

Luftdichtheitsanforderungen an Materialien

–

Wie dicht müssen Bauprodukte sein, die die Luftdichtheit herstellen sollen?

Joachim Zeller

*Ingenieurbüro für Niedrigenergie- und Passivhäuser
Am Schnellbäumle 16, D-88400 Biberach, (+49) 7351-147 83, joachim.zeller@t-online.de*

KURZFASSUNG

Derzeit gibt es im Normenwerk keine Festlegung, bis zu welcher Luftdurchlässigkeit ein Material als „luftdicht“ bezeichnet werden darf. Im Artikel wird aus den Anforderungen an Gebäude eine Anforderung an Materialien hergeleitet. Demnach ist – abgesehen von kleineren Teilflächen – eine maximale Luftdurchlässigkeit der Luftdichtheitsschicht von $0,1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ bei 50 Pascal zu fordern.

Für Bauteilanschlussfugen gilt nach DIN 4108-2 ein maximaler Fugendurchlasskoeffizient von $0,1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ bei 10 Pascal. Bei Bauweisen mit hohem Fugenanteil liegt diese Anforderung nicht auf der sicheren Seite.

SCHLÜSSELWÖRTER

Luftdichtheit, Luftdurchlässigkeit, Luftdichtheitsbahn, Luftdichtheitsschicht, Fugendurchlasskoeffizient, Fenster

PROBLEMSTELLUNG

In den letzten Jahren wurde zunehmend von unzureichender Luftdichtheit von Materialien berichtet, die bislang als luftdicht galten: OSB-Platten und Tyvek-Bahnen. Zukünftig reicht es also nicht mehr, in der Planung die Art des Materials vorzugeben, sondern es müssen quantitative Anforderungen an die Dichtheit gestellt werden.

Es stellt sich die Frage, welche Anforderungen in Normen und in der Literatur genannt werden, und wie man im Falle von fehlenden Angaben die notwendigen Anforderungen herleiten kann.

VOLUMENBEZOGENE LUFTDICHTHEITSANFORDERUNGEN

Die meisten Anforderungen an die Luftdichtheit von Gebäuden beziehen sich auf das Innenvolumen, das heißt, es wird ein oberer Grenzwert für die Luftwechselrate bei 50 Pascal n_{50} angegeben. Beispiele dafür sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Ausgangspunkt bei einer fachlich begründeten Anforderung an die Luftdichtheit von Gebäuden ist in der Regel die für die Hygienelüftung erforderliche Luftwechselrate. Aus dieser wird eine akzeptabel erscheinende Infiltrationsluftwechselrate hergeleitet,

aus der sich wiederum eine maximale Luftwechselrate bei 50 Pascal berechnen lässt. Ausführlich beschrieben wird dies bei Werner und Laidig (2008).

Damit stellt sich die Frage, wie man aus der volumenbezogenen Anforderung an das Gebäude n_{50} Anforderungen an die Luftdichtheitsschicht, d.h. flächenbezogene Anforderungen q_{50} herleitet.

Tabelle 1: Grenzwerte für die Luftwechselrate bei 50 Pascal n_{50}

Quelle	Kategorie	Maximalwert für n_{50} [h^{-1}]
EnEV 2009	dichtheitsgeprüfte Gebäude ohne raumluftechnische Anlagen	3,0
DIN 4108-7	Anforderung an Gebäude ohne raumluftechnische Anlagen	
EnEV 2009	dichtheitsgeprüfte Gebäude mit raumluftechnischen Anlagen	1,5
DIN 4108-7	Anforderung an Gebäude mit raumluftechnischen Anlagen	
DIN 4108-7	empfohlener Höchstwert für Gebäude mit ventilatorgestützter Lüftung	1,0
RAL-GZ energieeffizientes Gebäude	Anforderung für RAL-Gütezeichen „energieeffizientes Gebäude“	0,6
PHI-Kriterien	Anforderung an Passivhaus	
RAL-GZ energieeffizientes Gebäude	Anforderung für RAL-Gütezeichen „energieeffizientes Gebäude“ im „Passivhaus-Standard“	
Werner, Laidig 2008	empfohlener Zielwert für (Wohn-) Gebäude mit ventilatorgestützter Lüftung	

LUFTDICHTHEITSANFORDERUNGEN IN DER FLÄCHE

Die Einhaltung der Luftdichtheitsanforderungen ist bei großen, kompakten Gebäuden einfacher ist als bei Einfamilienhäusern. Das liegt daran, dass bei kompakten Gebäuden das Verhältnis von Hüllfläche zu Innenvolumen kleiner ist, als bei weniger kompakten Häusern, so dass bei gleicher Qualität der Gebäudehülle die Luftwechselrate bei 50 n_{50} Pascal kleiner ausfällt.

