

# Abschätzung der Infiltration nach DIN 1946-6 „Lüftung von Wohnungen“

## Vergleich mit anderen Verfahren und Würdigung der Ergebnisse

Joachim Zeller

*Ingenieurbüro Joachim Zeller*

*Am Schnellbäumle 16, D-88400 Biberach, (+49) 7351-147 83, [joachim.zeller@t-online.de](mailto:joachim.zeller@t-online.de)*

### KURZFASSUNG

Nach der Wohnungslüftungsnorm DIN 1946-6 wird die über die Heizperiode gemittelte Infiltrations-Exfiltrations-Luftwechselrate aus der Luftwechselrate bei 50 Pascal ( $n_{50}$ ) abgeschätzt. Dabei wird zwischen windstarken und –schwachen Regionen und zwischen ein- und mehrgeschossigen Wohnungen unterschieden. Weitere Parameter sind optional. Das Ergebnis liegt meist höher, als der für energetische Berechnungen verwendete Wert nach ISO 13789.

Die Infiltration wird zunächst für das Lüftungskonzept verwendet um zu klären, ob „lüftungstechnische Maßnahmen“ erforderlich sind. Folgt man der Norm, hat die Infiltration außerdem Einfluss auf die Auslegung der Lüftungskomponenten.

Da  $n_{50}$  im Planungsstadium meist nicht bekannt ist, werden in der Norm Standardwerte angegeben: Für Bestandsgebäude  $n_{50} = 4,5 \text{ h}^{-1}$ , bei Sanierungen und Neubauten Werte zwischen  $1,0 \text{ h}^{-1}$  und  $2,0 \text{ h}^{-1}$ . Abgesehen von Gutachten bei Problemfällen wird die Lüftungsnorm bei Neubauten und Sanierungen angewendet. In diesen Fällen ergeben sich Infiltrationsvolumenströme in der Größenordnung von 10 % bis 15 % der planmäßigen Außenluftvolumenströme.

Planern ist zu empfehlen:

- Es sollte eine möglichst hohe Luftdichtheit der Wohnungen angestrebt werden.
- Unabhängig vom gewählten Lüftungssystem sollte ein großer Regelbereich bis hin zur Feuchtelüftung vorgesehen werden (z.B. bei Ventilatoren, Außenluftdurchlässen etc.)
- Unter diesen Umständen kann der Einfluss der Infiltration vernachlässigt werden und der Aufwand für ihre rechnerische Abschätzung entfallen.

### SCHLÜSSELWÖRTER

Lüftung, Infiltration, Lüftungskonzept, lüftungstechnische Maßnahme, Auslegung, Außenluftdurchlass

### PROBLEMSTELLUNG

Die In- und Exfiltration, also der Luftaustausch zwischen innen und außen durch Gebäudeundichtheiten, bewirkt einerseits eine Erhöhung des Heizenergieverbrauchs, andererseits trägt er zur Lüftung, also zur Feuchte- und

Schadstoffabfuhr aus Innenräumen bei. Verfahren zur rechnerischen Abschätzung der In- und Exfiltrationsvolumenströme finden sich daher in Normen zur

- Energiekennwertberechnung (EN 832, ISO 13789, DIN V 4108-6, DIN V 18599, Teil 2)
- Heizlastermittlung (EN 12831 und DIN EN 12831, Beiblatt 1)
- Lüftung (DIN 1946, Teil 6 und EN 15242).

Auf dem BUILDAIR-Symposium 2009 wurden die Rechenmodelle der meisten dieser Normen einander gegenübergestellt [Zeller 2009]. Im nachfolgenden Beitrag wird als Ergänzung dazu die Abschätzung der Infiltration und deren Berücksichtigung bei der Lüftungsplanung nach dem Teil 6 der DIN 1946 erläutert.

Bei der Lüftungsplanung nach Norm wirkt sich die Infiltration in zweierlei Weise aus:

- bei der Entscheidung, ob sogenannte „lüftungstechnische Maßnahmen“ (LTM) erforderlich sind,
- bei der Dimensionierung verschiedener Lüftungs-Komponenten.

Nach DIN 1946-6 ist „für neu zu errichtende oder zu modernisierende Gebäude mit lüftungstechnisch relevanten Änderungen ein Lüftungskonzept zu erstellen.“ Im Rahmen dieses Lüftungskonzeptes wird der (erforderliche) „Luftvolumenstrom zum Feuchteschutz“ mit dem (abgeschätzten mittleren) „Luftvolumenstrom durch Infiltration“ verglichen. Überwiegt der Luftvolumenstrom zum Feuchteschutz, sind lüftungstechnische Maßnahmen erforderlich.

