AIC 1019
1613

Dipl.-Ing. Reinhard Daler
Institut für Fenstertechnik e.V., Rosenheim

AIC

Feuchtigkeitsabfuhr aus Wohnungen durch natürliche Lüftung

1. Problemstellung

Wohnungen müssen belüftet werden. Ungenügende Lüftung beeinträchtigt nicht nur das Wohlbefinden des Nutzers. Sie kann darüber hinaus durch unzureichende Abfuhr der beim Wohnen entstehenden Feuchtigkeit zu Bauschäden an Außenwandteilen führen.

Das Problem der Feuchtigkeitsabfuhr aus Wohnräumen, insbesondere aus unbeheizten Schlafräumen, in der kalten Jahreszeit ist seit langem bekannt. Erst durch die Ausstattung der Wohnungen mit Zentralheizungen konnte eine überhöhte Feuchtigkeitsbelastung der Räume weitgehend vermieden werden. Durch den Anstieg der Energiekosten in den 70er Jahren war es notwendig, Heizmaterial einzusparen. Die Raumtemperaturen wurden abgesenkt, die undichten Fenster durch dichtere ersetzt. Es wurde weniger gelüftet. Damit traten aber wieder Probleme mit der Raumluftfeuchtigkeit auf. Die Bewohner klagten zum Teil wieder über Schwitzwasser und Schimmelbildung. Bauschäden aufgrund von Durchfeuchtungen nahmen wieder zu. Diese Schäden wurden den „zu dichten" Fenstern und der unzureichenden Dämmung der Außenwand zugeschrieben. In der Regel war dies unberechtigt, wie die Beobachtungen der letzten Jahre zeigen [7, 8].

Bei der Lüftung wird sozusagen für den „Transport der Luft" Energie benötigt. Zusätzlich wird bei der Lüftung im Winter Energie zum Aufheizen der eingeströmten Frischluft gebraucht. Es ist daher im Rahmen einer Energieeinsparung sinnvoll, die Lüftung auf den wirklichen Bedarf zu beschränken. Deshalb soll untersucht werden, welche Zuluftmengen – insbesondere unter Berücksichtigung der notwendigen Feuchtigkeitsabfuhr – erforderlich sind, und wie diese den Räumen im Rahmen der natürlichen Lüftung zugeführt werden können.

Der Sauerstoffbedarf für offene Feuerstätten sollte nicht mit der allgemeinen Raumlüftung gekoppelt sein. Die Verbrennungsluft sollte unabhängig vom sonstigen Lüftungsbedarf an die Feuerstelle geführt werden.

2. Zuluftbedarf

2.1 Sauerstoffbedarf des Menschen

Der Mindestsauerstoffbedarf für den Menschen beträgt 1,8 m³/h · Person [1].

2.2 Hygienisch erforderlicher Zuluftbedarf

Der hygienisch notwendige Frischluftbedarf zur Abführung der Schad- und Geruchsstoffe beträgt 10 bis 25 m³/h · Person [1].

2.3 Zur Feuchtigkeitsabfuhr erforderlicher Zuluftbedarf

Bei der Ermittlung des für die Feuchtigkeitsabfuhr erforderlichen Zuluftbedarfes sind folgende nutzungsbedingte Feuchtequellen zu berücksichtigen [1]:

Atemluft des Menschen:	ca. 50 g/h · Person
Kochen:	ca. 500 bis 1000 g/h (gesamt ca. 1000 bis 3000 g/Tag)
Baden:	ca. 1000 bis 3000 g/Tag

Die zur Feuchteabfuhr notwendige Luftwechselrate ist von folgenden Faktoren abhängig:

- Menge der entstehenden Feuchtigkeit,
- Innenklima,
- Außenklima,
- Raumgröße.

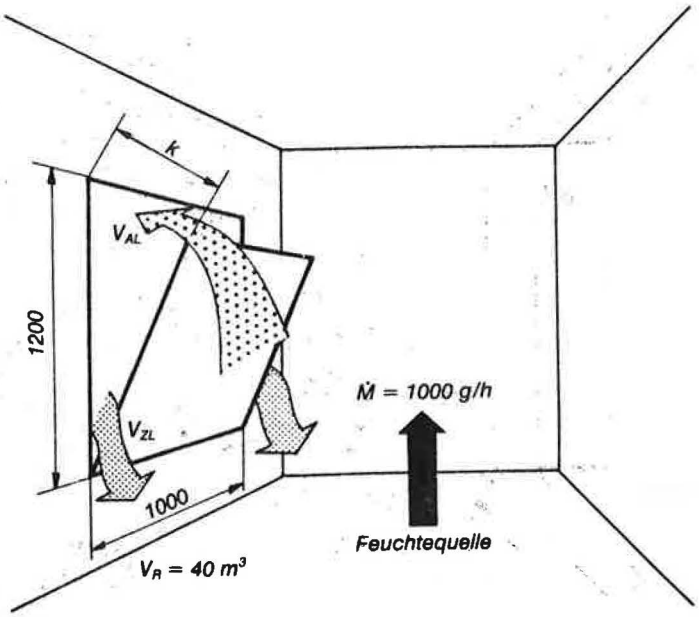


Bild 1: Modellraum

Diese Zusammenhänge lassen sich auch mathematisch darstellen.

