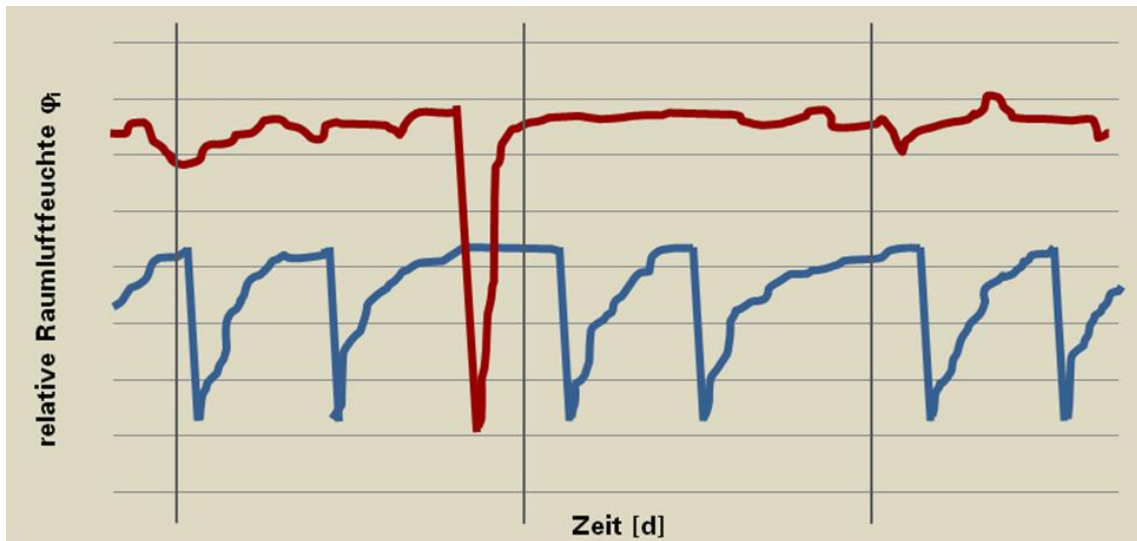


Abb. 19: Schematische Darstellung der Auswirkung der Häufigkeit von Stoßlüftung auf die Wiederauffeuchtung der Raumluft infolge Desorption aus den raumumschließenden Bauteiloberflächen sowie auf das Raumlufffeuchteniveau

die Wiederauffeuchtung der Raumluft deutlich langsamer. Darüber hinaus stellt sich hier insgesamt ein signifikant geringeres Raumlufffeuchteniveau ein (Abb. 19).

e) *Raumluffvolumen*

Das Raumluffvolumen der zu betrachtenden Wohnung stellt – obwohl durch den Nutzer selbstverständlich nicht veränderbar – ebenfalls eine wesentliche Einflussgröße für die Betrachtung dar. Je größer dieses ist, desto mehr Feuchte kann aufgenommen werden, ehe die kritische Grenzluftfeuchte erreicht wird. Umgekehrt wird die kritische Grenzluftfeuchte bei gleichem Feuchteeintrag umso eher erreicht, je kleiner das Raumluffvolumen einer Wohnung ist. Erfahrungsgemäß sind daher beispielsweise nach einem Fensteraustausch gründerzeitliche Altbauwohnungen mit großen und hohen Räumen hinsichtlich des Raumklimas nach wie vor eher unkritisch, während sich bei 1-Zimmer-Wohnungen aus den 1950er oder 1960er Jahren anhaltende kritische Raumlufffeuchten während der Heizperiode häufig allein durch Beheizung und Fensterlüftung nicht vermeiden lassen.

Bei üblichen Wohnungsgrößen und baulichen Randbedingungen sollte die Wohnung vorzugsweise insgesamt betrachtet. Eine separate Betrachtung einzelner Räume ist in aller Regel weder realistisch noch zielführend, da beispielsweise ein Feuchtekon-

zentrationausgleich der Luftvolumina untereinander sehr rasch erfolgt [Gottschalk, 2010], die einzelnen Räume untereinander insofern nicht als hermetisch angesehen werden können.

3.3.4.2 Stoßlüftungsintervalle

Der Grundluftwechsel über die Fugen von Fenstern und Außentüren allein ist in aller Regel nicht ausreichend. Um eine kritische Auffeuchtung der Raumluft zu vermeiden, ist insofern ein planmäßiger Luftwechsel über das vollständige Öffnen von Fenstern in regelmäßigen Abständen, die Durchführung sog. Stoßlüftungen, erforderlich. Unter Berücksichtigung der Ausführungen in [Richter, 2003] kann davon ausgegangen werden, dass dabei auch ohne sogenannte Querlüftung, d.h. bei einseitig ausgerichteten Wohnungen, durch Stoßlüftungen ein vollständiger Luftaustausch zwischen Raum- und Außenluft hergestellt werden kann. Bei einem vollständigen Luftaustausch, d.h. einem einfachen Luftwechsel, und gleichzeitiger Erwärmung der eingelüfteten Luft ergibt sich rechnerisch eine relative Raumluftfeuchte wie folgt:

$$\varphi_i = \frac{v_{-5\text{ °C}; 90\%}}{v_{20\text{ °C}; \text{sat}}} = \frac{2,92\text{ g/m}^3}{17,27\text{ g/m}^3} = 0,17 = 17\%$$

