

2. Europäisches BlowerDoor-Symposium, 16. / 17.3.2007 in Kassel  
Prof. Dipl. Arch. Hansruedi Preisig

## **Luftdichte Gebäudehülle und Wohnungslüftung im Zusammenhang – Rück- und Ausblick für die Schweiz**

## Rückblick

Seit jeher ist die Gebäudehülle so (luft-)dicht wie möglich gemacht worden. Einfache Dichtungsmassnahmen, wie das Stopfen mit Moos bei Holz-Blockbauten, zeugen von diesen Anstrengungen. Bei Massivbauten war es vor allem der Verputz, der die dichtende Funktion übernahm. Der Luftaustausch erfolgte über die in der Regel undichten Fenster, die noch keine umlaufenden Dichtungen hatten. Daraus ergab sich ein hoher Luftaustausch, der im Winter sehr niedrige Raumluftfeuchtigkeiten zur Folge hatte. Bei den üblichen, nach 1945 erstellten Massivbauten, betrug die relative Raumluftfeuchtigkeit etwa 30 bis 35%, der natürliche Luftwechsel nL etwa 0.3 bis 0.5 pro Stunde. Tiefe Raumluftfeuchtigkeiten führen zu Austrocknungen der Atemwege und zu einer verstärkten Empfindlichkeit gegenüber Staub. Tiefe Raumluftfeuchtigkeiten verhindern aber auch weitgehend die Schimmelpilzbildung bei wärmetechnischen Schwachstellen in der Konstruktion; Milben trocknen bei tiefer relativer Luftfeuchte aus und sind nicht mehr aktiv. Die notorisch zu trockene Luft verhalf den Luftbefeuchtern zu einer Hochblüte.

Nach dem Erdölschock anfangs der 70er Jahre wurde realisiert, dass der unregelmässige Luftaustausch über die undichten Fenster mit grossen Wärmeverlusten verbunden ist. Unter multimedialer Anleitung wurden in der ganzen Schweiz die Fenster mit Schaumstoff- und Gummibändern gedichtet, mit fatalen Folgen. Der natürliche Luftwechsel wurde drastisch reduziert. Es sank in der Regel unter 0.1 pro Stunde, d.h. weniger als 1/10 der Luft wurde pro Stunde ausgewechselt. Bei gleich bleibender Feuchteproduktion im Gebäudeinnern stieg die relative Raumluftfeuchtigkeit auf Werte über 50% an; Raumluftfeuchtigkeiten über 70% waren keine Seltenheit. Diese hohen Raumluftfeuchtigkeiten führten zu Schimmelpilz bei kalten Stellen der Wandoberfläche. Besonders gefährdet waren Aussenecken mit ihren geometrisch bedingten Wärmebrücken, schlecht wärmegeämmte Fenstersturzpartien, Fensterleibungen, Wandpartien hinter Kästen und Vorhängen usw.

Gelangte die feuchte Raumluft bei undichten Stellen sogar in die Konstruktion, dann hatte dies bei kalten Partien eine massive Kondenswasserbildung zur Folge. Dies wiederum bewirkte Pilzbildung und Fäulnis und führte zu einer ernsthaften Gefährdung der Konstruktion an sich. Hohe Raumluftfeuchtigkeiten führen auch zu einer Aktivierung der Milbenbildung. Undichte Stellen traten vorallem im Holzbau auf, dort, wo Deckenbalken und Sparren direkt nach aussen verlaufen und somit direkte Luftdurchtritte von innen nach aussen stattfanden. Auf dem Weg von innen nach aussen kühlte sich die warme, feuchte Innenluft ab und kondensierte an kalten Partien, wie dies z.B. bei Skibrillen beobachtet werden kann, wenn damit ein warmer Raum betreten wird.

Der niedrige Luftwechsel führte auch zu einer Erhöhung der Schadstoffkonzentration. Besonders zu erwähnen sind die menschlichen Stoffwechselprodukte (CO<sub>2</sub>), der Tabakrauch, das Formaldehyd, die flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), das Radon, der Hausstaub usw.