Um eher auf der sicheren Seite zu sein, wird man sich bei der Festlegung von Luftdichtheitsanforderungen für Materialien daher eher an den Verhältnissen bei Einfamilienhäusern orientieren. Hier gilt für das Verhältnis von Hüllfläche A zu Innenvolumen V

$$A/[m^2] \approx V/[m^3] \quad (1)$$

Dementsprechend gilt für die Luftdurchlässigkeit des Gebäudes $q_{50,build}$:

$$q_{50,build}/[h^{-1}] \approx n_{50}/[m^3/m^2/h] \quad (2)$$

Um zu einer Materialanforderung zu kommen muss man weiterhin berücksichtigen, dass es beim Bauen auch Unvorhergesehenes gibt – Undichtigkeiten, die trotz

vorausschauender Planung und sorgfältiger Bauausführung vorhanden sind. Sinnvollerweise ist daher zu fordern, dass die Luftdurchlässigkeit der luftdichten Materialien „eine Größenordnung“ kleiner ist als die Anforderung an das Bauwerk. Der Luftvolumenstrom durch die (unbeschädigten) Materialien der Luftdichtheitsschicht soll also maximal ein Zehntel des maximal zulässigen Luftvolumenstroms ausmachen.

Aus dem empfohlenen Höchstwert nach DIN 4108-7 für Häuser mit Lüftungsanlage

$$n_{50} \leq 1 \text{ h}^{-1} \quad (3)$$

ergibt sich nach (2) für das fertige Gebäude einschließlich aller Fugen und Undichtheiten

$$q_{50,\text{build}} \leq 1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h} \quad (4)$$

Zum Vergleich:

In DIN 4108-7 wird als Maximum für die Luftdurchlässigkeit ein Wert von $q_{50,\text{build}} = 3 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ angegeben. Dieser Grenzwert greift bei kompakten Gebäuden ohne Lüftungsanlage. Für Passivhäuser gilt ein Grenzwert von $q_{50,\text{build}} = 0,6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$.

Da das Material etwa 10 mal so dicht sein soll wie die tolerierbare Luftdurchlässigkeit der fertigen Gebäudehülle, folgt aus (4):

$$q_{50,\text{mat}} \leq 0,1 q_{50,\text{build}} \quad (5)$$

also

$$q_{50,\text{mat}} \leq 0,1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h} \quad (6)$$

Materialien mit höherer Luftdurchlässigkeit sollten nicht als „luftdicht“ bezeichnet werden.

Ein Planer kann zwar undichtere Materialien für kleinere Teilflächen der luftdichten Gebäudehülle vorsehen, er muss dann aber darauf achten, dass ausreichend Reserven für Fugen und unvorhergesehene Undichtigkeiten vorhanden sind.

LUFTDICHTHEIT VON MATERIALIEN

In Tabelle 2 sind Messwerte der Luftdurchlässigkeit für verschiedene Materialien zusammengestellt. Materialien, deren flächenbezogene Luftdurchlässigkeit $q_{50,\text{mat}}$ höher als $0,1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ ist, sind nicht als Luftdichtheitsschicht für größere Flächen geeignet.

Tabelle 2: Luftdurchlässigkeit verschiedener Materialien

Material	Luftdurchlässigkeit in $\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ bei 50 Pa
Schüttdämmstoff	275 - 1135
Mineralwolle	13 - 150
Hartschaumplatte	0,003 – 1,1
Korkplatte, expandiert, trocken	ca. 2,5
Kokosfaser-/ Holzwolleleichtbauplatte	950 - 6600
Holzweichfaserplatte	2 – 3,5
bituminierte Holzfaserdämmplatte	1,1 – 2,3
Pinienholz	0,00006
Holz sonst	bis 0,0003
Hartfaserplatte	0,001 – 0,003
Sperrholz	0,004 – 0,02
Spanplatten, MDF	0,05 – 0,22
Gipskartonplatte	0,002 – 0,03
Baupappe	0,01 - 3
PE-Folie 0,1 mm	0,0015
Bitumenpappe	0,008 – 0,02
Unterspannbahn	ca. 1
Ziegel, KS-Stein	0,001 – 0,05
Porenbeton, Bimsbeton u.Ä.	0,06 – 0,35
Kalkputz	0,02 – 0,6
Kalk-Zement-Putz	0,002 – 0,05
Zementputz	0,001 – 0,002