Die Differenz zwischen volumenbezogenem Grenzfeuchtegehalt v_{Grenz} und dem nach der Stoßlüftung hergestellten Luftfeuchtegehalt v_0 ergibt die volumenbezogene kritische eintragbare Feuchtemenge Δv :

$$\begin{aligned}\Delta v &= v_{\text{Grenz}} - v_e = v_{20\text{ °C}; 53\%} - v_{-5\text{ °C}; 90\%} \\ &= 9,15\text{ g/m}^3 - 2,92\text{ g/m}^3 = 6,23\text{ g/m}^3\end{aligned}$$

Aus der Multiplikation von Δv mit dem Volumen der betrachteten Nutz- bzw. Wohneinheit erhält man die eingetragene Gesamtwassermasse M_{Grenz} :

$$\begin{aligned}M_{\text{Grenz}} &= \Delta v \cdot V \\ &= 6,23\text{ g/m}^3 \cdot 200\text{ m}^3 = 1.250\text{ g}\end{aligned}$$

Die Berechnung des erforderlichen Lüftungsintervalls, d.h. des Zeitpunktes der Überschreitung von M_{Grenz} , kann für diese beiden Fälle jeweils über eine Bilanzierung des Raumlufffeuchtegehalts in festgelegten Zeitschritten erfolgen. Erfahrungsgemäß ist hierbei die Wahl eines Zeitintervalls von $\Delta t = 0,25$ h ausreichend genau. Auf der sicheren Seite liegend erfolgt die Anrechnungen der Feuchtemenge, die infolge des Grundluftwechsels aus dem betrachtetem Volumen abgeführt wird, stets nicht auf das jeweils betreffende, sondern erst das nächste Zeitintervall.

$$\Delta M_i = \Delta M_{i-1} + M_{\text{ges.}} \cdot \Delta t - \Delta M_{i-1} \cdot n \cdot \Delta t$$

Die Bilanzierung erfolgt vorzugsweise grafisch mithilfe einschlägiger Tabellenkalkulationsprogramme. Das erforderliche Lüftungsintervall ergibt sich dann aus dem Schnittpunkt zwischen der Geraden M_{Grenz} und der Kurve, die sich aus der Bilanzierung des Raumlufffeuchtegehalts unter Berücksichtigung des Grundluftwechsels ergibt. Für das vorliegend betrachtete Beispiel sind die erforderlichen Lüftungsintervalle zur Vermeidung schimmelpilzkritischer Oberflächenverhältnisse für die angesetzten Feuchteinträge in Abb. 20 dargestellt.

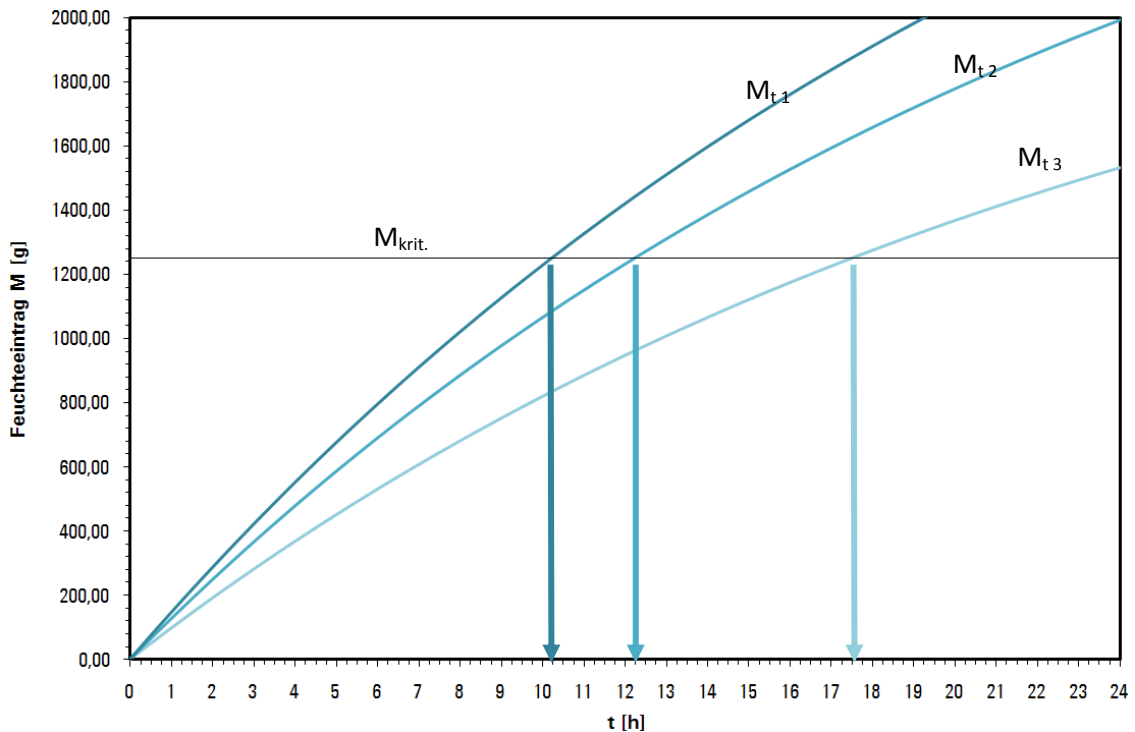


Abb. 20: Der errechnete kritische Gesamtfeuchteeintrag $M_{\text{krit.}}$ als horizontale Gerade; die Auffeuchtung der Raumluff als Bilanz der über eine Folge von Zeitschritten $\Delta t = 0,25$ h bei einem Grundluftwechsel $n = 0,04 \text{ h}^{-1}$ erfolgenden Feuchteinträge als Kurven M_{t1} , M_{t2} und M_{t3}