Ein ungünstiges Benutzerverhalten hat in Einzelfällen die Zunahme der Raumluftfeuchtigkeiten noch verschärft. Der häufig angebrachte Vorwurf, dass der Nutzer allein für die hohe Raumluftfeuchtigkeit verantwortlich sei, stimmte in den meisten Fällen nicht. Untersuchungen haben gezeigt, dass solch dichte Gebäude jede Stunde kurz gelüftet werden sollten, um, auf den ganzen Tag betrachtet, einen genügenden Luftwechsel zu erreichen. Dies ist aber kaum praktikabel, vor allem nicht bei werkstätigen Leuten.

## Massnahmen

Die Fenster wieder gezielt undicht zu machen, war keine Lösung. Dies hätte den energetischen Bemühungen komplett widersprochen und einen unverzeihlichen Rückschritt bedeutet. So entwickelte sich die Strategie, die Gebäudehülle möglichst dicht zu machen und gleichzeitig dafür zu sorgen, dass durch geeignete Massnahmen ein kontrollierter Luftaustausch stattfindet. Die entsprechenden Grundsätze sind in der Norm SIA 180: Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau [1] festgelegt worden.

Dort heisst es unter anderem im Kapitel Anforderungen:

*Grundsätzlich muss die Gebäudehülle luftdicht sein (Art. 3.1.1.1)*

*Luftzufuhr von aussen ist erforderlich, um die Raumluft zu erneuern und um dadurch die Anreicherung von Schad- und Geruchstoffen sowie zu hohe Raumluftfeuchtigkeiten zu vermeiden... (Art. 3.1.1.2)*

Im Kapitel Bauliche Massnahmen heisst es dazu:

*Der Architekt ist verpflichtet, allenfalls zusammen mit dem Lüftungsplaner, in einer frühen Planungsphase ein Lüftungskonzept zu erstellen...*

Durch die normativen Forderungen hat die Frage der Luftdichtigkeit auf einmal einen hohen Stellenwert bekommen. Davon betroffen waren die Leichtbauten aus Holz und in Stahl. Es wurden neue Konstruktionen entwickelt, bei denen die Luftdichtungsschicht zentral war. Dabei galt es, Durchdringungen möglichst zu vermeiden und dadurch einfach zu dichtende Flächen zu erhalten. Die Luftdichtungsschicht hatte in den meisten Fällen auch die Funktion der Dampfsperre zu übernehmen und ist deshalb richtigerweise auf der Warm- bzw. Innenseite der Wärmedämmschicht angeordnet worden.

Die normativen Forderungen für eine Luftzufuhr hatten zur Folge, dass sich PlanerInnen damit zu befassen hatten und der Bauherrschaft Lösungsvorschläge unterbreiten mussten. Ein genügender Luftwechsel musste trotz dichter Gebäudehülle garantiert werden. So entstanden anfangs der neunziger Jahre die ersten Lüftungsanlagen mit Zuluft und Abluft sowie Wärmerückgewinnung. Anfängliche Kinderkrankheiten wie Geruchs- und Schallprobleme sind erkannt und behoben worden. Allerdings erfordert eine solche Anlage spezielle Fachkenntnisse in der Planung wie auch Ausführung. Das neue Merkblatt SIA 2023: Lüftung in Wohnbauten [2] schafft Klarheit und bildet eine gute Grundlage, angefangen bei der Systemwahl, über die Planung und Ausführung bis hin zur Inbetriebnahme und zum Unterhalt. Es wird zwischen den folgenden Systemen unterschieden:

Fensterlüftung, reine Abluftanlage, einfache Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft, Einzelraumlüftungsgeräte, Lüftungsanlage mit Lufterwärmung.

Am meisten verbreitet ist die einfache Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft mit Wärmerückgewinnung. Dabei wird, vereinfacht ausgedrückt, die Aussen- bzw. Zuluft über einen Filter angesogen und mittels Wärmerückgewinnung von der Fortluft erwärmt. Die Zuluft wird in den Zimmern eingeblassen und zentral im Bad/WC wieder abgesogen.