Bei der Auswahl der Materialien ist darüber hinaus darauf zu achten, dass es in der Baupraxis gelingt, die Stöße und Anschlüsse dauerhaft luftdicht abzudichten. Das ist beispielsweise bei Massivholz in der Regel nicht der Fall. In Tabelle 3 sind einige Beispiele von Bauteilschichten enthalten, die wegen undichter Stöße und Überlappungen trotz Verwendung von luftdichten Materialien undicht sind.

Tabelle 3: Luftdurchlässigkeit verschiedener Bauteilschichten

Aufbau der Bauteilschicht	Luftdurchlässigkeit in $\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ bei 50 Pa
Rollisol am Rand geheftet	10 - 25
PS-Hartschaumplatten zwischen den Sparren, nicht geklebt	> 40
PS-Hartschaumplatten, Ränder verklebt	12
Zellulosefaserdämmstoff (75 kg/m^3), Schichtdicke 16 cm	4 – 7,5
Nut-Feder-Schalung	ca. 15
Holzpaneele aus MDF oder Spanplatten	8 - 17
Gipskartonplatten unverfugt	50
Akustikdecke	90 - 190
PE-Folie, am Rand geheftet	4
Mauerwerk unverputzt	sehr undicht
verputztes Mauerwerk	wie Putz

FUGEN UND ANSCHLÜSSE

Allgemeingültige Anforderungen an Fugen und Anschlüsse aus den Anforderungen an Gebäude abzuleiten ist problematisch, weil die Gesamtlänge der Fugen sehr stark von der Bauweise abhängt. Anhand eines Beispiels wird nachfolgend die Vorgehensweise dargestellt:

Beispiel:

Die Luftdichtheitsschicht soll aus geeigneten Platten im Format 2,5 m auf 0,6 m hergestellt werden. Der Fugenanteil F/A in der ungestörten Fläche ergibt sich aus dem Umfang U einer Platte und der Fläche einer Platte zu

$$F/A = \frac{1}{2} * U / A \quad (7)$$

Der Umfang wird dabei nur zur Hälfte angerechnet, weil an jedem Plattenstoß die Kanten zweier Platten zusammentreffen. Für das oben genannte Beispiel ergibt sich

$$F/A = (2,5 + 0,6) \text{ m} / (2,5 \text{ m} * 0,6 \text{ m}) = 2,1 \text{ m/m}^2 \quad (8)$$

Unter Berücksichtigung der sonstigen Fugen dürfte der gesamte Fugenanteil bei

$$F/A \approx 2,5 \text{ m/m}^2 \quad (9)$$

liegen.

Ist das Ziel eine Luftdurchlässigkeit der fertigen Gebäudehülle lt. (4) von $1 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$, dann gilt für die Fugendurchlässigkeit bei 50 Pascal:

$$a_{50} < q_{50} / (F/A) \quad (10)$$

$$a_{50} < 1 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h}) / (2,5 \text{ m/m}^2) \quad (11)$$

$$a_{50} < 0,4 \text{ m}^3/\text{h/m} \quad (12)$$

Dies entspricht einem Fugendurchlasskoeffizient bei 10 Pa von

$$a_{10} < a_{50} * (10/50)^{2/3} \quad (13)$$

$$a_{10} < 0,14 \text{ m}^3/\text{h/m} \quad (14)$$

Weitgehend vernachlässigbar sind die Fugen dann, wenn ihr Fugendurchlasskoeffizient eine Größenordnung kleiner ist, d.h. bei

$$a_{10} \leq 0,01 \text{ m}^3/\text{h/m} \quad (15)$$

Der in DIN 4108-2 geforderte Höchstwert für den Fugendurchlasskoeffizient von Bauteilanschlussfugen in Höhe von $0,1 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ bei 10 Pa liegt daher nicht unbedingt auf der sicheren Seite.