Hieraus folgt, dass bei Anwesenheit von 2 Personen und beim Trocknen geschleuderter Maschinenwäsche bei Abwesenheit von Personen Stoßlüftungen ein- bis zweimal täglich erforderlich sind. Bei Anwesenheit von 3 Personen liegt das Lüftungsintervall bei gut 10 Stunden (etwas mehr als zweimal tägliche Stoßlüftung). Da die positive Pufferwirkung der Sorptionsfähigkeit der raumumschließenden Bauteile [Ziegert, 2002], [Dreyer, 2002], [Künzel, 2007] aufgrund bislang fehlender, einfach zu berücksichtigender Quantifizierung in dieser Betrachtung nicht berücksichtigt ist, dürften sich die Lüftungsintervalle tatsächlich jedoch noch signifikant verlängern [Oster, 2007].

3.3.5 Technische Beurteilung

Aus den Lüftungsintervallen sowie weiteren Kriterien, die nachfolgend beschrieben werden, ergibt sich eine technische Beurteilung, ob und inwieweit sich kritische raumklimatische Verhältnisse bzw. entsprechende Schäden im Bereich von Wärmebrücken allein durch Fensterlüftung vermeiden lassen.

3.3.5.1 Lüftungsintervalle

Das entstandene Schadensbild legt nahe, dass die vorstehend ermittelten Lüftungsintervalle und Raumlufttemperaturen im vorliegenden Beispiel über längere Zeiträume offenbar bei weitem nicht gewährleistet wurden. Ob und inwieweit diese Lüftungsintervalle unter mietrechtlichen Aspekten zumutbar sind, unterliegt einer weitergehenden juristischen Bewertung. Im Allgemeinen geht die Rechtsprechung von drei täglichen Stoßlüftungen als zumutbar aus. Unter diesem Bewertungsmaßstab wären die für das vorliegende Beispiel errechneten Lüftungsintervalle als zumutbar einzustufen.

3.3.5.2 Tauwasserbildungen an Verglasungen

Während sich zeitlich begrenzte Tauwasserbildungen in den Randbereichen von Verglasungen kaum vollständig vermeiden lassen und insofern auch gemäß DIN 4108-2 zu tolerieren sind (Abb. 21.a)), stellen flächig, über längere Zeiträume anhaltende bzw. stets wiederkehrende Tauwasserbildungen an den raumseitigen

Oberflächen von Isolierverglasungen oder auch der raumseitigen Oberfläche von Kastenfensterverglasungen einen deutlichen Hinweis auf unzutraglich hohe Raumluftfeuchten bzw. ein unzutragliches Nutzerverhalten dar (Abb. 21.b)). Bei den für die genannten Verglasungstypen charakteristischen Wärmedurchgangskoeffizienten von weniger als $U_g = 3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ sind bei einer üblichen Beheizung Oberflächentemperaturen zu erwarten, die entsprechende kritische Grenzluftfeuchten für die Raumluft von deutlich über 50 % zur Folge haben. Zum Vergleich: Die für die Bemessungen des hygienischen Mindestwärmeschutzes einschlägige DIN 4108-2 geht davon aus, dass eine relative Raumluftfeuchte von 50 % in Wohnräumen im Wesentlichen nicht bzw. allenfalls kurzzeitig auftreten.

Da für die im vorliegenden Berechnungsbeispiel vorhandenen Isolierverglasungen die geschilderten, auf der Raumseite flächig auftretenden Tauwasserbildungen erst bei Überschreiten einer relativen Raumluftfeuchte von fast 70 % zu erwarten sind, muss insofern von einem in hohem Maße unzutraglichen Nutzerverhalten ausgegangen werden. Derartige Raumluftfeuchten sind als unüblich und in hygienischer Hinsicht unzutraglich einzustufen. Sie lassen sich zudem, wie die Berechnung der Lüftungsintervalle zeigt, bei einer üblichen Beheizung der Wohnung auch durch im Wesentlichen zweimal tägliche Stoßlüftung vermeiden.

