

Autor

Dipl.-Ing. Norbert Nadler

CSE Nadler, 16515 Oranienburg

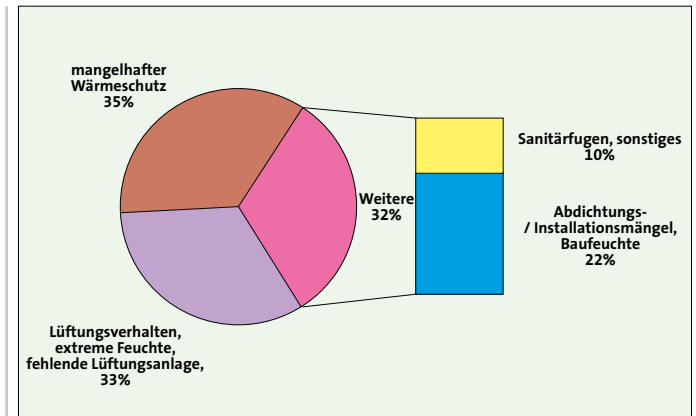


Bild 1: Ursachen für Schimmelpilzschäden bei hochwärmegedämmten Gebäuden nach [6]

Lüftungskomponenten nach DIN 1946–6

Mitteilungen aus der C.A.T.S.-Academy

Einerseits sollen nach den Bauvorschriften die Gebäude dicht ausgeführt werden, andererseits ist ein Mindestluftwechsel sicherzustellen. Die frühere Forderung, den Luftwechsel durch manuelles Fensteröffnen zu bewerkstelligen, wird nicht mehr akzeptiert.

Eine Lüftung muss nach DIN 1946–6 [1] nutzerunabhängig funktionieren, d.h. auch bei Abwesenheit der Nutzer. Für neu zu errichtende oder zu modernisierende Gebäude mit lüftungstechnisch relevanten Änderungen (z.B. Austausch der Fenster) ist ein Lüftungskonzept für jede Nutzungseinheit zu erstellen. Mit dem Lüftungskonzept wird überprüft, ob der Luftvolumenstrom über Undichtigkeiten der Gebäudehülle (Infiltration) größer ist, als der für den Feuchteschutz notwendige Luftwechsel. Ist das nicht der Fall, sind lüftungstechnische Maßnahmen notwendig, deren Bemessung hier behandelt wird.

Um das Nachströmen der Außenluft bei der mech. Entlüftung fensterloser Bäder und Toilettenräume sicherzustellen, verweist die DIN 18 017–3 [2] zur Bemessung der lüftungstechnischen Komponenten auf die DIN 1946–6.

Mit der DIN 1946–6 wird der Infiltrations- und der Auslegungsvolumenstrom für die verschiedenen lüftungstechnischen Maßnahmen ermittelt. Diese Volumenströme wirken sich auch auf die Berechnung der Lüftungsheizlast nach DIN EN 12 831 [4] aus und sind damit ein Thema für eine entsprechende Software. Mit dem C.A.T.S.-Wohnungslüftungsprogramm werden die erforderlichen Berechnungen durchgeführt. Die Software enthält Erweiterungen gegenüber der DIN 1946–6, die sich aus einer kritischen Betrachtung der Norm und aus der praktischen Anwendung ergeben haben. In diesem Aufsatz werden die notwendigen Erweiterungen begründet und die Lösungen vorgestellt.

Im §6 der EnEV 2009 wird gefordert, dass zu errichtende Gebäude dauerhaft luftundurchlässig abgedichtet sind und dass ein Mindestluftwechsel sichergestellt sein muss. Im Referenzgebäude der EnEV wird eine bedarfsgeführte zentrale Abluftanlage bereits vorausge-

setzt, da die EnEV davon ausgeht, dass die Lüftung über Fenster höher als der erforderliche Mindestluftwechsel ist. Eine Abluftanlage sieht die EnEV als bauphysikalisch sinnvoll an, schreibt sie aber nicht zwingend vor. Die Differenz im Energieverbrauch zwischen Fensterlüftung und Abluftanlage kann auch durch andere Maßnahmen, z.B. durch die Wärmedämmung, ausgeglichen werden. Interessant ist aber, dass nach den Vorstellungen der EnEV mit Fenster eher zu viel als zu wenig gelüftet wird.

Die DIN 1946–6 beschreibt auf 125 Seiten die Anforderungen an die Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung von Wohnungslüftungsanlagen. Außerdem gibt sie Hinweise auf die Abnahme und Instandhaltung solcher Anlagen. Unter Wohnungslüftungsanlagen werden hier technische Einrichtungen verstanden, welche die Außenluftzufuhr in wohnungsähnlichen Nutzungseinheiten mit freier Lüftung oder mit ventilatorgestützter Lüftung ermöglichen. Wohnungsähnliche Nutzungseinheiten sind z.B. Wohnheime, Altenheime, Appartements in Hotels. Darüber hinaus werden sie auch für die Belüftung von Klassenzimmern (Schullüftung) und von fensterlosen Bädern und Küchen eingesetzt.

Der Zweck der Außenluftzufuhr ist die Herstellung eines gesunden Raumklimas, bei dem keine Feuchte- bzw. Schimmelpilzschäden entstehen sowie die Sicherstellung einer Frischluftzufuhr für die Rauminsassen. Bisher wurde von den Bewohnern erwartet, dass sie durch entsprechendes Fensteröffnen diese Anforderungen selbst erfüllen. Aufgrund einiger Schäden kam es zu Rechtsstreitigkeiten zwischen Mieter und Vermieter. Dabei ging es regelmäßig darum, ob und wie oft die Fensterlüftung erfolgte. Aus Energiespargründen oder wegen berufsbedingter

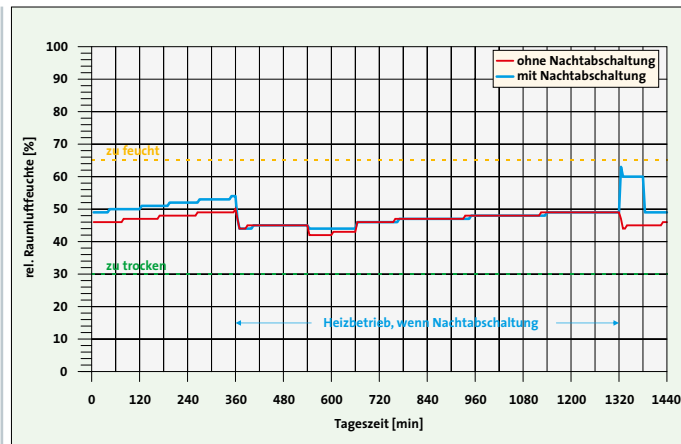


Bild 2a: Feuchte-Simulation mit dem C.A.T.S.-Kühllastprogramm
 (Rahmenbedingungen: Schlafzimmer in Wohnung nach EnEV 2007 gebaut mit 2 x 10 min Stoßlüftung am Tag (2 Personen, 2 Topfpflanzen, Wäschetrocknen, Feuchteproduktion: 888 g/Tag))

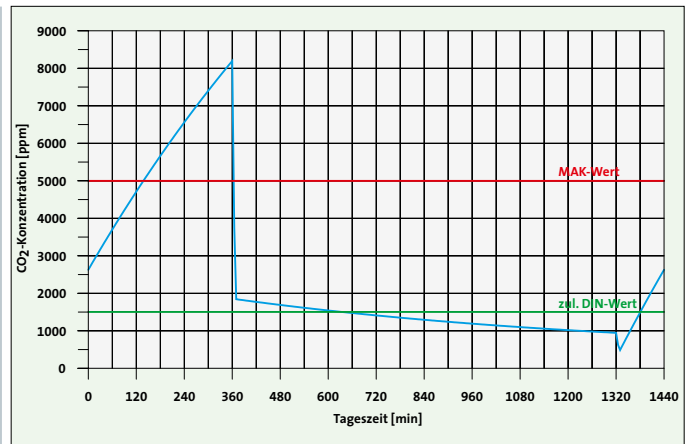


Bild 2b: CO₂-Simulation mit dem C.A.T.S.-Kühllastprogramm

Abwesenheit wurde die notwendige Lüftung zum Feuchteschutz unzureichend durchgeführt. Bei der zeitweiligen Abwesenheit der Bewohner ist zu bedenken, dass die Baukonstruktion und die Möblierung Feuchte speichert und sie auch während der Abwesenheit wieder an die Raumluft abgibt. Hinzu kommen noch permanente Feuchtequellen, wie z.B. Pflanzen oder Wäschetrocknen, die den ganzen Tag über die Raumluftfeuchte erhöhen. Der Normenausschuss kam daher zu dem Schluss, dass ein bestimmter Luftvolumenstrom nutzerunabhängig sichergestellt sein muss [1, Kap. 4.2.4]. Dadurch hat er auch einen Wandel in der Lüftungsverantwortung herbeigeführt.