Was eine solche Anlage zu leisten vermag bzw. was von ihr nicht erwartet werden kann, listet Huber [3] wie folgt auf:

- *Sie erneuert die Luft gleichmässig mit Luftwechselraten, die dem hygienischen Bedarf angepasst sind.*
- *Sie führt Feuchte und übliche Baustoffemissionen kontinuierlich ab.*

- *Sie ermöglicht die Lüfterneuerung ohne den Schallschutz (gegen Aussenlärm) zu beeinträchtigen.*
- *Ihre Filter halten Staub und Pollen zurück.*
- *Sie kann weder die Funktion einer Klimaanlage noch die einer Luftheizung übernehmen.*
- *Sie ersetzt den baulichen sommerlichen Wärmeschutz nicht.*
- *Sie löst weder die Geruchsprobleme durch Rauchen, noch bringt sie das damit verbundene Gesundheitsrisiko zum Verschwinden.*
- *Sie kann Wohngifte in der Raumluft nicht vollständig zum Verschwinden bringen, sondern nur verdünnen.*

### **Praxiserfahrungen mit luftdichten Gebäudehüllen**

Bei Konstruktionen mit klar definierter, das Gebäude umfassenden Luftdichtungsschicht mit keinen oder nur sehr wenig Durchdringungen sind die Anforderungen nach der Norm SIA 180 gut zu erreichen. Allerdings bedingt dies eine exakte Planung und fachgerechte Ausführung, verbunden mit einer entsprechenden Qualitätssicherung. Sowohl Platten wie Folien können die Funktion einer Luftdichtungsschicht übernehmen. Klebebänder sollten immer zusätzlich mechanisch befestigt werden. Messungen zeigen, dass nach Lenel [4] die meisten Minergie-Bauten eine genügende Luftdichtigkeit aufweisen. Offensichtliche und immer wieder auftretende Leckagestellen befinden sich beim Übergang von Massivbauteilen und Leichtbauteilen aus Holz oder Stahl, bei Schiebefenstern, zwischen Leichtbauelementen aus Holz, bei Installationsschächten, bei Haustechnikinstallationen, vor allem auch bei Elektroröhren, welche die Luftdichtungsschicht durchdringen. Reine Massivbauten sind grundsätzlich einfacher luftdicht auszuführen als Leichtbauten aus Holz.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Luftdichtungsschicht wie die Wärmedämmschicht zu planen ist und in der Gebäudehülle eine ebenso wichtige Stellung einnimmt. Im Nachhinein eine Gebäudehülle auf die Dauer luftdicht zu machen, ist in der Regel kaum noch möglich. Notwendig ist eine Qualitätssicherung, beispielsweise mit einer Blower-Door-Messung, die in einem Zeitpunkt durchgeführt wird, in der eine Nachbesserung noch möglich ist.

### **Praxiserfahrungen mit Lüftungsanlagen**

Mit Lüftungsanlagen verfügt man mittlerweile über mehr als 15 Jahre Erfahrung. Es sind diverse umfassende Untersuchungen durchgeführt worden. Die Studie Praxistest Minergie [4] zeigt, dass die Bewohner mit ihren Lüftungsanlagen grösstenteil zufrieden sind. Die Zufriedenheit bezieht sich auf die Raumluftqualität und den Schallschutz gegen Aussenlärm. Verbesserungsmöglichkeiten werden bei der zu niedrigen Raumluftfeuchte und den zu hohen Lüftungsgeräuschen lokalisiert.

Hässig [5] stellt in seiner Studie ebenfalls eine hohe Zufriedenheit der Bewohner fest, weist aber darauf hin, dass eine mehrsprachige Instruktion der Bewohnerschaft für ein zweckmässiges Verhalten unerlässlich ist. Für eine hohe Akzeptanz sind minimierte, vernachlässigbare Lüftungsgeräusche zentral.