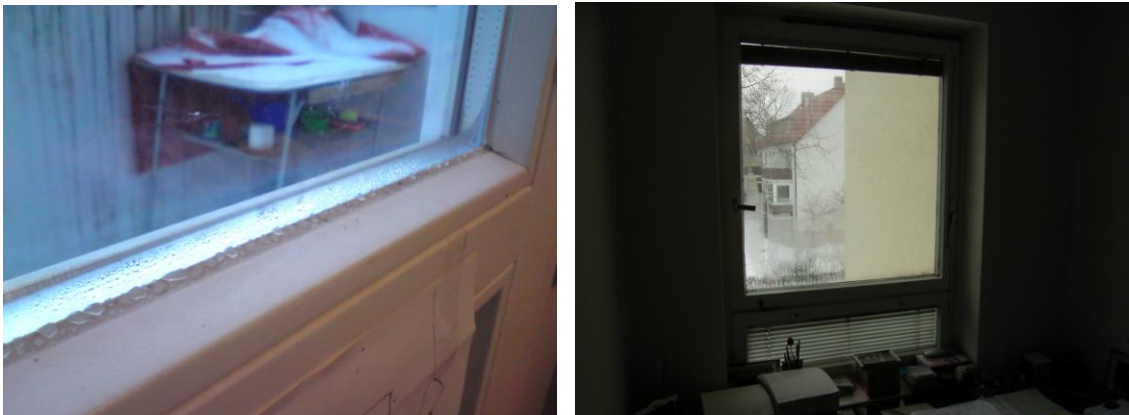


Abb. 21: a) Tauwasserausfall im unteren Randbereich einer Isolierverglasung (links); b) sowie raumseitig in der Fläche der Verglasung eines Verbundfensters (rechts)

3.3.5.3 Schimmelpilzbildungen im Einflussbereich von Heizkörpern

Sind raumklimatisch bzw. wärmeschutztechnisch bedingte Schimmelpilzbildungen unmittelbar angrenzend an Heizkörpern bzw. hinter Heizleitungen vorhanden (Abb. 7), muss davon ausgegangen werden, dass die entsprechenden Heizflächen im Wesentlichen nicht oder allenfalls sporadisch betrieben werden. Gleiches gilt beispielsweise auch für die Deckenixel und Sturzbereiche von Fenstern, unter denen im Brüstungsbereich Heizflächen angeordnet sind. Andernfalls wäre das Auftreten schimmelpilzkritischer Oberflächenverhältnisse aufgrund der zu erwartenden Erwärmung der Bauteiloberfläche infolge Strahlung und Konvektion kaum möglich. Auch vollständig durch Möblierung abgeschirmte Heizkörper dürften weder wirksam noch tatsächlich kontinuierlich betrieben werden.

3.3.5.4 Belegung der Wohnung

Im Zusammenhang mit den zu erwartenden Feuchteinträgen einerseits und dem zur Verfügung stehenden Raumluftvolumen andererseits ist zudem die Belegung der Wohnung zu berücksichtigen, d. h. wie viel Raumluftvolumen jeder in der Wohnung lebenden Person zur Verfügung steht. Im Allgemeinen geht man davon aus, dass beim Unterschreiten eines Raumluftvolumens von 50 bis 60 m³/Person – zumindest aus bauphysikalischer Sicht – eine Überbelegung vorliegt [Gabrio, 2003]. In diesem Fall muss nutzerseits ein entsprechend erhöhter Lüftungsaufwand erbracht werden, der auch über eine zwei- bis dreimal tägliche Stoßlüftung hinausgeht.

3.3.5.5 Nutzbarkeit der Fensterflügel zu Lüftungszwecken

Wesentliche Voraussetzung dafür, die Möglichkeiten der Fensterlüftung nutzen zu können, ist die Nutzbarkeit der Fensterflügel zu diesem Zweck. Diese sollte für mindestens ein Fenster jedes Raumes gegeben sein. In diesem Zusammenhang ist zunächst in Bezug auf die Nutzerseite festzustellen, dass Innenfensterbänke deshalb nur in begrenztem Maße zum Aufstellen von Blumen oder Dekorationsgegenständen geeignet sind. Sind die Innenfensterbänke in einer Wohnung im Wesentlichen vollständig „zugestellt“ (Abb. 22), dürfte ein ordnungsgemäßes Lüftungsver-

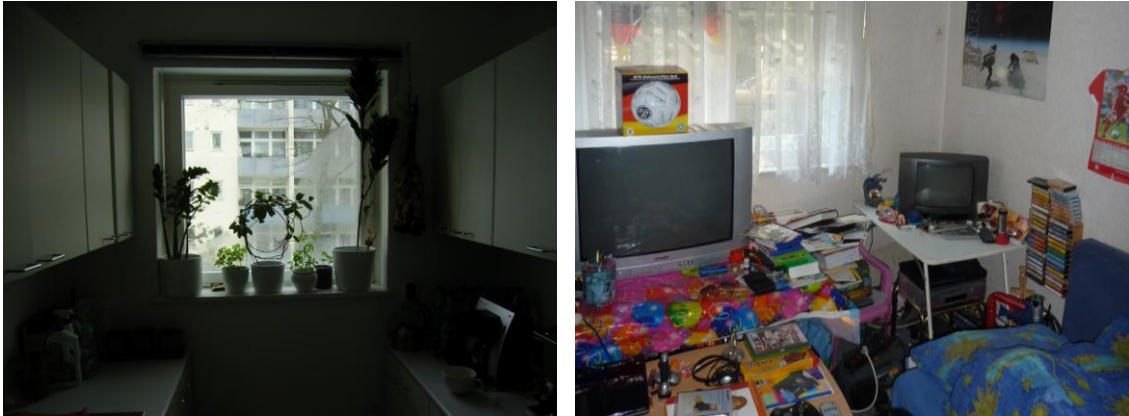


Abb. 22: Mit Blumen, Dekorations- und Einrichtungsgegenständen verstellte, nicht ohne größeres Umräumen zu öffnende Fenster

halten mit der Durchführung von bis zu dreimal täglicher Stoßlüftungen kaum zu erwarten sein.