Für die Dimensionierung der Lüftungstechnischen Maßnahmen gibt die DIN 1946-6 ein Berechnungsverfahren an, welches in diesem Beitrag näher betrachtet wird. Zur Berechnung existieren bereits kostenlose Herstellerprogramme, meist auf Excel-Basis. Der Funktionsumfang dieser Programme ist meist eingeschränkt – z.B. nur für ventilatorgestützte Lüftung – oder es wird jeweils eine Excel-Datei je Nutzungseinheit benötigt, wodurch die Ausgabe einer Stückliste erschwert wird. Die Norm ist auch bei Sanierungen anzuwenden, wenn z.B. in einem Mehrfamilienhaus mehr als 1/3 der Fenster ausgetauscht werden. Wenn es um den Feuchteschutz geht, müsste sich dieses Kriterium eigentlich auf die Nutzungseinheit und nicht auf das gesamte Gebäude beziehen. Sollten Lüftungstechnische Maßnahmen erforderlich werden, könnte

das aus Kostengründen eine energetische Sanierung verhindern. Außerdem erhält die Fassade durch eventuell zusätzliche Außenluftdurchlässe nicht gerade ein besseres Aussehen. Die Ingenieurbüros treffen daher bei Architekten und Bauherren auf große Widerstände, was die Akzeptanz zum Einbau Lüftungstechnischer Maßnahmen betrifft.

Schadenssituation

In einer der Norm vorausgehenden repräsentativen Studie ([5], Ergebnisse auch veröffentlicht in [8, Kap. II/6]) wurde durch Auswertung von Befragungen, die von trainierten Bezirksschornsteinfegermeistern im Jahr 2000 in 5530 Wohnungen durchgeführt wurden, festgestellt, dass es in Deutschland in 14,2 % der Wohnungen Lüftungsrelevante Feuchteschäden und in 6,0 % einen Lüftungsrelevanten Schimmelpilzbefall gibt (Tabelle 1 linker Teil).

Ein Lüftungsrelevanter Schaden bedeutet, dass ein Zusammenhang der Lüftungs- und der an den Wärmeschutz des Gebäudes gekoppelte Beheizungssituation mit den daraus resultierenden niedrigen Raumtemperaturen besteht. Schäden durch Leitungswasser, Regenwasser oder aufsteigende Feuchte sind ausgeschlossen. Eingeschlossen sind allerdings auch Schäden, die durch Wärmebrücken verursacht wurden. Das heißt, dass die Gebäude an den betroffenen Bereichen wärmeschutztechnisch nicht mangelfrei erstellt waren. Die Absenkung der Ober-

Tabelle 1: Schadensbelastung von Wohnungen nach Baujahr und Lüftungsmöglichkeit nach [5] und [6]

	Studie 2003		Studie 2007							
	Alle		Baujahr < 1995		Baujahr > 1995				davon	
								ohne zusätzliche Lüftung	mit zusätzlicher Lüftung	
gesamt	5530	100 %	5262	92,5 %	268	4,8 %	173	64,6 %	95	35,4 %
Feuchteschäden insgesamt	1213	21,9 %								
Lüftungs- und baulich bedingte Schäden aller Art	787	14,2 %	752	14,3 %	35	13,1 %	19	54,3 %	16	45,7 %
Lüftungs- und baulich bedingte Schimmelpilzschäden (ohne Sanitärfugen)	333	6,0 %	317	6,0 %	16	6,0 %	7	43,8 %	9	56,3 %
ohne zusätzliche Lüftung:	nur Fensterlüftung									
mit zusätzlicher Lüftung:	Fensterlüftung + Lüftungstechnische Maßnahme									
Lüftungs- und baulich bedingte Schäden	nicht durch Leitungswasser, Regenwasser oder aufsteigende Feuchte verursacht Können aber Wärmeschutzmängel an Wärmebrücken enthalten!									

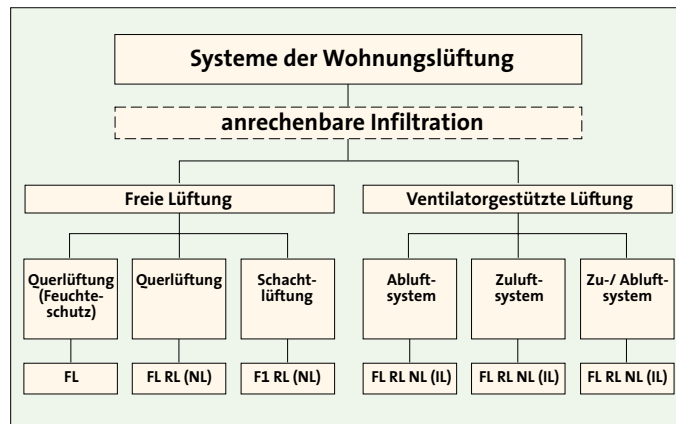


Bild 3: Systeme der Wohnungslüftung mit Lüftungsstufen nach DIN 1946-6 (..) empfohlene Lüftungsstufe

flächentemperatur kann dann auch bei normalen raumklimatischen Bedingungen zum Schimmelpilzwachstum führen. Jedoch können bauliche Mängel nicht auf ein fehlerhaftes Bewohnerverhalten oder fehlende Lüftungstechnik in den Wohnungen zurückgeführt werden. Als hohe Risikofaktoren erwiesen sich das Vorhandensein von Außenwändecken, Mietwohnung im Vergleich zur Eigentumswohnung, Feuchteintrag und nur durchschnittliche bzw. unzureichende Fensterlüftung. Widersprüchlich war aber auch die Feststellung, dass Fenster mit umlaufender Dichtung das Risiko für einen Schaden verringern. Den höchsten Risikofaktor mit 2,0 wies die Mietwohnung auf. Die Raumluftfeuchte ist ein geeigneter Messwert zur Beschreibung des Schadensrisikos. Die Differenz zwischen der absoluten Feuchte im Raum und außen ist in den Wohnungen mit Schaden um rund 1 g/kg höher als in denen ohne Schaden. Leider weist die Studie keinen Zusammenhang zum Gebäudebaujahr aus. Hier wäre evtl. die Korrelation zwischen zunehmender Gebäudedichtheit aufgrund der gesetzlichen Bauvorschriften und den Schadensfällen erkennbar gewesen. Interessant wäre auch, das hohe Risiko bei Mietwohnungen und die Risikoverringerung bei dicht schließendem Fenster näher zu untersuchen, bevor man einen Wechsel der Lüftungsverantwortung festschreibt.

Eine weitere im statistischen Sinne nicht repräsentative Studie [6] aus dem Jahr 2007 liefert differenziertere Ergebnisse. Hierbei erfolgten die Befragungen durch öffentlich bestellte und vereidigte (ö.b.u.v.) Sachverständige (Bild 1). Die Studie stellt fest, dass sich ca. 1/3 der beschriebenen Schadensfälle auf Wärmebrücken zurückführen lassen. Ein weiteres Drittel der Schäden ist nach der Beurteilung der Sachverständigen lüftungsbedingt. Das letzte Drittel der Fälle wird auf andere bautechnische Ursachen wie Abdichtungs- und Installationsmängel, Baufeuchte sowie auf Schäden ausschließlich im Bereich von Sanitär-

fugen zurückgeführt. Beim Vergleich der Eigentumsverhältnisse ist auch aufgefallen, dass in vermieteten Wohnungen mehr Schimmelpilzschäden (89,4 %) auf mangelhafte Lüftung zurückgeführt werden als in selbstgenutzten Eigentumswohnungen (10,6 %).

Die erstgenannte Studie [5] wurde 2007 daraufhin noch einmal überarbeitet und auch in [6] veröffentlicht (Tabelle 1, rechter Teil). Nunmehr wurde unterschieden in Gebäudebaujahren vor und nach 1995, da sich erst mit der WSVo 1995 die Dichtheitsanforderungen geändert haben. Es hat sich in dieser Überarbeitung gezeigt, dass es **nicht** zu vermehrten Schimmelpilzschäden in dicht gebauten Gebäuden kommt. Eher ist das Gegenteil der Fall: Nach der Untersuchung sinkt der Anteil der mit Schimmelpilzschäden belasteten Wohnungen um rund 1 % in Gebäuden nach 1995. In jedem Fall wird die nahe liegende Annahme, dass der Einbau von Lüftungsanlagen in dichten Gebäuden das Schimmelpilzrisiko deutlich verringert, durch die Studie **nicht** bestätigt.

Das Ergebnis, dass die tatsächlich lüftungsbedingten Schäden weit unter 14 % liegen, bestätigt auch eine erst kürzlich erschienene Veröffentlichung des statistischen Bundesamtes für die Jahre 2005 bis 2008 [7]. Danach lebten 14 % der Bevölkerung Deutschlands im Jahr 2008 nach eigener Einschätzung in Wohnungen oder Häusern mit Feuchtigkeitsschäden. Auch hier zählen zu den Feuchtigkeitsschäden undichte Dächer, feuchte Wände und Fundamente sowie Fäulnis in Fensterrahmen und Fußböden. Lüftungsbedingt sind daher wesentlich weniger Feuchtigkeitsschäden zu erwarten als in der der DIN 1946-6 vorausgehenden Studie. Eher wahrscheinlich ist gemäß [6] eine Schadensquote von ca. 5 %. Der Schimmelpilzbefall dürfte noch darunter liegen. Die Frage, ob das Ausmaß der Schadensfälle ausreichend ist, um die Notwendigkeit lüftungstechnischer Maßnahmen zu begründen, muss sich der Leser selbst beantworten. Als Vergleich für die Verhältnismäßigkeit kann dazu der „Zweite DEKRA-Bericht zu Baumängeln an Wohngebäuden“ aus dem Jahr 2008 dienen. Hier wurde festgestellt, dass durchschnittlich 32 Mängel je Projekt auftreten. Die durchschnittliche Anzahl festgestellter Mängel hat von 2003 bis 2007 um 102 % zugenommen. Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass lüftungstechnische Maßnahmen keineswegs zwingend erforderlich sind, um das Schimmelproblem innerhalb der bisher üblichen Grenzen zu halten.