Für einen Raum mit unterschiedlichen Außen- und Innenklimaten, einer kontinuierlichen Feuchteentwicklung und Öffnung in der Außenwand gilt folgende Gleichung:

$$\dot{V}_{ZL} \cdot f_{ZL} + \dot{M} = V_R \cdot \frac{df_R}{dt} + \dot{V}_{AL} \cdot f_{AL} \qquad (1)$$

Mit $\dot{V}_{ZL} = \dot{V}_{AL} = \dot{V}$, $n = \frac{\dot{V}}{V_R}$ und $f_{AL} = f_R$

ergibt sich für die Lösung der Differentialgleichung:

$$f_R(t) = f_{ZL} + \frac{\dot{M}}{n \cdot V_R} + \left(f_{R0} - f_{ZL} - \frac{\dot{M}}{n \cdot V_R}\right) \cdot e^{-n \cdot t} \qquad (2)$$

$\dot{V}_{ZL}$	Volumenstrom Zuluft	[m³/h]
$\dot{V}_{AL}$	Volumenstrom Abluft	[m³/h]
f_{ZL}	absolute Feuchtigkeit der Zuluft	[g/m³]
f_{AL}	absolute Feuchtigkeit der Abluft	[g/m³]
$\dot{M}$	Massenstrom der abgegebenen absoluten Feuchtigkeit	[g/h]
V_R	Raumvolumen	[m³]
f_R	absolute Feuchtigkeit der Raumluft	[g/m³]
f_{R0}	absolute Feuchtigkeit der Raumluft zum Zeitpunkt t = 0	[g/m³]
n	Luftwechselzahl	[1/h]
t	Zeit	[h]

2.4 Darstellung der erforderlichen Luftwechselzahlen anhand von Beispielen

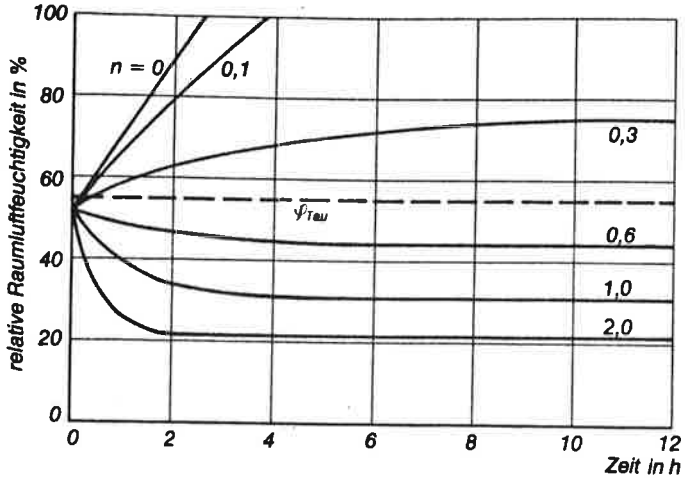
Die zur Feuchteabfuhr erforderlichen Luftwechselzahlen sind u.a. abhängig von der kontinuierlichen Feuchtigkeitsentwicklung, der Raumgröße und den Werten von Außen- und Innenklima (Gleichungen 1 und 2). Nachfolgend werden diese Zusammenhänge anhand vier praxisnaher Beispiele dargestellt (Tabelle 1):

Beispiel 1 bis 3: Schlafraum mittlerer Größe – belegt mit 2 Personen

Beispiel 4: Kleinküche

Erläuterungen zu Tabelle 1:

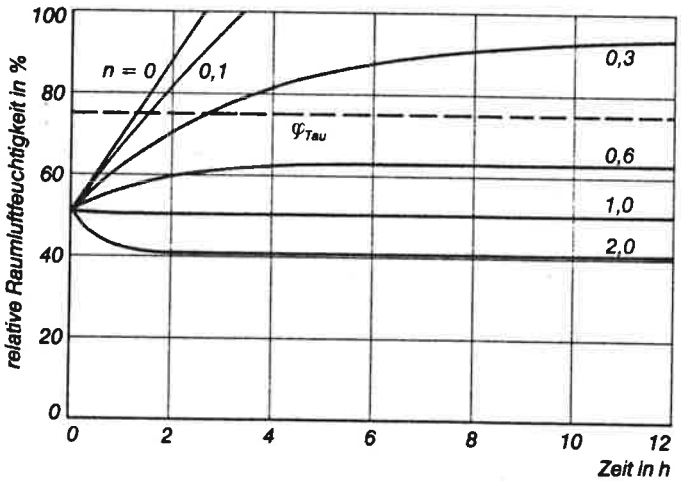
n_1 erforderliche Luftwechselzahl – Sauerstoffbedarf
n_2 erforderliche Luftwechselzahl – aus hygienischen Gründen
n_3 erforderliche Luftwechselzahl – zur Aufrechterhaltung einer konstanten Raumluftfeuchtigkeit
n_4 erforderliche Luftwechselzahl – zur Vermeidung von Tauwasser an einer Isolierglasscheibe



φ_{Tau} *relative Raumluftfeuchtigkeit, bei der unter den gegebenen Bedingungen Tauwasser an der Isolierglaseinheit (4/12/4) auftritt*

Bedingungen: Anfangsklima im Raum 16°C/53%
Außenklima – 10°C/80%
Raumvolumen 40 m³
Feuchtebelastung 2,5 l/Tag

Bild 2: Entwicklung der relativen Luftfeuchtigkeit im Raum für verschiedene Luftwechselzahlen in Abhängigkeit von der Zeit (Beispiel 1)



φ_{Tau} *relative Raumluftfeuchtigkeit, bei der unter den gegebenen Bedingungen Tauwasser an der Isolierglaseinheit (4/12/4) auftritt*

Bedingungen: Anfangsklima im Raum 16°C/53%
Außenklima 3°C/80%
Raumvolumen 40 m³
Feuchtebelastung 2,5 l/Tag

Bild 3: Entwicklung der relativen Luftfeuchtigkeit im Raum für verschiedene Luftwechselzahlen in Abhängigkeit von der Zeit (Beispiel 2)