Andererseits müssen sich die zur Lüftung heranzuziehenden Fenster für diesen Zweck auch in einem hierfür gebrauchstauglichen Zustand befinden. Sie müssen mit üblichem Kraftaufwand gang- und schließbar sein, d. h. auch durch regelmäßige Wartung in einem entsprechenden Zustand gehalten werden (Abb. 23.a)). In diesem Zusammenhang sind insbesondere die in Gebäuden aus den 1960er und 1970er Jahren verbreiteten „liegenden“, d. h. längs- oder querrechteckigen, Fensterflügelformate in Küchen und Bädern als problematisch anzusehen. Zum einen sind diese nach 30 oder mehr Jahren häufig nur noch mit erheblichem Aufwand gang- und schließbar zu halten. Zum anderen ist das vollständige Öffnen eines solchen Flügels für eine Stoßlüftung häufig mit Beeinträchtigungen in der Nutzbarkeit des Raumes verbunden (Abb. 23.b)). Sind derartige Fenster zudem oberhalb von Badewannen angeordnet, ist eine Bedienung für Personen mit eher geringerer Körperhöhe und/oder schwächerer körperlicher Konstitution häufig problematisch.

Im vorliegend betrachteten Beispiel ergaben sich keine Hinweise auf eine eingeschränkte Nutzbarkeit der in der Wohnung vorhandenen Fensterflügel.



Abb. 23: a) Spanender Abrieb an der Oberseite eines Ecklagers infolge unzureichender Gangbarkeit bzw. unterlassener Instandhaltung des betreffenden Fensterflügels (links); b) „liegendes“ Flügelformat mit Einschränkungen in der Nutzbarkeit einer Küche bei vollständig geöffnetem Fenster (rechts)

3.3.5.6 Funktionsfähigkeit und Wirksamkeit der vorhandenen Heizflächen

Unabhängig von der Lüftung ist – wie oben bereits ausgeführt – ist in aller Regel ein im Wesentlichen kontinuierlicher Betrieb der vorhandenen Heizflächen erforderlich, um schimmelpilzkritische Oberflächenverhältnisse an den Innenseiten von Außenbauteilen sicher vermeiden zu können. In diesem Zusammenhang gilt Ähnliches wie für die Fenster: Nutzerseits ist zum einen dieser kontinuierliche Betrieb zu gewährleisten und der Wirksamkeit dieses Betriebs auch hinsichtlich der Möblierung Rechnung zu tragen. Werden Heizkörper von Möbeln verdeckt oder oberseitig durch z. B. Küchenarbeitsplatten abgedeckt, kann eine wirksame Warmluftkonvektion im Bereich der Außenwände nicht erfolgen (Bild 24.a)). Aus diesem Grund werden derartige „eingebaute“ Heizkörper häufig auch gar nicht betrieben.

Zum anderen kann die Warmluftkonvektion beim Betrieb von Heizkörpern – neben ihrer Größe – auch von ihrer Position maßgeblich beeinflusst werden. Aus diesem Grund sollen Heizkörper vorzugsweise an Außenwänden und dort – soweit möglich – auch unterhalb von Fenstern angeordnet werden (s. z. B. VDI 6030-1). Werden Heizflächen hingegen – wie häufig im Bestand anzutreffen – an Innenwänden und mit größerer Entfernung zu den Außenwänden bzw. Wärmebrücken angeordnet, sind hinsichtlich der Warmluftkonvektion signifikante Einschränkungen zu erwarten.



Abb. 24: a) Vollständig abgeschirmter, offensichtlich unwirksamer bzw. nicht betriebener Heizkörper (links); b) Ungünstige Position eines Heizkörpers an der Innenwand in einer Küche (rechts)

Besonders kritisch kann sich dies – gerade in Kombination mit unzureichender Stoßlüftung – in Räumen mit hohen Feuchteinträgen auswirken, d. h. in Küchen und Bädern. Gerade dort sind im Bestand aufgrund ungünstiger Raumgeometrien, der Anordnung der Sanitär- und Kücheninstallationen (z. B. Badewannen an der außenwandseitigen Schmalseite des Grundrisses unterhalb eines Fensters) erfahrungsgemäß auch besonders häufig die Heizflächen unvorteilhaft positioniert (Bild 24.b)).