Rechtliche Situation

Eine genaue Festlegung über den Mindestluftwechsel gibt die EnEV 2009 in ihrem §6 Abs. (2) nicht vor. Die Existenz der technischen Regelwerke (hier die DIN 1946-6) begründet aber i.d.R. die Vermutung, dass der danach erforderliche Luftwechsel, den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht. Somit ist der Planer gehalten, sich mit dieser Norm auseinander zu setzen.

Normenausschuss

Für den Entwurf der DIN 1946-6 aus dem Jahre 2006 gingen ca. 1000

Tabelle 2: Lüftungsstufen der DIN 1946-6 mit Beispiel

Lüftung zum Feuchteschutz FL notwendige Lüftung zur Sicherstellung des Bautenschutzes (Feuchte) unter üblichen Nutzungsbedingungen bei teilweise reduzierten Feuchtelasten. Z.B. zeitweilige Abwesenheit der Nutzer und kein Wäschetrocknen in der NE.	NE 70 m ³ /h, modernisiert: 30 m ³ /h 0,17 h ⁻¹
Reduzierte Lüftung RL notwendige Lüftung zur Sicherstellung der hygienischen Mindestanforderungen sowie des Bautenschutzes (Feuchte) unter üblichen Nutzungsbedingungen bei teilweise reduzierten Feuchte- und Stofflasten. Z.B. infolge zeitweiliger Abwesenheit von Nutzern.	65 m ³ /h 0,37 h ⁻¹
Nennlüftung NL notwendige Lüftung zur Sicherstellung der hygienischen Anforderungen sowie des Bautenschutzes bei Anwesenheit der Nutzer (Normalbetrieb)	95 m ³ /h 0,54 h ⁻¹
Intensivlüftung IL zeitweilig notwendige Lüftung mit erhöhtem Luftvolumenstrom zum Abbau von Lastspitzen (Lastbetrieb). Kann auch durch Fensterlüften realisiert werden.	125 m ³ /h 0,71 h ⁻¹

Einsprüche ein. Vermutlich war das einer der Gründe für die lange Umsetzungszeit bis zum Weißdruck im Jahre 2009. Die Abstimmung über eine Norm erfolgt heute über so genannte „interessierte Kreise“, die ein geschlossenes Votum abgeben müssen. Bei der Verabschiedung der jetzt gültigen Fassung waren zwei Vertreter aus öffentliche Einrichtungen dabei. Ein Vertreter der zuständigen Länder gab keine Zustimmung zur Norm mit der Begründung, dass der überarbeitete Entwurf mit dem ursprünglichen Entwurf nichts mehr gemein hat (ca. 1000 Einsprüche sind doch nicht nur redaktionell zu behandeln, außerdem wurde der Teil der DIN 18017 wieder herausgenommen), so dass erst ein 2. Entwurf erscheinen müsste. Der andere Vertreter des Bundes hat sich enthalten, da diese Entscheidung Sache der Länder und nicht des Bundes ist. Das DIN hat die Entscheidung dieses „interessierten Kreises“ als Enthaltung gewertet, wodurch letztlich die DIN 1946–6 verabschiedet wurde. Das DIN entscheidet somit neuerdings über die verfassungsgemäß aufgeteilten Zuständigkeiten von Bund und Ländern. Weiterhin ist bemerkenswert, dass ein Bauphysiker im Normenausschuss weder dabei war, noch die zuständigen Arbeitsausschüsse beim DIN konsultiert wurden, obwohl es hier auch um Bautenschutz geht.

Haftungsrisiken

Im Internet findet man eine Reihe von Fachaufsätzen, die sich mit den rechtlichen Konsequenzen beschäftigen, wenn vom Planer, Bauausführenden oder Verwalter des Gebäudes keine Lüftungstechnische Maßnahme ergriffen wird, um den notwendigen Außenluftwechsel zu ermöglichen. Der Bundesverband für Wohnungslüftung e. V. (VfW) hat sogar ein Rechtsgutachten mit dem Thema „Haftungsrisiko für Wohngebäude ohne Lüftungsanlage im Neubau und Bestand“ erstellen lassen. In einem Seminar eines Herstellers wurde behauptet, dass es schon „massenhaft“ Gerichtsurteile zu diesem Thema gibt. Eine Internet-Recherche konnte das aber nicht bestätigen. Rechtsanwalt Helge Winzen weist darauf hin, dass der Mieter das Recht zur fristlosen Kündigung bei einem Gesundheitsrisiko in Aufenthaltsräumen hat. Aus der Garantiepflicht des Vermieters (§ 536a BGB) lässt sich eine Schadensersatzpflicht für eventuelle Schäden (auch Kosten einer Heilbehandlung von Angehörigen des Mieters) ableiten. Es dürfte klar sein, dass der Vermieter den Planer in Regress

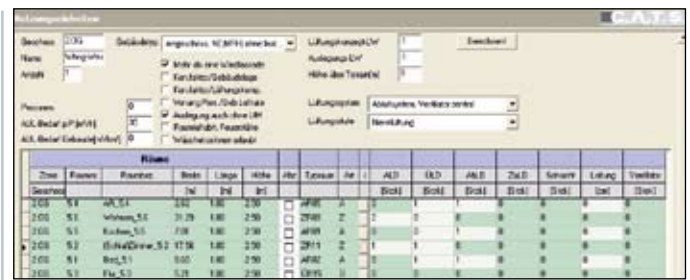


Bild 4: Eingabemaske aus der C.A.T.S.-Wohnungslüftung für die Daten der Nutzungseinheit

nehmen wird (Streitverkündung), da dieser eine umfassende Beratungs- und Hinweispflicht als vertragliche Nebenpflicht hat. Dem Planer ist daher bei Widerspruch des Auftraggebers zum Einbau Lüftungstechnischer Maßnahmen anzuraten, eine schriftliche Haftungsfreistellung anzufordern. Da es hier auch um gesundheitliche Belange geht, ist eine Haftungsfreistellung jedoch rechtlich problematisch und hängt auch von der fachlichen Qualifikation des Auftraggebers ab.

Fensterlüftung ausreichend?

Aus den Schriften einiger Sachverständige und Rechtsanwälte geht hervor, dass dem Mieter nicht zugemutet werden kann, über den Tag verteilt mehrfach zu lüften, nur um auf diese Weise einen Mangel der Bausubstanz auszugleichen und Schimmel zu vermeiden. Aufgrund dieser Aussage fordert die DIN 1946–6 im Abschnitt 4.2.4 eine „nutzerunabhängige“ Lüftung, wodurch sich die Verantwortlichkeit auf die Fachleute verschiebt, bei denen dann ein langjähriges Haftungsrisiko für einen eventuellen Schaden verbleibt.

Betrachtet man den Nachweis dieser Aussage näher, so stellt man z.B. in [10] fest, wie sich das „mehrfache“ Lüften errechnet. Westfeld und Lucenti gehen von einem täglichen Feuchteanfall von 8000 g in einer 100 m² großen Wohnung aus. Dann wird mit Hilfe des h,x-Diagramms errechnet, wie viel Feuchte bei einem Lüftungsvorgang maximal abgeführt werden kann. Daraus ergibt sich, dass zwölf Lüftungsintervalle à 10 Minuten im Abstand von ca. 2 h (auch nachts!) notwendig sind, um täglich 8000 g Feuchte abzuführen. Hier wurde also die gesamte am Tag anfallende Feuchte gleichmäßig auf 24 h verteilt, wodurch sich die mehrfach notwendige Lüftung begründet. In den meisten doch sehr unterschiedlichen Gerichtsurteilen zur zumutbaren Fensterlüftung kann jedoch die täglich zweimalige Stoßlüftung bei einem berufstätigen Menschen erwartet werden. Auch das Lüften kurz nach einem größeren Feuchteanfall, z.B. nach dem Duschen oder morgens nach dem Aufstehen, kann nach Meinung des Autors vorausgesetzt werden. Nach einer Untersuchung in [8, Kap. III/1.3] ist das im Normalfall auch ausreichend. Hier wurde mit Hilfe des instationären Berechnungsprogramms für den Wärme- und Feuchtetransport „WUFI Plus“ sowie dem biohygrothermischen Simulationsmodell „WUFI Bio“ der notwendige Außenluftwechsel ermittelt, damit in den Außenwandecken (kritischste Stelle) einer 3-Zimmer-Wohnung mit 82 m² kein Schimmelpilzwachstum auftritt.