Tabelle 1: Klimadaten und Luftwechselzahlen

Beispiel	$\dot{M}$ g/h	V_R m³	ϑ_i °C	φ_i %	f_{R0} g/m³	ϑ_a °C	φ_a %	f_{ZL} g/m³	n_1 1/h	n_2 1/h	n_3 1/h	n_4 1/h
1	100	40	16	53	7,1	–10	80	1,6	0,1	0,5–1,2	≈ 0,5	≈ 0,5
2	100	40	16	53	7,1	3	80	4,4	0,1	0,5–1,2	≈ 0,9	≈ 0,5
3	100	40	16	53	7,1	8	80	6,6	0,1	0,5–1,2	≈ 5,0	≈ 0,6
4	1000	10	16	53	7,1	3	80	4,4	–	–	≈ 37,0	–

Für die Beispiele 1 und 2 ist die Entwicklung der Raumluftfeuchtigkeit – wie sich diese nach Gleichung (2) ergibt – bei unterschiedlichen Luftwechselzahlen in den Bildern 2 und 3 dargestellt. Bei den durchgeführten Berechnungen zur Tauwasserbildung wurde k = 3,0 W/m²K und α_i = 8,0 W/m²K angenommen.

Tauwasser, besonders im unteren Bereich der Scheibe, kann jedoch in der Praxis bereits wesentlich früher auftreten, als in den Beispielen ermittelt wurde. Folgende Ursachen sind hierfür maßgebend:

- Durch die Einbausituation und die Geometrie der Fensterkonstruktion bedingte ungünstigere Luftführung im unteren Fensterbereich, was einen niedrigeren Wärmeübergangskoeffizienten α_i = 5 W/m²K zur Folge hat.
- Einfluß der geringeren Wärmedämmung des Randverbundes der Isolierglaseinheit, wodurch sich niedrigere Oberflächentemperaturen im Bereich des Randverbundes ergeben.

Die Beispiele 1 bis 3 zeigen auf, daß durch kontinuierliche Zu- und Abluftmengen, wie sich diese aus dem hygienisch notwendigen Bedarf ergeben, auch die nutzungsbedingt entstehende Feuchtigkeit in einem Schlafraum abgeführt werden kann. Ein gewisser Anstieg der Raumluftfeuchtigkeit in Beispiel 3 kann – wenn es wie hier nicht zur Kondensation an einer Isolierglasscheibe führt – akzeptiert werden. Die Feuchtigkeit sollte in diesem Fall nach der Nutzung , also morgens, durch Stoßlüftung wieder auf das ursprüngliche Maß abgesenkt werden.

Andererseits zeigt Beispiel 4, daß Feuchtigkeit, die beim Kochen oder Baden entsteht, durch Stoßlüftung oder eine entsprechende Lüftungseinrichtung (z.B. Dunstabzugshaube) abgeführt werden muß. Dadurch wird ein übermäßiger Feuchtigkeitsanstieg in der Wohnung vermieden.

3. Zuluftströme bei der natürlichen Lüftung

Im Rahmen der Forschungsarbeit „Bestandsaufnahme zur Ausführung von Einrichtungen zur freien Lüftung im Wohnungsbau" [4] wurden umfangreiche Messungen und auch theoretische Untersuchungen über die an Raumöffnungen unter Temperatur- oder Windeinfluß auftretenden Volumenströme durchgeführt. Die Größe des auftretenden Volumenstromes ist abhängig von:

- der Öffnungsfläche
  (Größe, Form, Lage verschiedener Öffnungsflächen zueinander),
- den treibenden Kräften
  (Druckunterschiede windbedingt und Druckunterschiede thermisch bedingt),
- raumbezogenen Faktoren
  (Größe, Wärmequellen, Einrichtung usw.).

Für den Bereich Wohnungslüftung sind im wesentlichen die ersten beiden Punkte (Öffnungsfläche, treibende Kräfte) maßgebend. Die nachstehend angegebenen Zuluftströme wurden aus den Versuchsergebnissen bzw. den Berechnungsmethoden nach [4] ermittelt.

Sowohl bei wind- als auch temperaturbedingter Lüftung kann von einer vollständigen Durchmischung der Zu- und Abluftströme ausgegangen werden. Erst bei Temperaturunterschieden von unter $\Delta\vartheta$ = 5 K kann (bei temperaturbedingter Lüftung) davon ausgegangen werden, daß die Energiezufuhr für eine Durchmischung nicht mehr ausreichend ist und eine sogenannte Schichtung eintritt.

4. Zuluftströme am geschlossenen Fenster

Thermisch bedingte Volumenströme am geschlossenen Fenster sind außerordentlich niedrig. Berechnungen, die unter der Annahme eines sonst dichten Raumes vorgenommen wurden, ergaben in Abhängigkeit von Temperaturunterschied und Fugendurchlässigkeit die in Tabelle 2 angegebenen Luftwechselzahlen.

Tabelle 2: Luftwechselzahlen n an einem geschlossenen Fenster in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz und der Fugendurchlässigkeit (einflügeliges Fenster 1,0 m x 1,2 m; V_R = 40 m³)

$\Delta\vartheta$ in K	Luftwechselzahlen n in h⁻¹ bei Fugendurchlaßwerten a von			
	0,1 m³/hm	1 m³/hm	2 m³/hm	5 m³/hm
8	0,00	0,02	0,04	0,09
13	0,00	0,02	0,05	0,12
26	0,00	0,03	0,06	0,17

Auch bei Windanströmung auf ein Fenster bei sonst dichtem Raum ergeben sich nur sehr kleine, bei weitem nicht ausreichende Luftwechselzahlen. Erst eine Durchströmung zweier gegenüberliegender Fenster führt zu teilweise größeren Luftwechselzahlen. Für zwei gegenüberliegende Fenster (je 1,00 m × 1,20 m) ergeben sich in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit und der Fugendurchlässigkeit der Fenster unter der Voraussetzung direkter freier Anströmung und bei einem Raumvolumen V_R = 40 m³ die in Tabelle 3 aufgeführten Luftwechselzahlen.