4 Zusammenfassung

Das „Eingangskriterium“ der DIN 1946-6 (Abschnitt 4.2) zur Überprüfung, ob ohne Lüftungstechnische Maßnahmen geplant werden darf, legt nahe, dass im Geschosswohnungsbau beim Vorhandensein von Fenstern mit Falzdichtungen generell nutzerunabhängige Lüftungsanlagen erforderlich sind, um eine ausreichende „Lüftung zum Feuchteschutz“ sicherzustellen. Die Ausführungen im Abschnitt 3 dieser Darstellung verdeutlichen, dass dies weder empirisch noch technisch belegt ist [Heinz, 2004], [Oswald, 2008], [Bredemeyer, 2010, 2011-1]. Der betreffende Abschnitt 4.2 der DIN 1946-6 erfüllt insoweit nicht die Kriterien einer allgemein anerkannten Regel der Technik. Überdies sind die in der Norm geforderten Luftwechsel dieser „Lüftung zum Feuchteschutz“ auch in energetischer Hinsicht kontraproduktiv zu den übergeordneten Zielen von Energieeinsparung und Klimaschutz.

Die Ausführungen im Abschnitt 4 beschreiben in Bezug auf die herkömmliche Fensterlüftung als Alternative zu der in DIN 1946-6 geforderten nutzerunabhängigen „Lüftung zum Feuchteschutz“ die Kriterien, die bei der Bewertung der Fensterlüftung zur Gewährleistung einer ausreichenden Feuchteabfuhr aus Wohnräumen im Einzelfall zu berücksichtigen sind. Anhand eines Beispiels wird ein diesbezüglich bewährtes, in [Oster, 2007] beschriebenes Betrachtungsmodell demonstriert, das auf der Grundlage der Klimarandbedingungen für die Auslegung des Mindestwärmeschutzes von Wärmebrücken aus DIN 4108-2 die Ermittlung der erforderlichen Intervalle für Stoßlüftungen ermöglicht. Es wird gezeigt, dass im Widerspruch zu dem Echo der DIN 1946-6:2009-05 in der Fachöffentlichkeit Fensterlüftung während der Heizperiode auch im Geschosswohnungsbau in aller Regel zur Gewährleistung eines raumklimatischen Feuchteschutzes ausreicht, und damit die allgemeine Erfahrung bestätigt. Wesentliche Voraussetzungen hierfür sind allerdings

- eine übliche kontinuierliche Beheizung der Wohnung über die hierfür vorgesehenen Heizflächen auf eine Raumlufttemperatur von mindestens ca. 20 °C,
- ein umgehendes Ablüften größerer Feuchteinträge aus Kochen, Duschen, Baden etc. und
- ein üblicher Feuchteeintrag aus einer üblichen Belegung der Wohnung mit einem Mindest-Raumluftvolumen von 50 bis 60 m³/Person [Gabrio, 2003].

In diesem Zusammenhang müssen selbstverständlich auch die Nutzbarkeit bzw. Gebrauchstauglichkeit der Fenster für die Durchführung von Stoßlüftungen gewährleistet und die Heizflächen ausreichend bemessen und hinsichtlich der Wirksamkeit von Warmluftkonvektion sinnvoll positioniert sein.

Bei einem sehr ungünstigen Wärmeschutz der Bausubstanz und/oder einem sehr kleinen Raumluftvolumen von Wohnungen können allerdings die Grenzen der Fensterlüftung erreicht und Lüftungstechnische Maßnahmen in Form von Außenluftdurchlässen, Abluftanlagen o. ä. für einzelne Räume oder auch die gesamte Wohnung erforderlich werden. Dies bleibt jedoch nach den Erfahrungen des Autors auf Einzelfälle beschränkt, während für den übrigen, weitaus überwiegenden Teil des

Wohnungsbestandes in Deutschland Fensterlüftung zur Gewährleistung eines raumklimatischen Feuchteschutzes im Regelfall ausreichend ist.

5 Literatur, Normen und sonstige verwendete Unterlagen

- DIN 1946-6 Raumluftechnik, Teil 6: Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung (Ausgabe 2009-05)
- DIN 4108 Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden,
- Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz (Ausgabe 2003-07),
 - Teil 8: Vermeidung von Schimmelpilzwachstum in Wohngebäuden (DIN-Fachbericht, Ausgabe 2010-09)
- DIN EN 13829 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren (Ausgabe 2001-02)
- DIN EN ISO 10211 Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Detaillierte Berechnungen (Ausgabe 2008-04)
- VDI 2078 Berechnung der Kühllast klimatisierter Gebäude (VDI-Kühllastregeln); VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung (TGA), Verein Deutscher Ingenieure (VDI), Düsseldorf (Ausgabe 1996-07)
- VDI 6030-1 Auslegung von freien Raumheizflächen, Blatt 1: Grundlagen – Auslegung von Raumheizkörpern; VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung (TGA), Verein Deutscher Ingenieure (VDI), Düsseldorf (Ausgabe 2002-07)