Die Untersuchung berücksichtigt auch die Wärmedämmung der Außenwände, den zeitlich veränderlichen Feuchteanfall, Raum für Raum getrennt betrachtet und den damit verbundenen Zeitpunkt der Stoßlüftung, was von den Sachverständigen bei der Berechnung der notwendigen Lüftungsintervalle nicht berücksichtigt wurde. Die tägliche Gesamtfeuchtesumme wurde mit 6740 g angenommen bzw. 9315 g, wenn auch Wäschetrocknen berücksichtigt wird. Nur die Feuchteabgabe der Topfpflanzen und des Wäschetrocknens wurden über den Tag gleichmäßig verteilt. Das Ergebnis von „WUFI Plus“ konnte mit der neuen Version des C.A.T.S.-Kühllastprogrammes anhand der

Tabelle 3: Zuordnung der minimalen Lüftungsstufen nach DIN 1946–6 und DIN 18017–3 zu den Lüftungssystemen in der C.A.T.S.-Wohnungslüftung

Nr.	Lüftungssystem	Anordnung Lüftungsgerät/ Ventilator	minimale Lüftungsstufe
Freie Lüftung			
1	Querlüftung (Feuchteschutz)	–	FL
2	Querlüftung	–	RL
3	Schachtlüftung	–	RL
Ventilatorgestützte Lüftung			
4	Abluftsystem	Dezentral	NL
5		Zentral	NL
6	Zuluftsystem	Dezentral	NL
7		Zentral	NL
8	Zu-/Abluftsystem ausgeglichen	Dezentral	NL
9		Zentral	NL
10	Einzelraum-Lüftungsgeräte mit Zu- und Abluft	Dezentral	RL
11	Abluftsystem nach DIN 18017–3	Dezentral	40 bzw. 60 m ³ /h
12		Zentral	

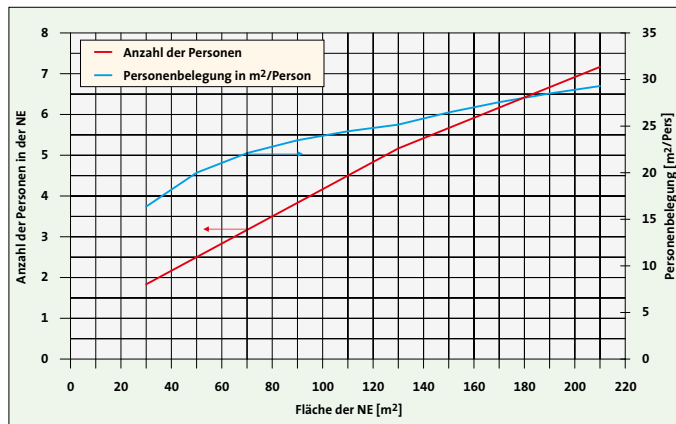


Bild 5: Angenommene Personenanzahl in der NE (berechnet aus DIN 1946-6 Tab. 5)

implementierten vereinfachten Feuchtesimulation im Minutentakt nachvollzogen werden. Im Bild 2a ergibt sich die obere zulässige Grenze aus den Anforderungen des DIN Fachberichtes 4108-8 [11]. Man erkennt in Bild 2a, dass die Raumlufttemperatur einen erheblichen Einfluss haben kann. Beim Betrieb mit Nachtabschaltung ist beim morgendlichen Lüften die Heizung in Betrieb. Die Soll-Temperatur kann daher weitestgehend gehalten werden. Dagegen ist beim abendlichen Lüften die Heizung schon außer Betrieb, wodurch die relative Luftfeuchte aufgrund der sofort abfallenden Raumlufttemperatur ansteigt. Insgesamt bleibt aber in diesem Beispiel die relative Luftfeuchte im zulässigen Bereich. Bei ungeheizten Räumen, höherer Feuchtebelastung oder geringerer Wärmedämmung muss das nicht der Fall sein, wie sich aus verschiedenen Testberechnungen ergeben hat. Ein weiterer Aspekt bei der Lüftung von Schlafzimmern ist der CO₂-Anstieg, der in Bild 2b bis auf ca. 8000 ppm ansteigt. Das ist aber nicht mehr eine Frage des Bautenschutzes, sondern vielmehr eine Frage des Komforts, der mit dem Bauherrn zu vereinbaren wäre. Auch das Ergebnis der Untersuchung in [8, Kap. III/1.3] zeigt, dass bei guter Wärmedämmung einmaliges Stoßlüften (ohne Wäschetrocknen) bzw. dreimaliges Stoßlüften (mit Wäschetrocknen) ausreichend ist. Nur für den Fall „schlechte Wärmedämmung mit neuen Fenstern“ müssen mindestens dreimal täglich die Fenster eine Stunde lang geöffnet werden, was wohl nicht mehr zumutbar sein dürfte.

Begriffe

Zum besseren Verständnis werden einige Begriffe aus der DIN 1946-6 erläutert.

Nutzungseinheit NE

Eine Nutzungseinheit ist eine Wohnung, Einfamilienhaus oder vergleichbare andere ein- oder mehrgeschossige Raumgruppe. Weitere Beispiele sind: Hotelzimmer, Wohneinheit in einem Alters- oder Stu-

dentenwohnheim usw. Die Nutzungseinheit zeichnet sich durch eine weitgehend luftdicht abgeschlossene Einheit aus.

Lüftungsstufen

In der Norm werden vier Lüftungsstufen des Volumenstromes definiert, die unterschiedliche (gesteigerte) Aufgaben haben (Tabelle 2). Zu beachten ist, dass die Lüftungsstufe FL nicht ausreicht, um die Feuchteabgabe durch Wäschetrocknen abzuführen. Ist kein gesonderter elektrischer Wäschetrockneranschluss in der NE mit Wasserablauf vorhanden, sollte die Lüftungsstufe RL gewählt werden. Das setzt natürlich voraus, dass der Mieter auch einen Wäschetrockner benutzt. In Hotelzimmern und Wohnheimen könnte evtl. ein Wäschetrocknen ausgeschlossen sein. Der Planer muss hier entsprechende Informationen beim Bauherrn einholen.

Lüftungssysteme

Aus Bild 3 gehen die verschiedenen Lüftungssysteme hervor. Prinzipiell wird zwischen freier Lüftung und ventilatorgestützter Lüftung unterschieden.

Freie Lüftung:

Bei der freien Lüftung der Nutzungseinheit wird zwischen Querlüftung und Schachtlüftung unterschieden. Die Querlüftung wird durch Öffnungen (Außenluftdurchlässe ALD's) in der Fassade und Überströmungsluftdurchlässe ÜLD's in der Innentür bzw. in der Innenwand realisiert. Je nach Anströmung des Gebäudes fungieren die Einrichtungen durch die Querströmung in der Nutzungseinheit als Zuluft- oder Abluftöffnungen. Querlüftung (Feuchteschutz) soll nur die Anforderungen an den Feuchteschutz (ohne Wäschetrocknen in der NE) erfüllen. Die Hauptantriebskraft der Querlüftung ist der Wind.

Die Schachtlüftung, bei der noch Auftriebskräfte für die Durchlüftung wirksam werden, wird heute nicht mehr gebaut. In der Norm ist sie dennoch aufgenommen, um sie evtl. bei der Sanierung alter Gebäude zu nutzen (beachte Brandschutz!). Außerdem kann sie gem. Fußnote in [1, Tab. 8] auch für die Auslegung von Lüftungsschächten zur Abluftführung in Verbindung mit Zuluftsystemen verwendet werden. Die zusätzliche lüftungstechnische Bemessungskomponente ist hier der Schacht selbst.

Ventilatorgestützte Lüftung:

Hier sorgen mechanisch erzeugte Druckdifferenzen für die nötige Durchlüftung. Die ventilatorgestützte Lüftung kann durch ein reines Abluft- oder Zuluftsystem erfolgen, aber auch durch die Kombination von Zu-/Abluftsystem. Mit der ventilatorgestützten Lüftung lässt sich eine bedarfsgeführte Lüftung mit CO₂- oder Feuchtesensoren leichter bewerkstelligen. ALD's und ÜLD's sind auch hier die technischen Einrichtungen innerhalb der NE. Die zusätzlichen lüftungstechnischen Bemessungskomponenten stellen der Ventilator bzw. der Abluftdurchlass (AbLD), Zuluftdurchlass (ZuLD) und die Leitung (Kanal) dar. Das Abluftsystem dürfte das gängigste System sein, da hierfür nur ein Abluftkanal benötigt wird. Die Zuluft strömt in den Zuluftäu-

Tabelle 4: Mindestwerte der Gesamt-Außenluftvolumenströme in m³/h (einschl. Infiltration) für die Nutzungseinheit nach DIN 1946-6

Fläche der NE in m ²	30	50	70	90	110	130	150	170	190	210
Lüftung zum Feuchteschutz Wärmeschutz hoch	15	25	30	35	40	45	50	55	60	65
Lüftung zum Feuchteschutz Wärmeschutz gering	20	30	40	45	55	60	70	75	80	85
Reduzierte Lüftung	40	55	65	80	95	105	120	130	140	150
Nennlüftung	55	75	95	115	135	155	170	185	200	215
Intensivlüftung	70	100	125	150	175	200	220	245	265	285

men über die Außenluftdurchlässe und in den Ablufträumen über die Überströmluftdurchlässe ein.

Das Zuluftsystem wird von Bauphysikern nicht empfohlen, da mit dem Überdruck im Raum die Feuchte in die Baukonstruktion gedrückt wird und dort nach Abkühlung und Kondensation (Vereisung) zu Schäden führen kann.

Mit dem kombinierten Zu- und Abluftsystem ist eine Wärmerückgewinnung leicht realisierbar, benötigt aber zusätzliche Kanäle. Mit der Wärmerückgewinnung kann der Lüftungswärmebedarf des Gebäudes durch Außenluftvorwärmung, z.B. durch Erdwärmetauscher, reduziert werden.