Unter der Voraussetzung, daß die Windgeschwindigkeiten z.B. in Süddeutschland (exponierte Lagen ausgeschlos-

Tabelle 3: Luftwechselzahlen n an zwei gegenüberliegenden geschlossenen Fenstern in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit und der Fugendurchlässigkeit

w in m/s	Luftwechselzahlen n in h⁻¹ bei Fugendurchlaßwerten a von			
	0,1 m³/hm	1 m³/hm	2 m³/hm	5 m³/hm
1	0,01	0,07	0,14	0,35
5	0,04	0,35	0,70	1,75
10	0,07	0,70	1,40	3,50

sen) ungefähr zu 95 % unter 3 m/s liegen, ergeben sich auch für diesen Fall Luftwechselzahlen, die für eine gesicherte Feuchtigkeitsabfuhr nicht ausreichen.

Bei der Ermittlung der Luftwechselzahlen in Tabelle 2 und 3 wurden Raumundichtigkeiten nicht berücksichtigt. Diese können die hier ermittelten Werte wesentlich verändern. Messungen, die an eingebauten Fenstern vorgenommen wurden, haben gezeigt, daß Undichtigkeiten der Anschlüsse häufig viel größer sind als die Undichtigkeiten der Fensterfugen [9].

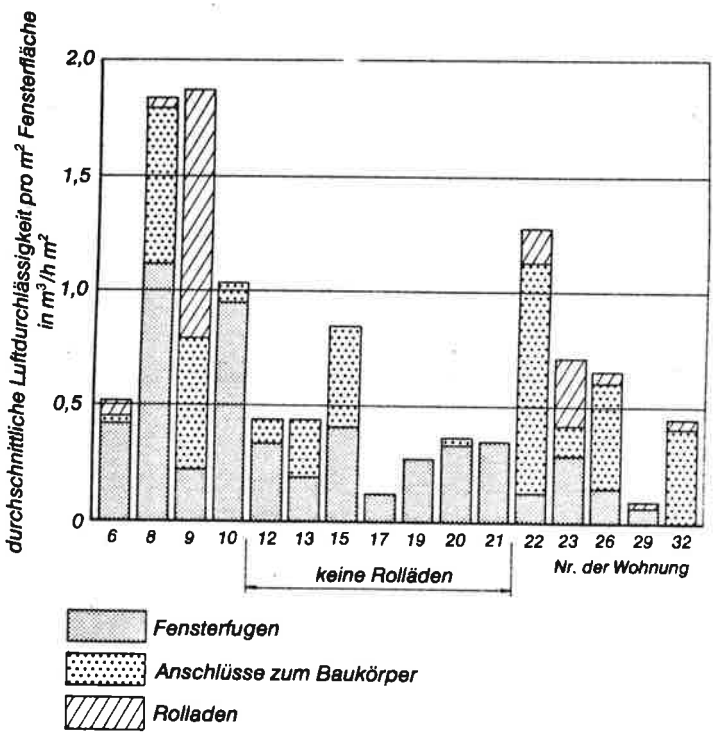


Bild 4: Gesamtundichtheiten der Außenwände bezogen auf 1 m² Fensterfläche [9]

Eine ausreichende Feuchtigkeitsabfuhr bei geschlossenen Fenstern, auch wenn diese undicht sind, ist also nicht gewährleistet. Dies mag nur in Ausnahmefällen bei stark dem Wind ausgesetzten Wohnungen eventuell in Verbindung mit zusätzlichen Undichtigkeiten der Bauwerkshülle möglich sein. Die dabei auftretenden Lüftungswärmeverluste überschreiten dann aber jedes vertretbare Maß.

5. Zuluftströme am gekippten Flügel

Volumenströme, die sich an einem gekippten Fensterflügel aufgrund von Temperaturdifferenzen oder aufgrund des Windeinflusses einstellen, sind in Bild 5 und Bild 6 dargestellt.

Die Auswertung und Umrechnung auf die Beispiele 1 bis 4 nach Abschnitt 2.4 ergibt die in Tabelle 4 angegebenen temperaturabhängigen erforderlichen Öffnungsweiten in cm.

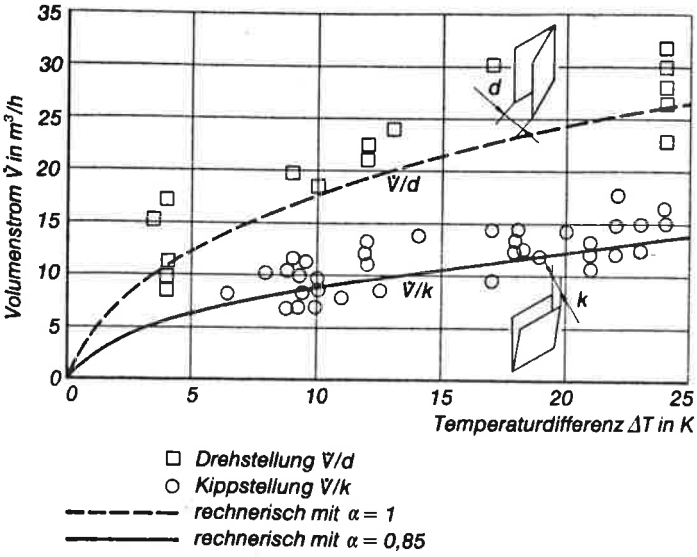


Bild 5: Luftdurchgang am Flügel bei Dreh- und Kippstellung bei 1 cm Öffnungsweite in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz bei Windgeschwindigkeiten w < 1,5 m/s [4]