Bei der Dimensionierung von Lüftungskomponenten wie Außenluftdurchlässen, Ventilatoren etc. führt nach DIN 1946-6 ein erhöhter Infiltrationsvolumenstrom zu einer Verkleinerung der Lüftungskomponente. Diese Vorgehensweise wird am Ende des Artikels kritisch hinterfragt.

## BERECHNUNGSVERFAHREN FÜR DIE INFILTRATION NACH DIN 1946-6

### Lüftungskonzept – Notwendigkeit lüftungstechnischer Maßnahmen

Für die Erstellung des Lüftungskonzeptes wird die Abschätzung des Infiltrationsvolumenstromes in Gleichung 3 der DIN 1946-6 beschrieben. Sie lässt sich umformulieren zu:

$$n_{\text{inf}} = f_{\text{wirk,Komp}} \cdot n_{50} \left( \frac{\Delta p}{50 \text{ Pa}} \right)^n \quad (1)$$

mit

|                          |   |
|--------------------------|---|
| $n_{\text{inf}}$ :       | Infiltrationsluftwechselrate <sup>1</sup> |
| $f_{\text{wirk,Komp}}$ : | 0,5                                       |
| $n_{50}$ :               | Luftwechselrate bei 50 Pascal             |

<sup>1</sup> In den Normen sind die Gleichungen für die Volumenströme formuliert, während sie hier zur Vereinfachung für Luftwechselraten angegeben werden.

- $\Delta p$ : Auslegungs-Differenzdruck, abhängig von Windregion und Geschossigkeit 2 Pa, 4 Pa, 5 Pa bzw. 7 Pa  
 n: Druckexponent, Standardwert 2/3, in DIN EN 13829 als „Strömungsexponent“ bezeichnet

Der Auslegungs-Differenzdruck  $\Delta p$  ist der Betrag der (mittleren) Druckdifferenz zwischen innen und außen. Für die Abschätzung wird angenommen, dass an der Hälfte der gesamten Öffnungsfläche Unterdruck, an der anderen Hälfte Überdruck herrscht. Der rechte Teil der Gleichung ergibt die Summe aus ein- und ausströmendem Volumenstrom, also das Doppelte des Volumenstroms. Der Faktor  $f_{\text{wirk,Komp}} = 0,5$  bewirkt, dass der Volumenstrom nur einfach angerechnet wird.

Zum Vergleich die bekannte Abschätzung der Infiltrationsluftwechselrate nach ISO 13789 bzw. der früheren EN 832:

$$n_{\text{inf}} = n_{50} \cdot e \quad (2)$$

mit

- e: Abschirmungskoeffizient, je nach Windexponiertheit 0,04 bzw. 0,07 bzw. 0,1

Durch Vergleich von (1) und (2) erhält man

$$e = f_{\text{wirk,Komp}} \cdot \left( \frac{\Delta p}{50 \text{ Pa}} \right)^n \quad (3)$$

Ein Auslegungs-Differenzdruck nach DIN 1946-6 lässt sich also in einen Abschirmungskoeffizienten entsprechend ISO 13789 umrechnen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Auslegungs-Differenzdruck nach DIN 1946-6 für freie Querlüftung und daraus berechneter Abschirmungskoeffizient

| Situation   | Auslegungs-Differenzdruck nach DIN 1946-6 | Abschirmungskoeffizient analog ISO 13789 und EN 832 |
|---|---|---|
|   | Pa  |   |
| eingeschossige Nutzungseinheit in windschwacher Lage  | 2   | 0,06  |
| eingeschossige Nutzungseinheit in windstarker Lage    | 4   | 0,09  |
| mehrgeschossige Nutzungseinheit in windschwacher Lage | 5   | 0,11  |
| mehrgeschossige Nutzungseinheit in windstarker Lage   | 7   | 0,13  |