Tabelle 3 zeigt, wie die Lüftungsstufen aus Tabelle 2 den einzelnen Lüftungssystemen zugeordnet werden. Im C.A.T.S.-Wohnungslüftungssystem wurden die in der DIN 1946-6 behandelten Lüftungssysteme um ein Abluftsystem nach DIN 18017-3 ergänzt. Bei diesen zwölf verschiedenen Lüftungssystemen muss noch zwischen Zu- und Ablufttraum unterschieden werden (ausgenommen Nr. 10). Dadurch

Tabelle 5: Gesamt-Abluftvolumenströme in m³/h (einschl. Infiltration) bei ventilatorgestützter Lüftung einzelner Räume nach DIN 1946-6

Raum	Nennlüftung NL
Hausarbeitsraum	25
Flur (wenn notwendig)	
beheizter Kellerraum, Hobbyraum ^a	
WC ^c	45
Küche, Kochnische ^b	
Bad mit/ohne WC ^c	
Duschraum ^c	
Sauna, Fitnessraum	100
Räume bei deren Nutzungen erhöhte Feuchte- bzw. Stofflasten verursacht werden, sind gesondert zu behandeln.	
a	beheizt
b	fensterlose Küchen nur nach Bauaufsichtliche Richtlinie (200 m³/h)
c	fensterlose Bäder und WC-Räume nach DIN 18017-3

Tabelle 6: Definitionen der Lüftungstechnischen Komponenten

Abkürzung	Bedeutung
ALD	Außenluftdurchlass Es dürfen nur manuell einstellbare und verschließbare oder über eine geeignete Führungsgröße (Differenzdruck oder rel. Raumluftfeuchte) selbsttätig regelnde Außenluftdurchlässe verwendet werden. Können auch aus im Fenster integrierte Fensterfalz-Lüfter bestehen. Probleme evtl. mit Schallübertragung von außen, Zugluftisiko und Optik.
ÜLD	Überströmluftdurchlass In Türen oder Trennwänden einzubauen. Als Türunterschnitt oder mit schalldämpfenden Elementen (teuer). In Duschen und Bädern über den Türsturz einbauen.
AbLD	Abluftdurchlass Unverschließbare oder selbstregelnde Abluftgitter.
ZuLD	Zuluftdurchlass
Schacht	Lüftungsschacht
Leitung	Lüftungsleitung
Ventilator	Ventilator Zentral oder dezentral angeordnet. Probleme evtl. mit Geräuschen und Stromverbrauch.

Bild 6: Eingabemaske aus der C.A.T.S.-Wohnungslüftung für die Raumtypen

ergeben sich insgesamt 23 verschiedene Konfigurationen, denen die Lüftungstechnische Komponenten zuzuordnen sind. Leider ist eine solche Zuordnung in der DIN 1946-6 nur ansatzweise enthalten, was die Programmierung erschwert.

Die DIN 1946-6 dürfte nur die Lüftungsstufe FL (bzw. RL bei Wäschetrocknen) als Anforderung an den Bautenschutz vorschreiben. Darüber hinaus gehende Lüftungsstufen betreffen den Komfort und sind mit dem Bauherrn zu vereinbaren, wie seit Jahren in der DIN EN 12 831 praktiziert. In der C.A.T.S.-Wohnungslüftung ist daher die Lüftungsstufe frei wählbar (Bild 4).

Gesamt-Außenluftvolumenströme

Unter Gesamt-Außenluftvolumenströme werden Volumenströme einschließlich der Infiltration verstanden. Den Lüftungsstufen sind Außenluftvolumenströme für die gesamte Nutzungseinheit gem. Tabelle 4 zugeordnet. Für die Nennlüftung ging man dabei von einer Personenluftfrate von 30 m³/(h Person) aus. Im Bild 5 ist daher noch die Anzahl Personen angegeben, die den Flächen der Nutzungseinheit zugrunde liegen. Sollte die NE von mehr Personen bewohnt werden, hat man hier Anhaltswerte für die Aufrundung. Dabei kann die Personenluftfrate bis auf 20 m³/(h Person) verringert werden.

In der C.A.T.S.-Wohnungslüftung ist darüber hinaus eine Eingabe für die Außenluftfrate des Gebäudes, z.B. nach DIN EN 15 251, vorgesehen (Bild 4). Damit könnten auch kombinierte Wohn- und Geschäftshäuser, z.B. Wohnungen und Arztpraxen oder Notariate in einem Gebäude, an eine gemeinsame Anlage angeschlossen werden.

Zu beachten ist, dass in die Fläche der Nutzungseinheit auch die Flure (Überströmräume) eingehen, die normalerweise keine Lüftungstechnische Maßnahme erhalten. Die Flächengröße ist aus lichten Raumabmessungen zu berechnen. Bei der grafischen Raumerfassung im C.A.T.S.-Navigator mit Außen- bzw. Mittelmaßen, z.B. für die Heizlast, werden die lichten Maße automatisch anhand der Wanddicke errechnet.

Die ersten beiden Zeilen der Tabelle 4 werden für das Lüftungskonzept verwendet. Die Unterscheidung zwischen „Wärmeschutz gering“ und „Wärmeschutz hoch“ richtet sich nach der Wärmedämmung vor und nach der WSWO 1995. Die höheren Wärmeschutzanforderungen nach der EnEV haben somit keinen Einfluss, obwohl dies eindeutig aus dem DIN-Fachbericht 4108-8 [11] hervorgeht.

Bei Tabelle 4 muss man davon ausgehen, dass ein Raumluftverbund über offene Türen in der NE besteht. Das dürfte für Toilettenräume und ungeheizte Nebenräume, z.B. Schlafzimmer, selten der Fall sein. Somit berücksichtigt die Tabelle 4 nicht die überdurchschnittliche Feuchtebelastung einiger Räume in der NE. Eine Verteilung der Feuchte auf die gesamte NE sollte durch gezieltes Fensteröffnen gleich nach dem Feuchteanfall sogar vermieden werden.

Daneben gibt es noch Anforderungen an einzelne Räume, die in Tabelle 5 beispielhaft für die Nennlüftung bei ventilatorgestützter Lüftung aufgeführt sind. Die anderen Lüftungsstufen errechnen sich aus der

Nennlüftung mit einem Faktor. Ähnliches gilt für die freie Lüftung (s. [1, Tab. 6]). Für fensterlose Küchen und Bäder gelten die Anforderungen der bauaufsichtlichen Richtlinie [3] bzw. der DIN 18 017–3 [2].

Die Angaben in Tabelle 5 sind unabhängig von der Personenanzahl im Raum und ob Wäschtrocknen zulässig ist oder nicht. In der C.A.T.S.-Wohnungslüftung kann daher der Anwender Raumtypen selber definieren, in denen die notwendigen Außenluftvolumenströme den Erfordernissen seines Planungsobjektes angepasst sind (s. Bild 6). Z.B. ist so auch die Berücksichtigung der Lüftungseffektivität möglich, die höhere Volumenströme erforderlich macht.

Die hier definierten Raumtypen werden in die Maske in Bild 4 nur mit einer Kurzbezeichnung eingetragen. Durch die typisierte freie Eingabe der Anforderungen können auch Räume mit Mischnutzung definiert werden, z. B. Wohn- und Esszimmer oder Bad mit Waschmaschine in einem Raumverbund.

Lüftungstechnische Komponenten

Für die in Tabelle 6 aufgeführten lüftungstechnischen Komponenten ist von der Software der Auslegungs-Volumenstrom zu berechnen. Beachtlich ist, dass der ALD verschleißbar sein muss. Das widerspricht zwar der Forderung nach einer nutzerunabhängigen Lüftung um Feuchteschäden zu vermeiden, könnte aber dafür vorgesehen sein, dass dadurch einzelne zeitweise unbenutzte Räume von der Lüftung ausgeschlossen werden können. Interessant wäre hier die Frage, ob durch die Verschleißbarkeit das Haftungsrisiko wieder auf den Mieter übergeht. Wird ein Fensterfalz-Lüfter nachträglich in ein Fenster eingebaut, entfällt eventuell die Gewährleistung für das Fenster. Eine nutzerunabhängige Lüftung, die Feuchteschäden vermeiden soll, setzt eine Mindestanforderung an den Ventilator voraus, die nicht unterschritten werden darf. D.h., der Ventilator muss durchlaufen können und mindestens den Volumenstrom zum Feuchteschutz (Lüftungsstufe FL bzw. RL) fördern. Eine Abschaltmöglichkeit für den Ventilator könnte wieder Fragen des Haftungsrisikos bei eventuellen Feuchteschäden aufwerfen.