- [Bredemeyer, 2008] Bredemeyer, J., Oster, N.: Sachgerechte Beurteilung eines Schimmelpilzschadens im Rahmen einer mietrechtlichen Auseinandersetzung. In: Der Bausachverständige, Heft 2 (April) 2008, Stuttgart, Fraunhofer IRB-Verlag
- [Bredemeyer, 2010] Bredemeyer, J., Oster, N.: Wird Wohnungslüftung Vermietersache? in: Der Bausachverständige, Heft 6, Dezember 2010, S. 20 – 25, Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, Köln, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart
- [Bredemeyer, 2011-1] Bredemeyer, J., Oster, N.: Erwiderung zur Stellungnahme von Hans Westfeld zu unserem Artikel »Wird Wohnungslüftung Vermietersache?« in »Der Bausachverständige« Ausgabe 6/2010 und 2/2011. In: Der Bausachverständige, Heft 3, Juni 2011, S. 35 – 38, Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, Köln, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart
- [Bredemeyer, 2011-2] Bredemeyer, J.: Möglichkeiten und Grenzen der Fensterlüftung in Wohnungen. Umweltforum „Wohnungslüftung“, Berlin, 25.03.2011
- [Cziesielski, 2000] Cziesielski, E., Vogdt, F. U.: Schäden an Wärmedämmverbundsystemen; in: Zimmermann, G. (Hrsg.): Reihe Schadenfreies Bauen, Band 20, Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, 2000
- [Dreyer, 2002] Dreyer, J.: Bauphysikalische Ertüchtigung von Gebäuden; in: Bauphysik 24 (2002), Heft 6, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2002
- [EnEV 2009] Verordnung über die Änderung der Energieeinsparverordnung vom 29. April 2009

- [Erhorn, 1986] Erhorn, H., Gertis, K.: Mindestwärmeschutz oder/und Mindestluftwechsel? In: Gesundheits-Ingenieur – gi 107 (1986), Heft 1, S. 12 – 14, 71 – 76, Oldenbourg Industrieverlag GmbH, München, 1986
- [Frank, 1975] Frank, W.: Raumklima und thermische Behaglichkeit; in: Berichte aus der Bauforschung, Heft 104, Berlin, 1975
- [Gabrio, 2003] Gabrio T., et al.: Handlungsempfehlungen für die Sanierung von mit Schimmelpilzen befallenen Innenräumen; in: Berufsverband Deutscher Baubiologen VDB e.V. (Hrsg.): Tagungsband zur 7. Pilztagung des VDB „sicher erkennen - sicher sanieren“ vom 27.-28. Juni 2003 in Stuttgart, Verlag ABUS e.V., Fürth, 2003
- [Gottschalk, 2010] Mehr Spielraum beim Lüftungskonzept. In: TGA Fachplaner, 10/2010, S. 42 – 44, Gentner Verlag, Stuttgart, 2010
- [Grünberger, 2000] Grünberger, J.: Feuchtelasten in Wohnungen, Diplomarbeit; Technische Universität Dresden, Institut für Thermodynamik und Technische Gebäudeausrüstung, Dresden, März 2000
- [von Hahn, 2007] von Hahn, N.: „Trockene Luft“ und ihre Auswirkungen auf die Gesundheit – Ergebnisse einer Literaturstudie; in: Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 67 (2007), Nr. 3, Themenheft „Innenraumlufte“, S. 103 – 107, Springer-VDI-Verlag, Düsseldorf, 2007
- [HEAT 2.6.0] Lund-Gothenburg Group for Computational Building Physics, Department of Building Physics, Lund University: Heat 2, Version 6.0

- [Heinz, 2004] Heinz, E., et al.: Feuchtigkeitsschäden einschließlich Schimmelpilz-Wachstum in deutschen Wohnungen – Ergebnisse einer repräsentativen Untersuchung. In: Moderne Gebäudetechnik, Heft 11/2004, Berlin, Huss-Medien, 2004
- [Hellwig, 2010] Hellwig, R. T.: Raumklimatische Planungsgrundlagen für Klassenräume; in: Bauphysik 32 (2010), Heft 4, S. 240 – 252, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2010
- [HMWVL, 2004] Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung (Hrsg.): Lüftung im Wohngebäude – Wissenswertes über den Luftwechsel und moderne Lüftungsmethode, Energiesparinformationen 8, Wiesbaden, 10/2004
- [Klopfer, 1988] Klopfer, H., Schütte, M.: Außenwände sozialer Mietwohnungen – Schimmelpilzbewuchs nach Einbau dicht schließender Fenster. In: Zimmermann, G. (Hrsg.): Reihe Bauschäden-Sammlung, Band 7, Stuttgart, 1988, Fraunhofer IRB Verlag
- [Künzel, 2007] H.M. Künzel, A., et al.: Feuchtepufferwirkung von Innenraumbekleidungen aus Holz oder Holzwerkstoffen; in: Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Holzkirchen (Hrsg.): Bauforschung für die Praxis, Band 75, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2007
- [NLGA, 2004] Grams, H., Hehl, O., Dreesmann, J. - Niedersächsisches Landes-Gesundheitsamt, Hannover: Niedersächsisches Schulmessprogramm: Untersuchung von Einflussfaktoren auf die Raumluftqualität in Klassenräumen sowie Modellierung von Kohlendioxid-Verläufen, Projektbericht 12/2002 mit ergänzenden Korrekturen 11/2004; download unter <http://www.nlga.Nieder->