## Auslegung von Lüftungskomponenten

Gleichung 13 der DIN 1946-6 beschreibt die Ermittlung des „für die Auslegung wirksamen Außenluftvolumenstroms durch Infiltration“. Umgeformt für Luftwechselraten lässt sie sich folgendermaßen schreiben:

$$n_{\text{inf}} = f_{\text{wirk,Komp}} \cdot n_{50} \left( \frac{f_{\text{wirk,Lage}} \cdot \Delta p}{50 \text{ Pa}} \right)^n \quad (4)$$

mit

|                          |   |
|--------------------------|---|
| $n_{\text{inf}}$ :       | wirksame Infiltrationsluftwechselrate   |
| $f_{\text{wirk,Komp}}$ : | Korrekturfaktor für den wirksamen Infiltrationsluftanteil   |
| $f_{\text{wirk,Lage}}$ : | Korrekturfaktor für die Zunahme des Windes mit der Höhe über Grund und für die Windexponiertheit des Gebäudes, Standardwert 1 |
| $\Delta p$ :             | Auslegungs-Differenzdruck, abhängig vom Lüftungssystem, der Windregion und ggf. der Geschossigkeit                            |

Bei freier Querlüftung sind Gleichung (4) und die für das Lüftungskonzept verwendete Gleichung (1) identisch. Bei anderen Lüftungssystemen stimmen beide Gleichungen formal überein, die Parameter haben aber unterschiedliche Werte:

Der Korrekturfaktor für den wirksamen Infiltrationsluftanteil setzt sich nach Anhang I der Norm folgendermaßen zusammen:

$$f_{\text{wirk,Komp}} = f_{\text{Sys}} \cdot f_{\text{inf}} \quad (5)$$

mit

|                    |  |
|--------------------|--|
| $f_{\text{Sys}}$ : | Korrekturfaktor für den Einfluss des Lüftungssystems |
| $f_{\text{inf}}$ : | Korrekturfaktor für die jeweilige Lüftungskomponente |

Der Faktor  $f_{\text{Sys}}$  beträgt bei balancierten Lüftungssystemen, d.h. bei freier Querlüftung und bei balancierten Zu-Abluft-Anlagen 0,5 um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass etwa die Hälfte der Undichtheiten von innen nach außen, die andere Hälfte von außen nach innen durchströmt wird. Bei einer Abluftanlage in einem Einfamilienhaus beträgt der Faktor 1, denn alle Undichtheiten werden von außen nach innen durchströmt.

Der Faktor  $f_{\text{inf}}$  drückt aus, wie stark sich die Infiltration auf die Dimensionierung der jeweiligen Komponente des Lüftungssystems auswirken soll. Beispielsweise wird bei der Dimensionierung von Außenluftdurchlässen bei freier Querlüftung die gesamte Infiltration berücksichtigt; der Faktor beträgt  $f_{\text{inf}} = 1$ .

Der Auslegungsdifferenzdruck  $\Delta p$  in Gleichung (4) ist für freie Querlüftung in Tabelle 1 aufgeführt. Bei Abluftanlagen beträgt er 8 Pa – verursacht durch den vom Ventilator erzeugten Unterdruck.

Weitere, hier nicht einzeln aufgeführte Faktoren für verschiedene Lüftungssysteme und –komponenten sind in der Norm tabellarisch aufgeführt.

## VERGLEICH MIT ISO 13789 BZW. EN 832

In den meisten Fällen ist der für mittlere Windexponiertheit geltende Abschirmungskoeffizient nach Tabelle 1 höher als der Wert von  $e = 0,07$  nach ISO 13789 bzw. der zurückgezogenen EN 832. Dementsprechend ergeben sich nach DIN 1946-6 bei freier Querlüftung meist höhere Infiltrations-Luftwechselraten als nach ISO 13789 (Bild 1).