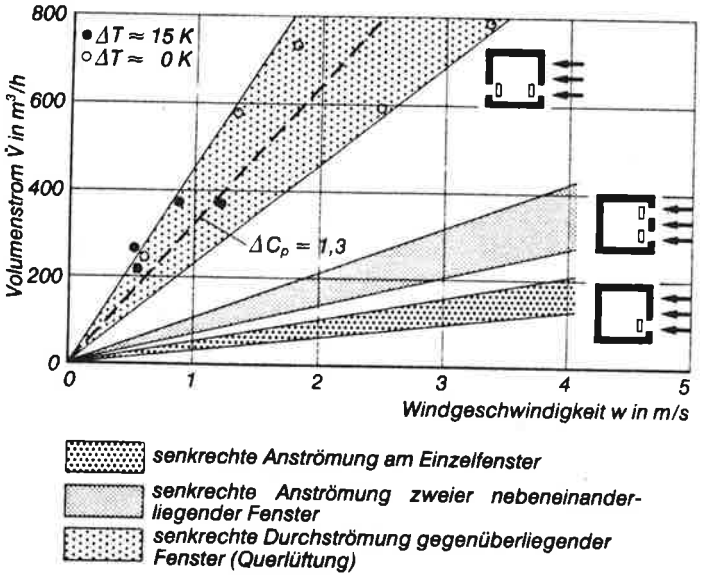


Bild 6: Querlüftung durch zwei gegenüberliegende Kippflügel mit jeweils k = 6 cm in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit bei senkrechter Einströmung im Vergleich zu der windabhängigen Lüftung an Einzelfenstern mit k = 6 cm [4]

Tabelle 4: Öffnungsweiten k eines Kippflügels (1,00 m x 1,20 m) zur Erreichung vorgegebener Luftwechselzahlen n (V_R = 40 m³) in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz

$\Delta\vartheta$ in K	Öffnungsweiten k in cm bei Luftwechselzahlen n von			
	0,5 h⁻¹	1 h⁻¹	5 h⁻¹	40 h⁻¹
8	2,4	4,7	–	–
13	1,9	3,7	–	–
26	1,3	2,6	1,3	–

Bei Kippstellung ist also bei größeren Temperaturunterschieden eine Öffnungsweite von nur wenigen cm ausreichend. Zusatzeinrichtungen zur Spaltlüftung könnten daher helfen, die erforderliche Feuchtigkeitsabfuhr ohne unnötig große Lüftungswärmeverluste zu gewährleisten.

Unter Windeinfluß ergeben sich in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit bei vollständig geöffnetem Kippflügel ($k \approx 12$ cm) die in Tabelle 5 genannten Luftwechselzahlen.

Tabelle 5: Zusammenhang zwischen Luftwechselzahl n ($V_R = 40\ m^3$) und Windgeschwindigkeit w bei geöffnetem Kippflügel

Anordnung der Öffnungen	Luftwechselzahl n in h^{-1}		
	1	5	40
1 Fenster	$w \approx 1$ m/s	$w \approx 3$ m/s	–
2 Fenster gegenüber	$w < 1$ m/s	$w < 1$ m/s	$w \approx 1{,}5$ m/s

6. Zuluftströme an regulierbaren Lüftungseinrichtungen (Dauerlüfter)

Die Anordnung eines einzelnen horizontalen Dauerlüfters ist lüftungstechnisch ungünstig. Sowohl der thermisch als auch der windbedingte Volumenstrom ist durch eine solche Einheit – bei dichtem Raum – fast Null. Meßbare Volumenströme entstehen hier nur im Zusammenhang mit anderen Raumundichtigkeiten. Für eine temperaturabhängige Lüftung ist die senkrechte Anordnung eines Lüfters oder die Anbringung von zwei mit einem bestimmten Abstand übereinander angeordneten Lüftungseinrichtungen sinnvoll.

Bei den in verschiedenen Versuchen eingesetzten Lüftern handelt es sich um eine handelsübliche Konstruktion mit einer Bauhöhe von 100 mm und 700 mm Länge (Bild 7).

Umgerechnet auf ein Raumvolumen von 40 m³ ergeben sich für eine Temperaturdifferenz von $\Delta\vartheta \approx 15$ K und ein Raumvolumen von $V_R = 40\ m^3$ die in Bild 7 aufgeführten Luftwechselzahlen.

Bei gegenüberliegenden Lüftungseinheiten werden unter Windeinfluß relativ schnell größere Luftwechselzahlen erreicht.

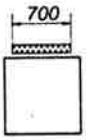
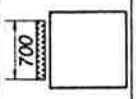
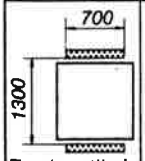
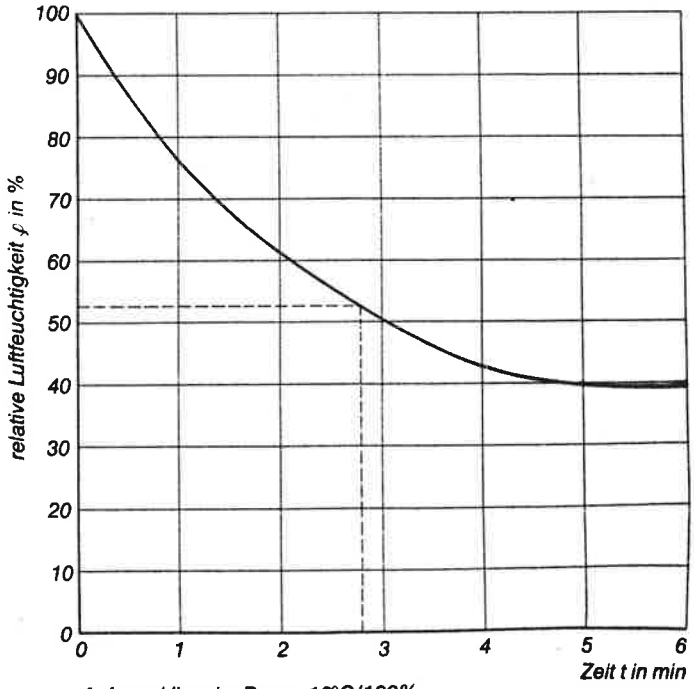
Anordnung der Lüftungseinrichtungen	*Temperaturbedingter Volumenstrom durch*		*Gesamtvolumenstrom*	*Luftwechselzahl n (bei V_R = 40 m³)*
	Fugenundichtigkeiten $\dot{V}_L$ [m³/h]	*Dauerlüfter* $\dot{V}_{RLE}$ [m³/h]	$\dot{V}_L + \dot{V}_{RLE}$ [m³/h]	[1/h]
 *Horizontale Einzelöffnung*	6,5	1,5	8,0	0,2
 *Vertikale Einzelöffnung*	6,5	7,0	13,5	0,3
 *Zwei vertikale Öffnungen*	6,5	14,5	21,0	0,5