- sachsen.de/live/live.php?navigation_id = 27081&article_id = 19335&_psmand = 20 am 12.03.2011
- [Oster, 2007] Oster, N., Bredemeyer, J., Schmidt, T.: Nutzereinfluss auf Schäden an Gebäuden. In: Zimmermann, G., Ruhnau, R. (Hrsg.): Reihe Schadenfreies Bauen, Band 42, Stuttgart, 2007, Fraunhofer IRB-Verlag
- [Oster, 2011] Oster, N.: Wird Lüften Vermietersache? Kritische Anmerkungen zur DIN 1946-6. Umweltforum „Wohnungslüftung“, Berlin, 25.03.2011
- [Oswald, 2008] Oswald, R., Liebert, G., Spilker, R.: Schimmelpilzbefall bei hochwärmegedämmten Neu- und Altbauten. Erhebung von Schadensfällen - Ursachen und Konsequenzen Bauforschung für die Praxis, Band 84, Stuttgart, 2008, Fraunhofer IRB Verlag
- [Raiß, 1968] Rietschel, H. (Begr.), Raiß, W. (Bearb.): Heiz- und Klimatechnik, Bd. 1 – Grundlagen, Systeme, Ausführung, 15. Aufl., Berlin, 1968, Springer
- [Raisch, 1928] Raisch, E.: Die Luftdurchlässigkeit von Baustoffen und Baukonstruktionsteilen; in: Gesundheitsingenieur, 30. Heft, 51. Jahrgang (1928), S. 481 – 489, R. Oldenbourg, Berlin und München, 1928
- [Reichel, 1998] Reichel, D.: Kritische Anmerkungen zur Zuluftversorgung von Etagenwohnungen - Sonderdruck aus TAB -Technik am Bau 12/98, Gütersloh, 1998, Bauverlag
- [Richter, 2002] Richter, W., Hartmann, T., Reichel, D.: Schimmelpilzbedingter Mindestluftwechsel – Ergebnisse einer Studie zur Raumluftqualität. In: Bauphysik 24 (2002), Heft 1, S. 41 – 44, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2002

- [Richter, 2003] Richter, W., u.a., Technische Universität Dresden: Bestimmung des realen Luftwechsels bei Fensterlüftung aus energetischer und bauphysikalischer Sicht, Abschlussbericht; Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2003
- [Rode, 2009] Rode, C., Peuhkuri, R.: Modelling the Hygrothermal Interaction Between Materials and the Indoor Climate; in: WTA-Schriftenreihe 2009
- [Setzer, 2000-1] Setzer, M. J., Hohmann, R.: Mathematische Beschreibung der Feuchtepufferung durch feuchtespeichernde Materialien im Raum; in: Bauphysik der Außenwände – Schlussbericht, DFG Forschungsschwerpunktprogramm, Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, 2000
- [Setzer, 2000-2] Reick, M., Setzer, M. J.: Untersuchung des Sorptionsverhaltens wohnraumumschließender Materialien; in: Bauphysik der Außenwände – Schlussbericht, DFG Forschungsschwerpunktprogramm, Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, 2000
- [Setzer, 2000-3] Setzer, M. J., Hohmann, R. - Institut für Bauphysik und Materialwissenschaft, Universität GH Essen: Erstellung eines materialspezifischen Kataloges für wohnraumumschließende Materialien; in: Bauphysik der Außenwände – Schlussbericht, DFG Forschungsschwerpunktprogramm, Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, 2000
- [Siegwart, 1932] Siegwart, K.: Luftdurchlässigkeit von Holz- und Stahlfenstern - Mitteilung aus dem Maschinen-Laboratorium der Technischen Hochschule Danzig; in: Gesundheitsingenieur, Nr. 43, 55. Jahrgang (1932), S. 515 – 517, R. Oldenbourg, Berlin und München, 1932
- [VFW, 2009] VFW Bundesverband für Wohnungslüftung e.V., Viernheim: Lüften nach Konzept – DIN 1946-6: Lüftung von

- Wohnungen, VFW-Information 07/2009, download am 21.10.2010 unter [http:// www.wohnungslueftung-ev.de/uploads/media/DIN1946_Lueftungskonzept.pdf](http://www.wohnungslueftung-ev.de/uploads/media/DIN1946_Lueftungskonzept.pdf)
- [Westfeld, 2008] Westfeld, H., Lucenti, S.: Lüftungsanforderungen von Wohngebäuden im Wandel. In: Der Sachverständige, Heft 11/2008, 35. Jahrgang, 2008, München, C.H. Beck
- [Westfeld, 2011] Westfeld, H.: Stellungnahme zum Beitrag »Wird Wohnungslüftung Vermietersache?« – Kritische Anmerkungen zur DIN 1946-6 »Lüftung von Wohnungen« in »Der Bausachverständige« Ausgabe 6 / 2010. In: Der Bausachverständige, Heft 2 (April) 2011, S. 34 - 36, Stuttgart, Fraunhofer IRB-Verlag
- [Ziegert, 2002] Ziegert, C., Holl, H.-G.: Vergleichende Untersuchungen zum Sorptionsverhalten von Werk trockenmörteln; in: Steingass, P.: Moderner Lehm bau 2002 – Tagungsband, Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart 2002
- [Ziegert, 2006] Ziegert, C.: Feuchtesorptionsvermögen von unbehandeltem und mit verschiedenen Beschichtungen versehenem Nadelholz; unveröffentlicht, Berlin, 2006