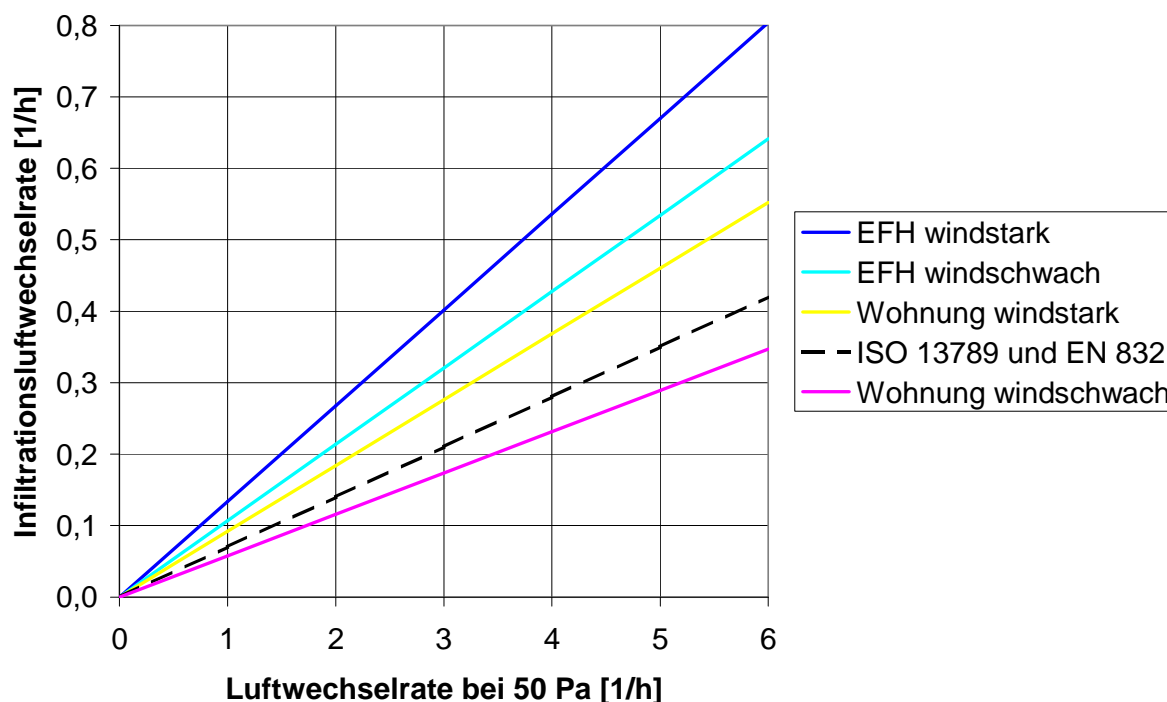


Bild 1: Infiltrationsluftwechselrate bei mittlerer Windexponiertheit in Abhängigkeit von der Gebäudeundichtheit nach DIN 1946-6 und zum Vergleich nach ISO 13789

Werte für die wirksame Infiltrationsluftwechselrate bei der Dimensionierung von Lüftungskomponenten nach Gleichung (4) sind nicht in jedem Fall mit der Abschätzung nach ISO 13789 vergleichbar, weil bei manchen Lüftungskomponenten die Infiltration nur teilweise angerechnet wird.

Bei Abluftanlagen wird in der Lüftungsnorm unter „Infiltration“ der vom Unterdruck durch den Ventilator verursachte Volumenstrom durch Gebäudeundichtheiten verstanden, sozusagen die „erzwungene“ Infiltration. Im Gegensatz dazu bezeichnet der Begriff „Infiltration“ in ISO 13789 den In- und Exfiltrationsvolumenstrom, der dadurch entsteht, dass zeitweise an manchen Stellen der Gebäudehülle ein wetterbedingter Überdruck den anlagenbedingten Unterdruck übersteigt.

## VERGLEICH MIT SIMULATION

In Bild 2 ist das Ergebnis von Simulationsrechnungen dargestellt (Wolfgang Feist 1993). Für ein freistehendes Reihenmittelhaus in Frankfurt wurde der 10-Tages-Mittelwert der Außenluftwechselrate im Verlauf eines Jahres ermittelt. Bei diesem extrem undichten Beispiel mit  $n_{50} = 20 \text{ h}^{-1}$  wird der hygienisch notwendige

Luftwechsel allein durch Fugenlüftung erreicht: Im Erdgeschoss beträgt das Minimum des 10-Tages-Mittels  $0,42 \text{ h}^{-1}$ . Für das gesamte Gebäude liegt das 10-Tages-Minimum bei  $0,5 \text{ h}^{-1}$ , der Mittelwert bei  $1 \text{ h}^{-1}$  und das Maximum des 10-Tages-Mittels bei  $6 \text{ h}^{-1}$ . Der Windschutzkoeffizient liegt bei diesem Beispiel bei  $e = 0,05$ .

Für dieses Gebäude würde man bei mittlerer Windexponiertheit nach ISO 13789 für die Heizzeit eine mittlere Luftwechselrate von  $1,4 \text{ h}^{-1}$  abschätzen. Nach DIN 1946-6 erhält man für das 2-geschossige Haus einen Wert der Infiltrationsluftwechselrate von  $2,2 \text{ h}^{-1}$ .