Berechnung der Volumenströme

Auslegungsprinzip von Lüftungskomponenten

Zunächst soll hier das Grundprinzip der Volumenstromermittlung zur Auslegung der Lüftungskomponenten nach DIN 1946–6 dargestellt werden. Der Gesamt-Außenluftvolumenstrom ergibt sich aus einer Maximalwertbildung zwischen der Volumenstromanforderung an die gesamte Nutzungseinheit (Tabelle 4) und der Summe der Anforderungen an die einzelnen Ablufträume (z. B. nach Tabelle 5)

$$\dot{V}_{\text{ges}} = \max(\dot{V}_{\text{ges,NE}}, \sum_{\text{R,ab}} \dot{V}_{\text{ges,R,ab}}) \quad (1)$$

\dot{V}_{ges} Gesamt-Außenluftvolumenstrom für eine bestimmte Lüftungsstufe

\dot{V}_{ges} Volumenstromanforderung an die gesamte Nutzungseinheit nach [1, Tab. 5]

\dot{V}_{ges} Anforderung an einen Abluftraum nach [1, Tab. 6 oder 7]

Den Volumenstrom für die lüftungstechnische Maßnahme (besser für alle lüftungstechnischen Komponenten) in der Nutzungseinheit erhält man durch Anrechnung der wirksamen Infiltration $\dot{V}_{\text{Inf,wirk}}$

$$\dot{V}_{\text{LTM}} = \dot{V}_{\text{ges}} - \dot{V}_{\text{Inf,wirk}} \quad (2)$$

Danach erfolgt die Aufteilung auf die einzelnen Räume, wobei für die Zulufräume

$$\dot{V}_{\text{LTM,R,zu}} = \frac{f_{\text{R,zu}}}{\sum_{\text{R,zu}} f_{\text{R,zu}}} \cdot \dot{V}_{\text{LTM}} \quad (3)$$

$f_{\text{R,zu}}$ Faktor zur planmäßigen Aufteilung der Zuluftvolumenströme nach [1, Tab. 14]

gilt. Mit dem Faktor $f_{\text{R,zu}}$ kann die Aufteilung des Volumenstromes auf die einzelnen Zulufräume beeinflusst werden. Für die Ablufträume gilt

$$\dot{V}_{\text{LTM,R,ab}} = \frac{\dot{V}_{\text{ges,R,ab}}}{\sum_{\text{R,ab}} \dot{V}_{\text{ges,R,ab}}} \cdot \dot{V}_{\text{LTM}} \quad (4)$$

Mit den errechneten Volumenströmen und einer geeigneten Festlegung der Druckdifferenz Δp kann in den Herstellerunterlagen eine Größenbestimmung der lüftungstechnischen Komponenten erfolgen. Für Überströmungsdurchlässe wird z.B. ein $\Delta p \leq 1$ Pa empfohlen, damit die Luft nicht aus anderen inneren Leckagen strömt.

Infiltration

Es dürfte unstrittig sein, dass sich die Berechnung des Außenluftvolumenstromes aufgrund der Infiltration durch die lüftungstechnischen Maßnahmen gegenüber der Berechnung nach DIN EN 12831 [4] erheblich ändert. In der DIN 1946–6 erfolgt die neue Berechnung mit der Gleichung 5.

$$\dot{V}_{\text{Inf,wirk}} = f_{\text{wirk,Komp}} \cdot V_{\text{NE}} \cdot n_{50} \cdot \left(\frac{f_{\text{wirk,Lage}} \cdot \Delta p}{50} \right)^n \quad (5)$$

$\dot{V}_{\text{Inf,wirk}}$ wirksamer Außenluftvolumenstrom durch Infiltration über die restlichen Undichtigkeiten der Gebäudehülle in m^3/h

Tabelle 7: Infiltrationsvolumenströme für ein Wohn- und Geschäftshaus mit Abluftanlage nach DIN 18017–3

NE	n_{50} [1/h]	dp [Pa]	f _{sys} [-]	epsH [-]	epsA [-]	f _{wLage} [-]	ALD		ÜLD		AbLD		ZuLD	
							f _{wKomp} [-]	V _{Inf} [m ³ /h]	f _{wKomp} [-]	V _{Inf} [m ³ /h]	f _{wKomp} [-]	V _{Inf} [m ³ /h]	f _{wKomp} [-]	V _{Inf} [m ³ /h]
1. OG_Notariat	1,0	8	0,80	1,8	1,0	1,80	0,64	182	0,12	23	0,16	31	0,16	31
2. OG_West	1,0	8	0,8	1,8	1,0	1,80	0,64	73	0,12	9	0,16	12	0,16	12
2. OG_Nord	1,0	8	0,40	1,8	1,0	1,80	0,32	20	0,06	2	0,08	3	0,08	3
2. OG_Ost	1,0	8	0,80	1,8	1,0	1,80	0,64	74	0,12	9	0,16	12	0,16	12
3. OG_West	1,0	8	0,80	1,8	1,0	1,80	0,64	73	0,12	9	0,16	12	0,16	12
3. OG_Nord	1,0	8	0,40	1,8	1,0	1,80	0,32	20	0,06	2	0,08	3	0,08	3
3. OG_Ost	1,0	8	0,80	1,8	1,0	1,80	0,64	74	0,12	9	0,16	12	0,16	12
DG_West	1,0	8	0,80	1,8	1,0	1,80	0,64	65	0,12	8	0,16	11	0,16	11
DG_Ost	1,0	8	0,80	1,8	1,0	1,80	0,64	80	0,12	10	0,16	14	0,16	14

$f_{\text{wirk,Komp}}$	Korrekturfaktor für den wirksamen Infiltrationsluftanteil bei einer Lüftungskomponente
V_{NE}	Luftvolumen der Nutzungseinheit in m^3
n_{50}	Luftwechsel bei einem Differenzdruck zwischen innen und außen von $\Delta p = 50 \text{ Pa}$ in h^{-1}
$f_{\text{wirk,Lage}}$	Korrekturfaktor für den wirksamen Infiltrationsluftanteil in Abhängigkeit der Gebäudelage
Δp	Auslegungs-Differenzdruck in Pa
n	Druckexponent (i.d.R. $n = 2/3$)

Korrekturfaktor $f_{\text{wirk,Komp}}$

Der Faktor $f_{\text{wirk,Komp}}$ berücksichtigt die unterschiedliche Wirkung der einzelnen lüftungstechnischen Komponenten auf die Infiltration. Er kann nach [1, Tabelle 8] oder detaillierter nach [1, Anhang I] berechnet werden. Dabei sind Unterschiede von 0,15 bis 0,80 möglich. Das bedeutet, dass z.B. ein ALD einen anderen Infiltrationsvolumenstrom hat, als ein ÜLD, die ja beide auch in einem Raum eingesetzt werden könnten. Tabelle 7 stellt beispielhaft die Infiltrationsvolumenströme für die Nutzungseinheiten eines Gebäudes und für die verwendeten Komponenten zusammen. Man vergleiche hier z.B. die Spalte V_{Inf} für ALD und ÜLD. Der Unterschied ist bis zu 10fach.

Letztlich führt das dazu, dass auch die Auslegungsvolumenströme für unterschiedliche lüftungstechnische Komponenten innerhalb einer NE erheblich voneinander abweichen können.

Trotz schriftlicher Anfragen bei fünf Normausschussmitgliedern konnten diese Abweichungen nicht geklärt werden. Der Planer gerät dadurch in Erklärungsnot gegenüber dem Architekten und Bauherrn, der z.B. wissen möchte, warum sich die freien Querschnitte zwischen ALD und ÜLD so stark unterscheiden.

Es besteht daher Grund zu der Annahme, dass die Berechnung des Faktors $f_{\text{wirk,Komp}}$ nicht für die Kombination von lüftungstechnischen Komponenten innerhalb einer Nutzungseinheit gilt.

n_{50} -Wert

Der n_{50} -Wert ist eine auf das Gebäudevolumen bezogene Größe und ein Maß für die Gebäudedichtheit. Er wird mit einer Blower-Door-Messung (bei abgedichteten Komponenten, außer ÜLD's) ermittelt und eignet sich hervorragend für die Überprüfung der Bauausführungsqualität bezüglich der Luftdichtheit des Gebäudes. Demzufolge kann die Messung erst dann erfolgen, wenn die Luftdichtheitsschicht fertig gestellt ist. Für die Berechnung der Infiltration ist er jedoch weniger geeignet. Gründe sind:

- Es gibt keine Ausführungsvorschrift, wie man einen bestimmten n_{50} -Wert erreicht. Folglich muss er in der Planungsphase geschätzt werden.

■ Einen Anhaltswert für die Schätzung gibt die DIN 1946-6 [1, Tab. 9]. Es sind aber auch davon maßgeblich abweichende Richtwerte in anderen Normen enthalten.

■ Durch eine Literaturrecherche über die Auswertung von Blower-Door-Messungen konnte ermittelt werden, dass Gebäude mit RLT-Anlage tatsächlich etwas dichter gebaut werden (vgl. EnEV-Forderung), die dichte Bauweise in den letzten Jahren zugenommen hat und dass eine große Streuung vorliegt. Zeller et al. [12] nennen z.B. einen Mittelwert von $n_{50} = 2,5 \text{ h}^{-1}$ mit einer Standardabweichung von $2,17 \text{ h}^{-1}$.

■ Der n_{50} -Wert ist abhängig vom A/V-Verhältnis (Kompaktheit) des Gebäudes. Bei gleichem n_{50} -Wert gilt für die auf die Fassadenfläche bezogene Luftdurchlässigkeit:

kleines A/V-Verhältnis (große Gebäude) → tatsächliche Luftdurchlässigkeit größer

großes A/V-Verhältnis (kleine Gebäude) → tatsächliche Luftdurchlässigkeit kleiner

■ Bei großen Gebäuden muss die Blower-Door-Messung eventuell für jede NE getrennt durchgeführt werden. Nach Richter und Reichel [13] kann das zur Folge haben, dass der Anteil der Innenleckagen ca. die Hälfte (trotz abgedichteter Installationsschächte) ausmacht. Der n_{50} -Wert soll aber nur ein Maß für die Leckagen der Gebäudehülle sein.