Bild 7: Temperaturbedingte Lüftung bei unterschiedlich angeordneten Öffnungen mit jeweils gleichem Gesamtquerschnitt ($A_0 = 104\ cm^2$) und einer Temperaturdifferenz von 15 K

7. Stoßlüftung

Während bei einer kontinuierlichen Feuchtigkeitsproduktion eine Dauerlüftung zweckmäßig ist (Kapitel 5 und 6), muß bei einer stärkeren, kurzzeitigen Belastung eine Stoßlüftung vorgenommen werden (Beispiel 4 aus Kapitel 2.4, Tabelle 1). Bild 8 zeigt, daß z.B. eine von ursprünglich 53 % auf 100 % angestiegene Luftfeuchtigkeit bei einer Temperaturdifferenz von $\Delta\vartheta = 13$ K und einer vollständig freien Öffnung von 1,00 m × 1,20 m in 2,8 Minuten auf den anfänglichen Wert von 53 % abgebaut wird.



Anfangsklima im Raum 16°C/100%
Außenklima 3°C/ 80%
Raumvolumen 40 m³
Öffnung 1,00 m × 1,20 m

Bild 8: Abbau der relativen Luftfeuchtigkeit bei Stoßlüftung (Drehflügel ganz geöffnet) in Abhängigkeit von der Zeit

Wenn diese errechnete Zeit wegen verschiedener unberücksichtigter Randbedingungen, wie z.B. Abkühlung der Raumluft während des Lüftungsvorganges, in der Praxis auch überschritten wird, ist doch zu erkennen, daß eine wirksame Stoßlüftung sehr kurz bemessen werden kann.

Kurzzeitige Überlastung von Wohnräumen mit zu hoher Feuchtigkeit kann unberücksichtigt bleiben. Während die Diffusion durch die Außenwände hierbei keine Rolle spielt, ist die Bedeutung der Sorption durchaus als groß zu bezeichnen [5]. Verputzte Wandoberflächen, Einrichtungsgegenstände usw. können relativ große Wassermengen aufnehmen und wieder abgeben, also sozusagen „abpuffern". Durch mehrmals in gewissem Abstand durchgeführte Stoßlüftungen läßt sich eine überhöhte Feuchtigkeit wieder abführen. Tauwasserschäden treten daher nur dann auf, wenn über einen längeren Zeitraum nicht ausreichend gelüftet wird.

8. Feuchtigkeitstransport innerhalb der Wohnung

Der Luft- und damit Feuchtigkeitsaustausch zwischen Räumen, in denen viel Wasserdampf entsteht und niedriger temperierten Räumen derselben Wohnung kann bei mangelnder Lüftung, d.h. bei zu geringer Feuchtigkeitsabfuhr nach außen, sehr hoch werden. In welchem Umfang und mit welcher Geschwindigkeit ein solcher Feuchtigkeitstransport auch bei geschlossener Tür erfolgen kann, zeigt das nachfolgende Beispiel.

Beispiel

In einer Wohnung werden zwei Räume mit unterschiedlichen Klimaten betrachtet:

Raum 1	(z.B. Küche, Bad):	$\vartheta_{i1} = 21°C$;	$\varphi_1 = 90\ \%$
Raum 2	(z.B. Schlafzimmer)	$\vartheta_{i2} = 16°C$;	$\varphi_2 = 50\ \%$