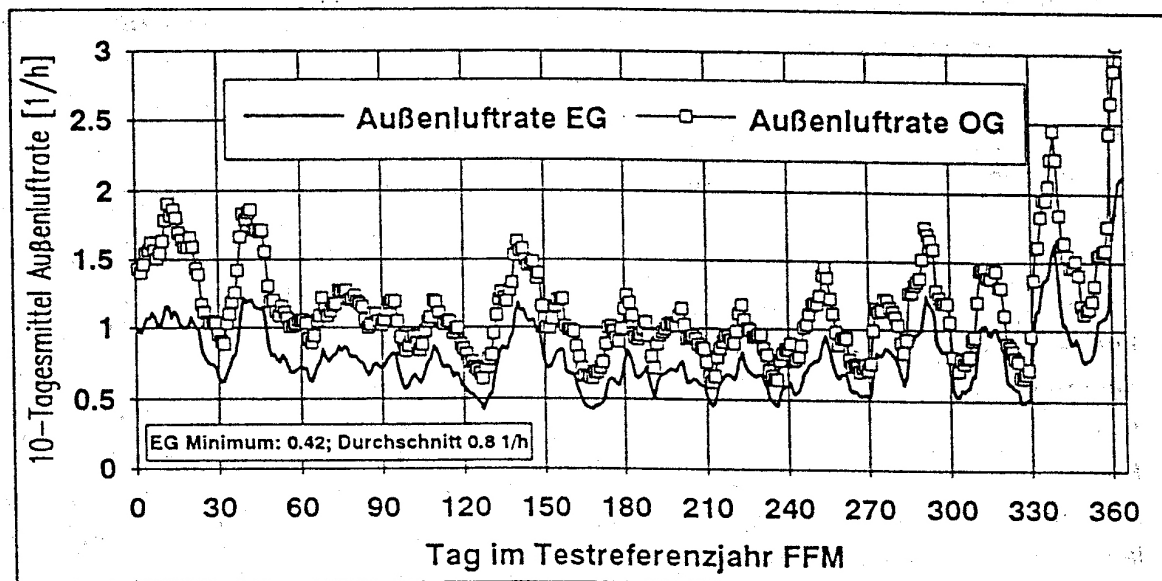


Bild 2: Zehntagesmittelwert der Infiltrationsluftwechselrate für ein frei stehendes Reihenhaus mit  $n_{50} = 20 \text{ h}^{-1}$  in Frankfurt, ermittelt durch Simulation.

Quelle: W. Feist / Zeller, Dorschky, Borsch-Laaks, Feist 1995

Das Beispiel lässt erahnen, dass der Mittelwert der Infiltrationsluftwechselrate nur sehr ungenau abgeschätzt werden kann. Vor allem zeigt es aber, dass die Luftwechselraten durch unveränderliche Öffnungen im Jahresverlauf extrem schwanken. Selbst der Mittelwert über 10 Tage schwankt extrem.

## STANDARDWERTE FÜR DIE LUFTWECHSELRATE BEI 50 PASCAL

Sowohl bei der Erstellung des Lüftungskonzeptes, als auch bei der Dimensionierung der Lüftungskomponenten werden nach DIN 1946-6 für die Luftwechselrate bei 50 Pascal ( $n_{50}$ ) Messwerte angesetzt. Liegen keine Messwerte vor, werden tabellierte Standardwerte (Tabelle 2) verwendet.

Tabelle 2: Standardwerte für die Luftwechselrate bei 50 Pa nach DIN 1946-6

| Sanierungszustand   | Lüftungskategorie           | Luftwechselrate bei 50 Pa |
|---|-----------------------------|---------------------------|
|   |                             | $h^{-1}$                  |
| Neubau bzw. Modernisierung  | ventilatorgestützte Lüftung | 1,0                       |
| Neubau  | freie Lüftung               | 1,5                       |
| Modernisierung von eingeschossigen Nutzungseinheiten (typisch bei Mehrfamilienhaus) | freie Lüftung               |                           |
| Modernisierung von mehrgeschossigen Nutzungseinheiten (z.B. EFH)                    | freie Lüftung               | 2,0                       |
| Bestandsgebäude   | beliebig                    | 4,5                       |

Da die Lüftungsnorm DIN 1946-6 – abgesehen von Gutachten bei Problemfällen – im Neubau und bei Sanierungen angewendet wird, hat der Wert für Bestandsgebäude wenig praktische Relevanz. Die Baupraxis bei Neubauten und Sanierungen zeigt, dass im Geschosswohnungsbau in den Regelgeschossen oft eine höhere Dichtheit erzielt wird. Luftwechselraten bei 50 Pascal unter  $1 h^{-1}$  sind nicht selten.