Um eine Lüftungsautorität der ALD's von mindestens 50 % zu erhalten, müsste nach [14, Kap. 2.4] $n_{50} \leq 1,4 \text{ h}^{-1}$ betragen.

Auslegungs-Differenzdruck Δp

Mit [1, Tab. 10] wird der Auslegungs-Differenzdruck festgelegt. Dabei wird zwischen windstarken und windschwachen Windgebieten unterschieden. Orte mit windstarkem Windgebiet sind im Anhang H aufgelistet. Als Kriterium gilt dabei die mittlere Windgeschwindigkeit im Jahr. Danach gilt als windstark $> 3,3 \text{ m/s}$ und windschwach $\leq 3,3 \text{ m/s}$.

Im Gegensatz zur Heizlastberechnung ist bei der Berechnung der notwendigen Lüftung im Auslegungszustand die Windstille der „worst case“. Demzufolge ist die Anrechnung der Infiltration insgesamt fraglich. Vielleicht wäre die Anrechnung einer zweimaligen Fensterlüftung, welche von den Gerichten als zumutbar angesehen wird, sinnvoller. Beim Luftaustausch über Fensterlüftung könnte nur die Temperaturdifferenz zwischen innen und außen als Antriebskraft wirksam sein (vgl. DIN EN 15 242:2007-09).

Lüftungskonzept

Eine lüftungstechnische Maßnahme (LtM) in einer Nutzungseinheit ist dann erforderlich, wenn der notwendige Luftvolumenstrom zum Feuchteschutz den Luftvolumenstrom durch Infiltration überschreitet:

$$\dot{V}_{\text{ges,NE,xL}} > \dot{V}_{\text{inf,wirk}} \quad (6)$$

$\dot{V}_{\text{ges,NE,xL}}$ Gesamt-Außenluftvolumenstrom der NE für die Lüftungsstufe xL

In der C.A.T.S.-Wohnungslüftung wird das Lüftungskonzept dahingehend erweitert, dass die Möglichkeit des Wäschetrocknens gesondert berücksichtigt wird (Bild 4). Bei den hygrothermischen Berechnungen der Bauphysiker wird diese Unterscheidung ebenfalls regelmäßig getroffen. Somit erhält man

Ohne Wäschetrocknen $xL = FL$

Wäschetrocknen erlaubt $xL = RL$

Die zweite Erweiterung in der C.A.T.S.-Wohnungslüftung ergibt sich aus [1, Kap. 4.2.1]. Danach ist auch eine LtM erforderlich, wenn für eine Nutzungseinheit mit fensterlosen Bädern oder Toilettenräume gilt

$$\dot{V}_{\text{ges,NE,xL}} > \dot{V}_{\text{DIN 18017-3,dauer}} \quad (7)$$

$\dot{V}_{\text{DIN 18017-3,dauer}}$ Abluftvolumenstrom nach DIN 18017-3 der dauernd abgeführt wird in m^3/h

Leitung		Ventilator	
f_{wKomp} [-]	V_{Inf} { m^3/h }	f_{wKomp} [-]	V_{Inf} { m^3/h }
0,16	31	0,16	31
0,16	12	0,16	12
0,08	3	0,08	3
0,16	12	0,16	12
0,16	12	0,16	12
0,08	3	0,08	3
0,16	12	0,16	12
0,16	11	0,16	11
0,16	14	0,16	14

Für die Berechnung der Infiltration $\dot{V}_{\text{inf,wirk}}$ wird in der DIN 1946-6 die Gleichung (5) mit $f_{\text{wirk,Komp}} = 0,5$ und $f_{\text{wirk,Lage}} = 1,0$ verwendet. Es kann aber auch sinnvoll sein, die beiden Korrekturfaktoren nach Anhang I zu ermitteln. Die C.A.T.S.-Wohnungslüftung sieht hierfür zwei entsprechende Optionen vor (Bild 4). Dabei wird allerdings die Infiltration halbiert, wenn nur eine Fassade der NE dem Wind ausgesetzt ist.

Der n_{50} -Wert kann sich für das Lüftungskonzept vom Wert für die Auslegung unterscheiden. Daher sind in der C.A.T.S.-Wohnungslüftung zwei Angaben für den Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz notwendig. Ein hoher n_{50} -Wert für das Lüftungskonzept verringert die Wahrscheinlichkeit einer notwendigen LtM.

Das Lüftungskonzept als Basis für wirtschaftliche Entscheidungen mit geschätzten n_{50} -Werten ist nicht zumutbar. Die dena empfahl dem Autor den n_{50} -Wert durch eine vorherige Messung zu ermitteln. Da Kosten und die Größe der Durchbrüche vor Baubeginn bekannt sein müssen, wird das in den seltensten Fällen durchführbar sein. Zum einen verunsichert die Vielfalt von n_{50} -Werten, zum anderen eröffnet sich so die Möglichkeit, begründet von den Vorgaben der DIN 1946-6 beim Lüftungskonzept abzuweichen, wodurch eine größere Handlungsfreiheit erreicht wird.

Das Lüftungskonzept kann von jedem Fachmann erstellt werden, der in der Planung, der Ausführung oder der Instandhaltung von Lüftungstechnischen Maßnahmen oder in der Planung und Modernisierung von Gebäuden tätig ist. D.h. also Architekt, Planer, Lüftungsbauer bzw. derjenige, der die wesentliche Lüftungstechnische Änderung verursacht (Fensterbauer?, Dachdecker?).

Auslegung

Bei der Auslegung Lüftungstechnischer Komponenten sollte ein geringer n_{50} -Wert gewählt werden. Die Auslegungs-Volumenströme werden dadurch zwar größer, aber Fehler in der Infiltrationsberechnung relativieren sich. Praktische Anwendungen haben gezeigt, dass es trotzdem vorkommen kann, dass die Infiltration größer ist, als der erforderliche Gesamt-Außenluftvolumenstrom. In einem solchen Fall ist in einem Raum ein ALD nicht notwendig, aber eventuell ein ÜLD. Um solche Vorkommnisse leichter nachzuvollziehen gibt die C.A.T.S.-Wohnungslüftung auch die Daten der Infiltrationsberechnung aus (Tabelle 7).

Die Ergebnisausgabe der C.A.T.S.-Wohnungslüftung weicht von den Formblättern der DIN 1946-6 ab. Diese sind sehr papierintensiv (3 Sei-

ten je NE) und enthalten Freiflächen, die nicht relevant sind. Es wird daher eine tabellarische Ausgabe bevorzugt (Tabelle 8).

Weiterhin besteht die Möglichkeit, verschiedene Lüftungssysteme in einem Gebäude darzustellen. Es kann z.B. vorkommen, dass eine NE eine Abluftanlage nach DIN 18017-3 erhält und eine andere NE nur eine Querlüftung. Mischsysteme sind auch in kombinierten Wohn- und Geschäftshäusern denkbar. Für das gesamte Gebäude gibt die C.A.T.S.-Wohnungslüftung eine sortierte Stückliste aller Lüftungssysteme im Gebäude mit wahlweise aufgerundeten Auslegungs-Volumenströme der Lüftungstechnischen Komponenten aus (Tabelle 9).

Gleichartige Nutzungseinheiten in einem Gebäude werden durch einen Wert für die Anzahl der Nutzungseinheit definiert (Bild 4). Dieser Wert wird in der Stückliste berücksichtigt. Dadurch wird der Eingebaufwand verringert.

Oft besteht ein Raumluftverbund zwischen Wohnen, Essen und Küche. Damit wären weniger ÜLD's erforderlich. Außerdem könnten Teilbereiche mit separater Nutzung nicht an einer Außenwand liegen. Somit könnte es erforderlich sein, dass der ALD für Wohnen auch den Volumenstrom für den Essbereich übernimmt. Für diese Fälle ermöglicht die C.A.T.S.-Wohnungslüftung eine Angabe über die gewünschte Stückzahl der Lüftungstechnischen Komponente (Bild 4). Dabei ist sowohl ein Ausblenden (Angabe 0) als auch eine Aufteilung auf mehrere Stück möglich. Für Räume mit gemischter Nutzung ist auch ein Konzept der Abzugsflächen und der Abzugskomponenten implementiert, wobei jedem Teilbereich ein separater Raumtyp zugeordnet werden kann und die Aufteilung automatisch erfolgt (s. [15]).