Auch Hartmann [6] bezeichnet die zu hohen Lüftungsgeräusche als heiklen Punkt. Aufgrund seiner umfangreichen Messerfahrungen weist er zudem auf eine zwingend notwendige Einregulierung bei der Inbetriebnahme hin. Ebenfalls müsse man den Erdregistern Beachtung schenken. Bei Schmutz und Feuchtigkeit im Erdregister be-

stehe die Gefahr, dass Pilzsporen mit der Zuluft in die Wohnungen gelange. Erdregister müssen deshalb kontrollierbar sein und gereinigt werden können.

Kasser [7] hat in einer Studie wohl die älteste grössere, mit einer Lüftungsanlage ausgerüstete Siedlung untersucht. Dabei handelt es sich um die Siedlung Niederholzboden in Riehen, die durch die Metron Architekten in Brugg 1993 erstellt worden ist und als Vorzeigeprojekt von DIANE Öko-Bau, einem Bundesprogramm von Energie 2000, galt. Nach 10-jährigem Bestehen äussern sich die Bewohner und Bewohnerinnen sehr positiv zur Lüftungsanlage. Die Qualität der Raumluft wird sehr geschätzt, die Lüftungsanlage funktioniert im Grossen und Ganzen. Die Lüftungsanlage ist aber wartungsintensiv und erfordert periodische Reinigungsarbeiten. Dies ist mit entsprechenden Kosten verbunden, die etwa gleich gross sind wie die Heizkosten. Auch bei dieser Siedlung ist die Bewohnerschaft ursprünglich zu wenig informiert worden. So ergaben sich nach der ersten Heizperiode wegen zu häufigem Lüften nutzungsbedingte Unterschiede im Heizenergieverbrauch von einem Faktor neun.

## **Ausblick**

Die Forderung, Raumluft durch Luftzufuhr von aussen zu erneuern und dadurch die Anreicherung von Schad- und Geruchstoffen sowie zu hohe Raumluftfeuchtigkeiten zu vermeiden, ist klar und auch unbestritten. Dass die Luftzufuhr nicht beliebig und zufällig durch irgendwelche Ritzen und Fugen zu geschehen hat, ist ebenso einleuchtend. Notwendig ist eine organisierte Zu- und Abluft mit Wärmerückgewinnung. Heute dürften bereits etwa 1/5 aller neu erstellten Wohnungen mit einer Lüftungsanlage versehen sein, die Tendenz ist steigend.

Zukünftig ist Folgendes zu beachten:

- Eine umfassende Geräteprüfung ist unabdingbar.
- Die einzelnen Komponenten der Lüftungsanlage müssen kontrollierbar sein und gereinigt werden können; sie müssen auch ersetzt werden können.
- Kontrolle, Reinigung und Ersatzvornahme erfordern eine klare Systemtrennung. Eine Lüftungsanlage hat eine wesentlich kleinere Lebensdauer als die Bausubstanz an sich.
- Die Lüftungskanäle für die Vertikal- und Horizontalerschliessung sind deshalb in separaten, zugänglichen Schächten sowie in heruntergehängten Deckenpartien zu führen. Ein Einlegen der Leitungen in die Geschossdecken für die Horizontalverteilung macht keinen Sinn.
- Der im Winter häufig zu trockenen Luft ist vermehrt Beachtung zu schenken. Nach Kriesi [8] ist eine zentrale Befeuchtung aus hygienischer Sicht problematisch; er schlägt den Einsatz von Enthalpieplattentauschern vor, mit denen nicht nur Wärme sondern auch ein Teil der Feuchtigkeit der Abluft zurück gewonnen werden kann.
- Jede Lüftungsanlage erfordert eine umfassende Einregulierung bei der Inbetriebnahme.
- Die Bewohnerschaft ist über die Funktion einer Lüftungsanlage zu informieren und über die neuen Lüftungsmöglichkeiten detailliert zu instruieren.