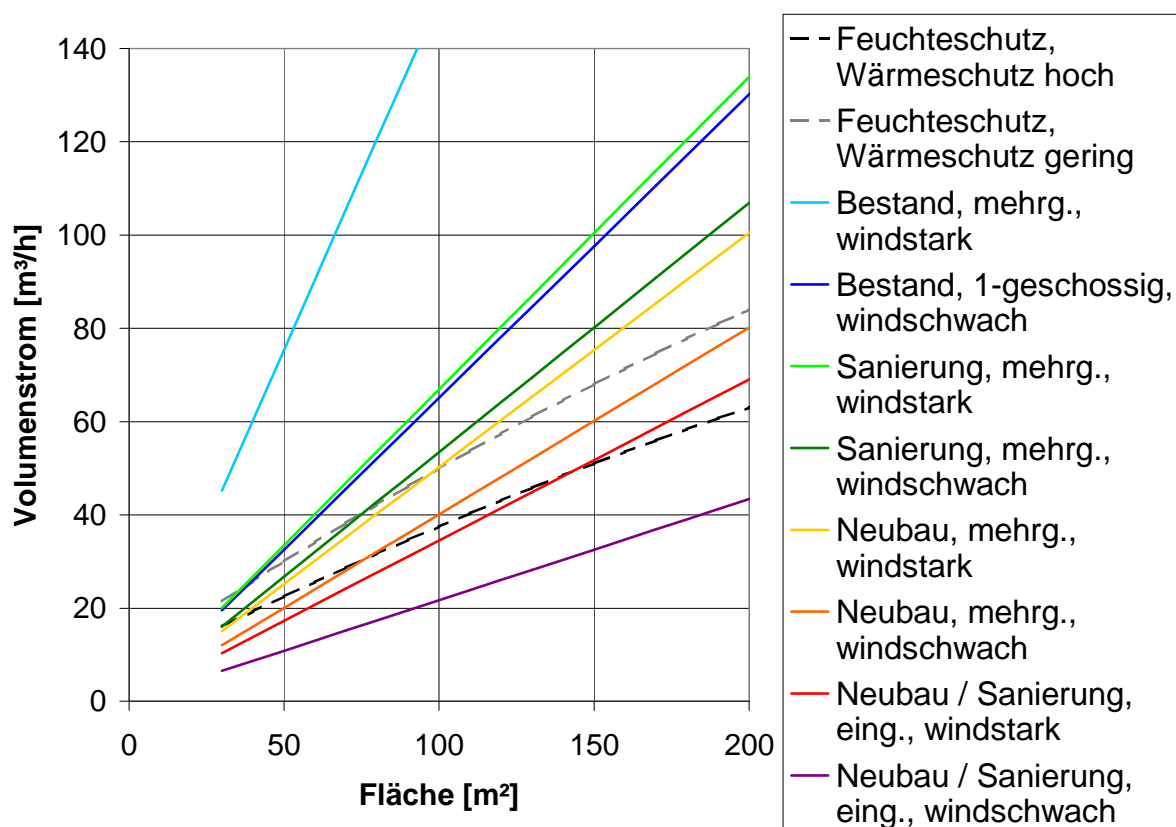


Bild 3: Aus Standardwerten für  $n_{50}$  berechnete Infiltrationsvolumenströme im Vergleich zum erforderlichen Volumenstrom für den Feuchteschutz

Bild 3 zeigt die aus den Standardwerten der Luftwechselrate bei 50 Pascal abgeleiteten Volumenströme im Vergleich zu den nach der Lüftungsnorm erforderlichen Volumenströme für den Feuchteschutz. Man erkennt, dass unter diesen Annahmen im Bestand (blaue Linien) in fast keinem Fall lüftungstechnische

Maßnahmen als erforderlich angesehen werden, während bei der Sanierung und im Neubau von eingeschossigen Wohnungen (rot und violett) fast immer LTM gefordert werden.

## **BEWERTUNG**

### **Einfluss der Gebäudedichtheit**

In der Regel ist zum Zeitpunkt der Lüftungsplanung die Gebäudehülle nicht fertiggestellt bzw. noch nicht saniert. Da also keine Messwerte der Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle zur Verfügung stehen, muss auf Standardwerte (Tabelle 2) zurückgegriffen werden.

Auch wenn Messwerte zur Verfügung stehen, wäre es zumindest bei undichten Gebäuden sinnvoller, mit Standardwerten „nach Sanierung“ zu rechnen, statt mit gemessenen Werten. Auf diese Weise könnte man vermeiden, dass bei einer späteren Sanierung der Gebäudehülle die Lüftungskomponenten durch größere ersetzt werden müssen.