Volumenströme für die Heizlastberechnung

Die beiden Normen DIN 1946-6 und DIN EN 12 831 [4] verweisen zwar aufeinander, geben aber keinerlei Auskunft darüber, welche Volumenströme von der DIN 1946-6 an die Heizlastnorm zu übergeben sind. Da die DIN 1946-6 bis zu 7 Infiltrationsvolumenströme beinhaltet, ist fraglich, welcher dieser Volumenströme nun in der Lüftungsheizlast zum Ansatz kommen muss. Die Berechnung der Infiltration aus der Heizlastnorm kann nicht mehr zur Anwendung kommen, wenn in einer NE Lüftungstechnische Komponenten eingebaut sind. Besonders schwierig wird es, wenn man für die 12 verschiedenen Lüftungssysteme mit ihren unterschiedlichen Infiltrationsvolumenströmen die

Tabelle 8: Ausgabe der Komponenten in der C.A.T.S.-Wohnungslüftung

							ALD		ÜLD		AbLD	
NE RTyp	Raum	Fläche [m ²]	Volumen [m ³]	f _{R,ZU} [-]	Ant _R [-]	Vges [m ³ /h]	Anz [Stck]	V_LtM [m ³ /h]	Anz [Stck]	V_LtM [cm ²]	Anz [Stck]	V_LtM [m ³ /h]
Whng-West		72.29	180.72	5.00	3.000	115	3	60	3	248	3	105
AR05	AR_5.4	2.62	6.55	0.00	0.217		-	-	1	34	1	23
ZR10	Wohnen_5.6	31.29	78.22	3.00	0.600		2	18	0	0	-	-
AR01	Kochen_5.5	7.01	17.52	0.00	0.391		-	-	0	0	1	41
ZR12	(Schlaf)Zimmer_5.2	17.56	43.90	2.00	0.400		1	24	1	84	-	-
AR02	Bad_5.1	8.60	21.50	0.00	0.391		-	-	1	82	1	41
ÜR16	Flur_5.3	5.21	13.03	0.00	1.000		-	-	-	-	-	-

Tabelle 9: Ausgabe der Stückliste in der C.A.T.S.-Wohnungslüftung

Stückliste mit Aufrundung auf 5 m ³ /h bzw. cm ² bzw. cm													
ALD		ÜLD		AbLD		ZuLD		Schacht		Leitung		Ventilator	
Anz [Stck]	V_LtM [m ³ /h]	Anz [Stck]	V_LtM [cm ²]	Anz [Stck]	V_LtM [m ³ /h]	Anz [Stck]	V_LtM [m ³ /h]	Anz [Stck]	V_LtM [m ³ /h]	Länge [cm]	V_LtM [m ³ /h]	Anz [Stck]	V_LtM [m ³ /h]
1	25	2	85	2	45	-	-	-	-	-	-	-	-
2	20	1	35	1	25	-	-	-	-	-	-	-	-

Gebäudeheizlast unter Berücksichtigung des nicht gleichzeitigen Windangriffs auf alle Fassadenflächen ermitteln will (ζ -Wert).

In der C.A.T.S.-Heizlastberechnung wird die Infiltrationsberechnung nach DIN EN 12831 ausgeschaltet, sobald man dem Raum eine Wohnungslüftung zuordnet. Das Programm übernimmt dann alle Daten zur Lüftungsheizlast aus der C.A.T.S.-Wohnungslüftung. Für die Maximalwertbildung der Volumenströme liefert die C.A.T.S.-Wohnungslüftung zusätzlich die Berechnungsergebnisse der DIN EN 12831. Es kann z.B. vorkommen, dass der Mindestluftwechsel höher ist, als der notwendige Außenluftvolumenstrom nach DIN 18017-3. Dabei wird von der Vorstellung ausgegangen, dass der Mindestluftwechsel durch zusätzliches Fensterlüften des Nutzers realisiert wird. Einen Vergleich der Volumenströme ist beispielhaft in der Tabelle 10 enthalten. Weitere Spezifikationen der C.A.T.S.-Wohnungslüftung sind in [16] enthalten.

Fazit

Die tatsächlich lüftungsbedingten Feuchteschäden fallen deutlich geringer aus, als in einigen Literaturstellen angegeben wird (z.B. in [9]). Nach der Untersuchung in [6] dürften sie nur bei ca. 5 % liegen. Die vorliegenden Studien haben außerdem gezeigt, dass lüftungstechnische Maßnahmen alleine nicht unbedingt die Schadensfälle verringern. Trotzdem muss nach der vorliegenden Rechtslage ein Lüftungskonzept erstellt werden, in dem festgestellt wird, ob eine nutzerunabhängige Lüftung zum Feuchteschutz notwendig ist.

Mit dem Rechenverfahren der DIN 1946-6 kann sowohl das Lüftungskonzept erstellt werden, als auch eine Auslegung der lüftungstechnischen Komponenten erfolgen. Aus einer kritischen Betrachtung der Norm und aus den Erfordernissen der Praxis heraus gehen notwendige Erweiterungen hervor, die in Anforderungen an eine entsprechende Software fließen. Die Umsetzung dieser Anforderungen wird beispielhaft anhand der neuen C.A.T.S.-Wohnungslüftung demonstriert.

Besonders die Infiltrationsberechnung der DIN 1946-6 ist sehr kritisch zu betrachten, da sie bis zu sieben unterschiedliche Werte in einer Nutzungseinheit liefert. Wenn man sich bei der Begründung zur Norm auf die zunehmende Gebäudedichtheit beruft, müsste man die Infiltration konsequenterweise ausschließen oder zumindest sehr gering anrechnen. Die Anrechnung einer zweimaligen Fensterlüftung bei Windstille wäre hier sinnvoller, leichter zu berechnen und würde den Planer vom Haftungsrisiko für Feuchteschäden weitgehend entlasten. Das liegt aber wohl nicht im Sinne der Industrie.

Ein besonderer Mangel der Norm liegt in der fehlenden Information über die an die Heizlast zu übergebenden Luftvolumenströme. Hier müssen die Softwarehäuser eigene Entwicklungen vornehmen, die wahrscheinlich in unterschiedliche Ergebnisse münden.

Betrachtet man noch das zweifelhafte Abstimmungsergebnis im Normenausschuss, stellt sich die Frage, ob die DIN 1946-6 ohne eine Überarbeitung zu den anerkannten Regeln der Technik zählen kann.

Literatur

- [1] DIN 1946-6:2009-05: Raumlufttechnik - Teil 6: Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung.
- [2] DIN 18 017-3:2009-09: Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster - Teil 3: Lüftung mit Ventilatoren
- [3] Bauaufsichtliche Richtlinie über die Lüftung fensterloser Küchen, Bäder und Toilettenräume in Wohnungen. Länderspezifische Richtlinie.
- [4] DIN EN 12 831 Beiblatt 1:2008-07: Heizsysteme in Gebäuden. Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast. Nationaler Anhang NA
- [5] Brasche, S.; Heinz, E.; Hartmann, T.; Richter, W.; Bischof, W.: Vorkommen, Ursachen und gesundheitliche Aspekte von Feuchteschäden in Wohnungen – Ergebnisse einer repräsentativen Wohnungsstudie in Deutschland. Bundesgesundheitsblatt 46, 2003, S. 683 – 693
- [6] Oswald, R.; Liebert, G.; Spilker, R.: Schimmelpilzbefall bei hochwärmegedämmten Neu- und Altbauten. Erhebung von Schadensfällen – Ursachen und Konsequenzen. Fraunhofer IRB Verlag, 2008.
- [7] Leben in Europa 2008. Statistische Bundesamt (www.destatis.de).
- [8] Künzel, Helmut (Hrsg.): Wohnungslüftung und Raumklima. Fraunhofer IRB Verlag, 2009.
- [9] Heinz, Ehrenfried: Planung lüftungstechnischer Maßnahmen nach neuer DIN 1946-6 (Teil 1 und 2). Moderne Gebäudetechnik Teil 1 5/2009, Teil 2 6/2009.
- [10] Westfeld, H.; Lucenti, S.: Lüftungsanforderungen von Wohngebäuden im Wandel. Der Sachverständige 11/2008, S. 344-349.
- [11] DIN Fachbericht 4108-8:2010-09: Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden –Teil 8: Vermeidung von Schimmelpilzwachstum in Wohngebäuden
- [12] Joachim Zeller, Sigrid Dorschky, Robert Borsch-Laaks und Wolfgang Feist: Luftdichtigkeit von Gebäuden, Hrsg.: IWU, Darmstadt 1995.
- [13] Richter, W., Reichel, D. (TU Dresden): Luftdichtigkeit von industriell errichteten Wohngebäuden in den neuen Bundesländern. Bauforschungsergebnisse des BRBS, 1998.
- [14] Johannes Werner, Matthias Laidig in Gebäude-Luftdichtheit. Band 1, Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V. (FLIB) 2008.
- [15] Bedienungshandbuch zum Programm C.A.T.S.-Wohnungslüftung.
- [16] Flyer zum Programm C.A.T.S.-Wohnungslüftung, www.cats-soft-ware.com/#/Products

Tabelle 10: Ausgabe der Luftvolumenströme für die Heizlastberechnung in der C.A.T.S.-Wohnungslüftung

NE RTyp	Raum	Volumen [m ³]	DIN 12831		DIN 1946-6			
			Vmin [m ³ /h]	Vinf [m ³ /h]	Vinf [m ³ /h]	Vsu [m ³ /h]	VmechAL [m ³ /h]	VmechNR [m ³ /h]
Whng-West		180.72	84	18	110	0	42	111
AR05	AR_5.4	6.55	3	1	4	0	0	23
ZR10	Wohnen_5.6	78.22	39	8	47	0	18	0
AR01	Kochen_5.5	17.52	9	2	11	0	0	0
ZR12	(Schlaf)Zimmer_5.2	43.90	22	4	27	0	24	0
AR02	Bad_5.1	21.50	11	2	13	0	0	42
ÜR16	Flur_5.3	13.03	0	1	8	-	-	46