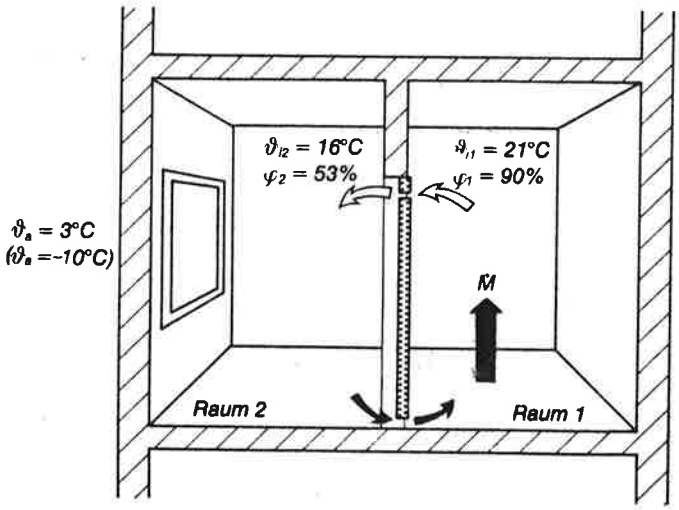
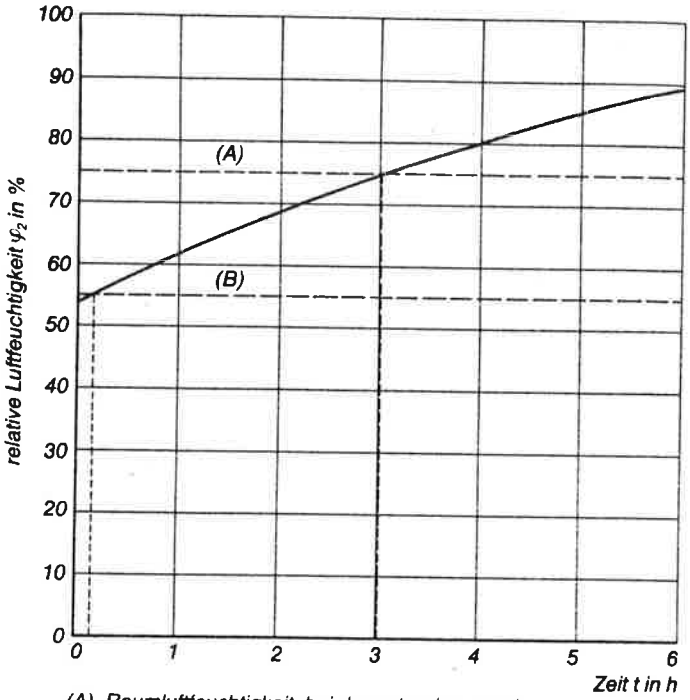


Bild 9: Schematische Darstellung der im Beispiel betrachteten Räume

Zwischen beiden Räumen befindet sich eine geschlossene Tür (1,00 m × 2,00 m). Es wird ein oberer Spalt von 3 mm und ein unterer Spalt von 8 mm angenommen. Aus Raum 1 wird Feuchtigkeit über die undichte Tür in Raum 2 transportiert (Bild 9). Man geht davon aus, daß die Temperaturen in beiden Räumen gleich bleiben.



(A) Raumluftfeuchtigkeit, bei der unter den gegebenen Bedingungen
$\vartheta_a = 3°C$
$\vartheta_{i2} = 16°C$
$k_V = 3{,}0\ W/m^2K$ (Isolierglas 4/12/4)
Tauwasser auftritt

(B) Raumluftfeuchtigkeit, bei der unter den gegebenen Bedingungen
$\vartheta_a = -10°C$
$\vartheta_{i2} = 16°C$
$k_V = 3{,}0\ W/m^2K$ (Isolierglas 4/12/4)
Tauwasser auftritt

Bild 10: Anstieg der relativen Luftfeuchtigkeit in Raum 2 durch Zustrom von Feuchtigkeit aus Raum 1 in Abhängigkeit von der Zeit

Den Anstieg der relativen Luftfeuchtigkeit in Abhängigkeit von der Zeit in Raum 2 zeigt Bild 10. Unter der Voraussetzung dieser Feuchtigkeitszunahme tritt an der Isolierglaseinheit in Raum 2 bei einer angenommenen Außentemperatur von 3°C nach 3 Stunden Tauwasser auf (A). Bei einer Außentemperatur von −10°C ist bereits nach ¼ Stunde mit Tauwasserbildung zu rechnen (B).

9. Zusammenfassung

Zusammenfassend lassen sich folgende Grundsätze für die Lüftung unter besonderer Berücksichtigung der Feuchtigkeitsabfuhr aufstellen:

– Der Luftaustausch über die Fugen geschlossener Fenster (auch alter Fenster ohne Dichtprofile) ist für eine ausreichende Feuchtigkeitsabfuhr und den hygienisch notwendigen Zuluftbedarf nicht ausreichend.

Tabelle 6: Tauwassergefahr an Bauteilen [6]
– Punkt 1 bis 7: nutzungsabhängig
– Punkt 8 bis 15: baulich bedingt