### **Freie Querlüftung über Außenluftdurchlässe und Gebäudeundichtheiten**

Die in Bild 2 wiedergegebenen Ergebnisse einer Simulationsrechnung zeigen, dass bei alleiniger Lüftung über unveränderliche Öffnungen in der Gebäudehülle der 10-Tages-Mittelwert der Luftwechselrate extrem schwankt: im Erdgeschoss zwischen rund  $0,4 \text{ h}^{-1}$  und  $2,2 \text{ h}^{-1}$ , im Obergeschoss zwischen rund  $0,7 \text{ h}^{-1}$  und  $11 \text{ h}^{-1}$ . Die Schwankungen der Stundenwerte sind naturgemäß noch erheblich höher.

Das Konzept einer freien Querlüftung über Gebäudeundichtheiten und Außenluftdurchlässe mit unveränderlicher Öffnung wäre wegen dieser Schwankungen nicht geeignet, dauerhaft den Mindestluftwechsel sicherzustellen ohne dass es an windigen oder sehr kalten Tagen zu Zugerscheinungen und enormen Lüftungswärmeverlusten kommt. Die Lüftungsnorm lässt deshalb nur „manuell einstellbare und verschließbare oder über eine geeignete Führungsgröße selbsttätig regelnde Außenluftdurchlässe“ zu. Inwieweit reale Außenluftdurchlässe dieser Anforderung so entsprechen, dass eine freie Querlüftung weitgehend wetterunabhängig erfolgt, ist allerdings sehr fraglich.

Der Vergleich mit ISO 13789 und mit der Simulationsrechnung lässt vermuten, dass die Dimensionierung der Außenluftdurchlässe nach DIN 1946-6 für freie Querlüftung eher knapp ausfällt.

### **Zu-Abluft-Anlagen**

Bei der Dimensionierung der Ventilatoren und der Überströmluftdurchlässe von Zu-Abluft-Anlagen soll nach DIN 1946-6 90 Prozent des Infiltrationsvolumenstroms angerechnet werden. Da die Luftwechselrate bei 50 Pascal im Planungsstadium



noch nicht bekannt ist, wird in der Regel der Standardwert  $n_{50} = 1 \text{ h}^{-1}$  angesetzt. Abhängig von der Windregion führt dies zu einer Verringerung der Luftwechselrate bei Nennlüftung um  $0,05 \text{ h}^{-1}$  bzw.  $0,08 \text{ h}^{-1}$ , also um rund 10 % bis 15 %.

Es ist umständlich, wegen dieser kleinen Korrektur den wirksamen Infiltrationsvolumenstrom zu berechnen. Für eine Überarbeitung der Norm wäre zu empfehlen, die erforderlichen Volumenströme pauschal etwas zu verringern und die Infiltration zu vernachlässigen.

## Abluftanlagen

Bei der Dimensionierung der Außenluftdurchlässe von Abluftanlagen besteht ein Dilemma: Plant man die Außenluftdurchlässe eher klein, haben sie gegenüber den Gebäudeundichtheiten eine geringe Autorität und die Außenluftvolumenströme in den Zulufräumen können nicht sichergestellt werden. Plant man die Außenluftdurchlässe groß, wird der von der Anlage erzeugte Unterdruck im Gebäude klein, und die wetterbedingten Druckdifferenzen überwiegen zu vielen Zeiten den von der Anlage erzeugten Unterdruck. Zusätzliche In- und Exfiltration sowie eine ungenügende Durchströmung von Räumen auf der Lee-Seite bzw. im obersten Geschoss sind die Folge.

Insofern ist es einleuchtend, dass Gebäudeundichtheiten bei der Auslegung der ALD Berücksichtigung finden. Weniger einleuchtend ist es, dass – sofern verfügbar – die Messwerte verwendet werden sollen. Bei undichten Gebäuden führt dies zu einer Verkleinerung der ALD und somit zu einer Verringerung der Autorität der ALD.

Einfacher als die in der Norm beschriebene Berücksichtigung der Gebäudedichtheit wäre es, die Norm würde den Anteil des vom Ventilator geförderten Volumenstroms vorgeben, auf den die ALD zu dimensionieren sind. Da die Verteilung der Undichtheiten auf die Räume nicht bekannt ist, ist es sogar sinnvoll, die Nachströmung durch die Gebäudehülle unberücksichtigt zu lassen und bei der Inbetriebnahme ALD in undichten Räumen zu drosseln (Werner, Laidig 2012).

Bei der Auslegung der Ventilatoren soll nach Norm der Auslegungsvolumenstrom um 20 % des Volumenstroms durch Gebäudeundichtheiten verringert werden. Wie schon bei den Zu-Abluft-Anlagen ausgeführt wäre es einfacher, die Volumenströme für Nennlüftung prinzipiell um den entsprechenden Wert von  $0,06 \text{ h}^{-1}$  zu verringern.