Lüftungsanlagen können dann sinnvoll geplant und realisiert werden, wenn die Grundlagen dazu bereits bei den ersten Entwurfsschritten berücksichtigt werden. Lüftungsanlagen bedingen Schächte, die wie der Lift und die Treppe in der Grundriss- und Schnittentwicklung einzuplanen sind. Im fortgeschrittenen Projektstadium lassen sie sich kaum mehr sinnvoll unterbringen; nachträglich in ein Gebäude eingezwängte

Kanäle bilden keine Basis für eine gute Lüftungsanlage. Dies ist eine der Forderungen nach SNARC [9] bei Architekturprojekten im frühen Entwurfsstadium.

Einzelraumlüftungen sind zukünftig nicht auszuschliessen. Sie werden dann eine Chance haben, wenn sie zu einem konstruierten Fassadenelement werden, sinnvollerweise in Kombination mit dem Fensterelement. Erste Erfahrungen, wie jene der Firma Fentech [10] mit einem Zu- und Abluftelement mit Wärmerückgewinnung, integriert im seitlichen Rahmenelement des Fensters, sind positiv und möglicherweise eine Alternative zu den zentralen Lüftungsanlagen. Die Vorteile liegen in der möglichen Einzelraumregulierung, der einfachen Kontrolle, Reinigung und Ersatzvornahme.

## Quellenverweise

- [1] Norm SIA 180: Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau, 1999. [www.sia.ch](http://www.sia.ch)
- [2] Merkblatt SIA 2023: Lüftung in Wohnbauten, 2004. [www.sia.ch](http://www.sia.ch)
- [3] Huber H.: Qualität wird verbindlich, Themenheft Gute Luft 3/05, Faktor Verlag AG. [www.faktor.ch](http://www.faktor.ch)
- [4] Lenel S. et al.: Praxistest Minergie, Erfahrungen aus Planung, Realisierung und Nutzung von Minergiebauten. Fachhochschule St. Gallen, 2004. [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch)
- [5] Hässig W.: Untersuchung zur Lüftung von sanierten Mehrfamilienhäusern, Vortrag Energie-Praxis 1/2006, [www.energie.zh.ch](http://www.energie.zh.ch)
- [6] Hartmann P.; Preisig, H.R.: Absolut handhabbar, Themenheft Gute Luft 3/05, Faktor Verlag AG. [www.faktor.ch](http://www.faktor.ch)
- [7] Kasser U.: Ein Blick zurück nach vorn, Energiefachbuch 2005, [www.umweltchemie.ch](http://www.umweltchemie.ch)
- [8] Kriesi R.: Feuchte zurückgewinnen, Themenheft Gute Luft 3/05, Faktor Verlag AG. [www.faktor.ch](http://www.faktor.ch)
- [9] Dokumentation SIA D 0200: SNARC, Systematik zur Beurteilung von Architekturprojekten für den Bereich Umwelt, 2004. [www.sia.ch](http://www.sia.ch) oder [www.hansruedipreisig.ch](http://www.hansruedipreisig.ch)
- [10] Fentech, Raumlüfter. [www.fentech.ch](http://www.fentech.ch)

## Allgemeine Literaturhinweise

- Norm SIA 382/1: Lüftungs- und Klimaanlage – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen, 2006.
- Themenheft Gute Luft 3/05, Faktor Verlag AG. [www.faktor.ch](http://www.faktor.ch)
- Preisig H.R.; Zumoberhaus M.: Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle, IP-Holz-Dokumentation 987, 1990.
- Dokumentation SIA D 0216: SIA Effizienzpfad Energie, 2006. [www.sia.ch](http://www.sia.ch)
- Empfehlung SIA 112/1: Nachhaltiges Bauen – Hochbau, 2004. [www.sia.ch](http://www.sia.ch)
- Forum Energie Zürich: Luftverteilung und Dichtigkeiten in Minergiebauten, 2004. [www.energie.zh.ch](http://www.energie.zh.ch)
- Huber H.: Komfortlüftung – Projektierung von einfachen Lüftungsanlagen im Wohnbereich, Skript Komfortlüftung, 2004, Faktor Verlag AG. [www.faktor.ch](http://www.faktor.ch)