Einflüsse, die zur Verstärkung der Tauwassergefahr führen	Auswirkung dieser Einflüsse	Maßnahmen zur Verbesserung der Situation
1. Nachträgliches Abdichten von Fenstern	die relative Luftfeuchtigkeit in der Wohnung steigt an, während die Temperaturverhältnisse nahezu gleich bleiben	ausreichende Lüftung, evtl. mehrmals am Tag ca. 10 Minuten Stoßlüftung; Raumlufttemperatur korrigieren, evtl. anheben
2. Reduziertes, falsches Lüften	die rel. Luftfeuchtigkeit steigt an, der Luftaustausch ist nicht mehr ausreichend	ausreichende Lüftung, evtl. mehrmals am Tag ca. 10 Minuten Stoßlüftung; Raumlufttemperatur korrigieren, evtl. anheben
3. Absenken der Raumlufttemperatur	die Oberflächentemperaturen sinken, die rel. Luftfeuchtigkeit steigt an, wenn die „Feuchteproduktion" gleich bleibt	entsprechend heizen, damit Raumlufttemperatur wieder ansteigt
4. Großflächige Möbel an Außenwänden	die Oberflächentemperaturen der Wand sinken wegen der geringeren Konvektion der Luft an der Wandoberfläche und wegen der „raumseitigen Dämmwirkung" des Möbelstücks	Möbel möglichst nicht an Außenwände stellen oder Dämmung der Wand verbessern
5. Feuchteproduktion durch Waschen, Kochen, Blumengießen u. a.	zeitweilig starkes Ansteigen der relativen Luftfeuchtigkeit	durch Öffnen der Fenster für sofortiges Abführen der Feuchtigkeit sorgen. Dafür sorgen, daß die Feuchtigkeit nicht in andere Räume gelangt
6. Beheizung der Wohnung über die Küche bei geöffneten Türen (gilt auch für offene Grundrißgestaltung)	Anstieg der rel. Luftfeuchtigkeit, besonders in Räumen mit niedriger Lufttemperatur (z. B. Schlafzimmer)	Türen zu anderen Räumen schließen und die Räume selbst beheizen
7. Dichte Vorhänge vor dem Fenster	Oberflächentemperaturen sinken ab wegen Dämmwirkung der Luftschicht	z. B. Schlitze für Warmluft vom Heizkörper in Fensterbank schneiden, damit Oberflächentemperaturen ansteigen
8. Nahezu diffusionsdichte Wandoberflächen (z. B. Folientapete)	die Wand als Puffer zur Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe entfällt. Deshalb größere Schwankungen der rel. Luftfeuchtigkeit	feuchtigkeitsspeichernde Materialien wie Gips, Mauerwerk, Putz, Holz einsetzen
9. Zu geringe Wärmedämmung der Außenwand	raumseitige Oberflächentemperatur sinkt ab	Dämmung der Wand verbessern
10. Wärmebrücken	absinken der raumseitigen Oberflächentemperatur im Bereich der Wärmebrücken	nachträgliches Dämmen der Wärmebrücken; besser: durch richtige Konstruktion und Bauausführung Wärmebrücken vermeiden
11. Baufeuchtigkeit im Neubau	ständige Abgabe von Feuchtigkeit und dadurch Anstieg der relativen Luftfeuchtigkeit	für ausreichende und sachgemäße Bauaustrocknung sorgen; verstärkte Lüftung und Heizung im 1. Winter
12. Einbau neuer, dichterer Fenster	die relative Luftfeuchtigkeit in der Wohnung steigt an, während die Temperaturverhältnisse nahezu gleich bleiben	ausreichende Lüftung, evtl. mehrmals am Tag ca. 10 Minuten Stoßlüftung; Raumlufttemperatur korrigieren, evtl. anheben
13. Fensterbank überdeckt Heizkörper, so daß warme Luft nicht direkt in den Fensterbereich gelangt	absinken die Oberflächentemperatur	z. B. Schlitze für Warmluft vom Heizkörper in Fensterbank schneiden, damit Oberflächentemperaturen ansteigen
14. Große Einbautiefe von Fenstern bei dickem Mauerwerk	Konvektion im Rahmenbereich verringert, damit sinken die Oberflächentemperaturen	Dämmung der Bauteile verbessern
15. Heizkörper nicht unter dem Fenster angeordnet	Oberflächentemperaturen sinken, da der Fensterbereich nicht erwärmt wird	Dämmung der Bauteile verbessern

- Je nach Nutzung und nach Menge der produzierten Feuchtigkeit ist es sinnvoll, den notwendigen Luftwechsel durch Dauerlüftung oder durch Stoßlüftung sicherzustellen.
- Um eine ausreichende Feuchtigkeitsabfuhr unter Berücksichtigung möglichst geringen Energieverbrauches und unter Gewährleistung der Behaglichkeit der Bewohner zu ermöglichen, wäre eine bessere Regulierungsmöglichkeit der Fensteröffnung – besonders bei der Kippstellung – empfehlenswert.
- Ein Feuchtigkeitstransport innerhalb der Wohnung in kältere Räume sollte weitgehend vermieden werden. Ist dies nicht möglich, sollte bei der Lüftung darauf Rücksicht genommen werden.

Richtiges und ausreichendes Lüften ist sicher der wichtigste Faktor zur Vermeidung von Feuchtigkeitsschäden. Darüber hinaus dürfen andere Einflüsse nicht vernachlässigt werden (Tabelle 6).

Literatur

[1] Hausladen, G.:
Wohnungslüftung. Untersuchung der verschiedenen Lüftungsarten bzw. Lüftungspraktiken unter hygienischen, bauphysikalischen und energetischen Gesichtspunkten.
Fortschrittberichte der VDI-Zeitschriften, Reihe 6, Nr. 73.
Düsseldorf: VDI-Verlag GmbH 1980

[2] Hauser, G.:
Einfluß der Lüftungsform auf die Lüftungswärmeverluste von Gebäuden.
Heizung Lüftung/Klimatechnik Haustechnik 30 (1979) Heft 7, Seite 263 bis 266

[3] VDI-Wärmeatlas; Berechnungsblätter für den Wärmedurchgang.
2., verbesserte und erweiterte Auflage.
Düsseldorf: VDI-Verlag GmbH 1974

[4] Daler, R.; Hirsch, E.; Haberda, F.; Knöbel, U.; Krüger, W.;
Bestandsaufnahme zur Ausführung von Einrichtungen zur freien Lüftung im Wohnungsbau (1982).
Abschlußbericht zum BMFT-Vorhaben 03E-5361-A, Teilprojekt 5110

[5] Künzel, H.:
Müssen Außenwände „atmungsfähig" sein?
Fenster und Fassade 7 (1980) Heft 4, Seite 100 bis 115

[6] Hartmann, H.-J.; Schmid, J.:
Sanierung von Fenstern.
Forschungsbericht des Instituts für Fenstertechnik e.V., Rosenheim 1982.
Gefördert durch: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Verkehr, München.

[7] Gertis, K.:
Grundlagen der Wohnungslüftung.
Sonnenenergie & Wärmepumpe 8 (1983) Heft 5, Seite 33 bis 36

[8] Gertis, K.; Soergel, C.:
Tauwasserbildung in Außenwandecken.
Deutsches Architektenblatt 15 (1983) Heft 10, Seite 1045 bis 1050

[9] Hirsch, E.; Schmid, J.; Sieberath, U.:
Abschätzung der Änderung der Undichtheiten an Fenstern durch den Einfluß der Zeit und durch Nutzung.
Forschungsbericht des Instituts für Fenstertechnik e.V., Rosenheim 1983.
Teilprojekt zum Forschungsprojekt „Feuerstätten im Wohnungsbau" (nicht veröffentlicht)