## SCHLUSSFOLGERUNG

Es erscheint sinnvoll, bei der Lüftungsplanung die Undichtheit der Gebäudehülle zu berücksichtigen. Zu diesem Zeitpunkt ist aber die Gebäudehülle meist noch nicht fertiggestellt und die reale Dichtheit nicht bekannt. Man ist also gezwungen, Standardwerte für die Luftwechselrate bei 50 Pascal ( $n_{50}$ ) zu verwenden.

Auch in den Fällen, in denen die Gebäudehülle undicht und der Messwert für  $n_{50}$  bekannt ist, wäre es sinnvoll, abweichend von DIN 1946-6 mit Standardwerten für  $n_{50}$  „nach Sanierung“ zu planen, damit bei einer späteren Nachbesserung der Gebäudehülle die Lüftungskomponenten nicht neu dimensioniert werden müssen.

Folgt man dieser Idee, dann könnte die rechnerische Abschätzung der Infiltration in DIN 1946-6 entfallen: Anstatt die erforderlichen Lüftungsvolumenströme um einen Anteil des Infiltrationsvolumenstroms zu reduzieren, könnten prinzipiell etwas niedrigere Volumenströme angesetzt werden. Für die Dimensionierung der Außenluftdurchlässe von Abluftanlagen könnte die Norm angeben, auf welchen Anteil des vom Ventilator geförderten Volumenstroms diese auszulegen sind.

Planern ist auf Basis der aktuellen Norm zu empfehlen:

- Für die Hülle der Wohnungen wird eine hohe Luftdichtheit angestrebt.
- Ventilatoren und Außenluftdurchlässe werden so geplant, dass ein großer Regelbereich nach unten bis zur Feuchtelüftung erreicht wird. Bei Abluftanlagen beispielsweise können bei der Inbetriebnahme die ALD in undichten Zulufräumen gedrosselt werden (Werner und Laidig 2012).
- Unter diesen Voraussetzungen kann die Infiltration bei der Auslegung der Lüftungstechnischen Komponenten vernachlässigt werden. Dies ist auch formal zulässig, denn bei den erforderlichen Volumenströmen nach DIN 1946-6 handelt es sich um Mindestwerte.

## LITERATUR

- DIN 1946-6 (2009-05). Raumluftechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung. Beuth-Verlag, Berlin
- DIN V 4108-6 (2003-06). Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs. Beuth-Verlag, Berlin
- DIN 4108-7 (2011-01). Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden – Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie –beispiele. Beuth-Verlag, Berlin
- DIN V 18599-2 (2011-12). Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 2: Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen. Beuth-Verlag, Berlin
- DIN EN 832 (2003-06). Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Berechnung des Heizenergiebedarfs – Wohngebäude. Beuth-Verlag, Berlin
- DIN EN 12831 (2003-08). Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast. Beuth-Verlag Berlin
- DIN EN 12831 Beiblatt 1 (2008-07). Heizsysteme in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast – Nationaler Anhang NA. Beuth-Verlag Berlin
- DIN EN 13829 (2001-02). Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren. Beuth-Verlag, Berlin
- DIN EN 15242 (2007-09). Lüftung von Gebäuden – Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Luftvolumenströme in Gebäuden einschließlich Infiltration. Beuth-Verlag, Berlin
- DIN EN ISO 13789 (2008-04). Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Spezifischer Transmissions- und Lüftungswärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren (ISO 13789:2007). Beuth-Verlag, Berlin
- Feist, Wolfgang (1993). Passivhäuser in Mitteleuropa. Dissertation. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt
- Werner, Johannes und Laidig, Matthias (2012). Empfehlung von Luftdichtheitsanforderungen. FLiB Buch / Band 1, S. 45-49, FLiB e.V., 2. Auflage, Berlin
- Zeller, Joachim (2009). Berechnung des Infiltrations-Exfiltrations-Volumenstroms nach verschiedenen Normen – Vergleich und Würdigung der Ergebnisse. Reader 4th International Symposium on Building and Ductwork Air tightness (BUILDAIR). Springe-Eldagsen 2009
- Zeller, Dorschky, Borsch-Laaks, Feist (1995). Luftdichtigkeit von Gebäuden – Luftdurchlässigkeitsmessungen mit der Blower Door in Niedrigenergiehäusern und anderen Gebäuden. IWU, Darmstadt