Tabelle 4: Maximale Fugendurchlasskoeffizienten

Regelwerke	Grenzwert	Druckdifferenz in Pa	a ₁₀ in m ³ /h/m bei 10 Pa	a ₅₀ in m ³ /h/m bei 50 Pa	äquivalente Fugenbreite in mm bei 50 Pa
DIN 4108-2 Schließfugen von Türen	2 m ³ /(h m)	10	2	5,8	0,3
DIN EN 12207 Klasse 1	12,5 m ³ /(h m)	100	2,7	8	0,4
EnEV 2009 bis 2 Vollgeschosse, DIN EN 12207 Klasse 2	6,75 m ³ /(h m)	100	1,5	4,3	0,2
EnEV 2009 mehr als 2 Vollgeschosse, DIN EN 12207 Klasse 3	2,25 m ³ /(h m)	100	0,48	1,4	0,07
DIN EN 12207 Klasse 4	0,75 m ³ /(h m)	100	0,16	0,47	0,024
DIN 4108-2 Bauteilanschlussfugen	0,1 m ³ /(h m)	10	0,1	0,29	0,015

SCHLIEßFUGEN VON FENSTERN

Bei einem Einfamilienhaus mit einem Innenvolumen von 400 m³ und einer Länge der Fensterschließfugen von insgesamt 100 m ergibt sich bei Fensterklasse 2 ein maximaler Anteil der Fensterschließfugen an der Luftwechselrate bei 50 Pascal von

$$n_{50} = 6,75 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m} * (50/100)^{2/3} * 100 \text{ m} / 400 \text{ m}^3 \quad (16)$$

$$n_{50} = 1,1 \text{ h}^{-1} \quad (17)$$

Für ein Haus mit Lüftungsanlage sind Fenster der Dichtheitsklasse 2 also nicht ausreichend. Daher findet sich in DIN 4108-7 der Hinweis:

„Wenn die Luftdichtheitsanforderungen für Gebäude mit Ventilator gestützter Lüftung eingehalten werden müssen, sind meist Fenster mit einer Klassifizierung der Luftdurchlässigkeit von mindestens der Klasse 3 nach DIN EN 12207-1 erforderlich.“

Bei Dichtheitsklasse 3 beträgt der Anteil der Schließfugen an der Luftwechselrate bei 50 Pascal

$$n_{50} = 2,25 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m} * (50/100)^{2/3} * 100 \text{ m} / 400 \text{ m}^3 \quad (18)$$

$$n_{50} = 0,35 \text{ h}^{-1} \quad (19)$$

EMPFEHLUNGEN

Derzeit kann man sich als Planer nicht darauf verlassen, dass Materialien, die als „luftdicht“ bezeichnet werden, tatsächlich die oben hergeleitete maximale Luftdurchlässigkeit von 0,1 m³/h/m bei 50 Pascal unterschreiten. Daher empfiehlt es

sich, im Zweifelsfall Herstellerangaben über die gemessene Luftdurchlässigkeit anzufordern bzw. in Ausschreibungen einen Maximalwert anzugeben.

Für besonders ehrgeizige Luftdichtheitsziele, beispielsweise für Hochregallager mit Inertgasatmosphäre, müssen entsprechend strengere Anforderungen an die Materialien gestellt werden.

Den Herstellern von Luftdichtungsmaterialien wird empfohlen, in Zweifelsfällen die Luftdurchlässigkeit ihrer Produkte messtechnisch ermitteln zu lassen. Wünschenswert ist, dass die Ergebnisse potentiellen Kunden bekannt gegeben werden.

LITERATUR

- Biasin, Karl und Zeller, Joachim (2002). Luftdichtigkeit von Wohngebäuden – Messung, Bewertung, Ausführungsdetails. 3. Auflage. VWEW Energieverlag, Frankfurt/Main
- DIN 4108-2 (2003-07). Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. Beuth-Verlag, Berlin
- E DIN 4108-2 (2011-10). Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. Norm-Entwurf. 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 EN 12207-1 (2000-06). Fenster und Türen - Luftdurchlässigkeit - Klassifizierung; Deutsche Fassung EN 12207:1999. Beuth-Verlag, Berlin
- DIN EN 13829 (2001-02). Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren. Beuth-Verlag, Berlin
- EnEV (2009). Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 29. April 2009. Bundesgesetzblatt 2009 Teil 1 Nr. 23
- Eykens, Peter (2011). Luftdurchlässigkeitsanforderungen an die Materialien für die Luftdichtheitsschicht in Passivhäusern. in Tagungsband 6. BuildAir-Symposium, EUZ, Springe-Eldagsen
- Geißler, Achim und Hauser, Gerd (1994). Dichtigkeitsprüfung von Holzverschalungen. AIF-Forschungsvorhaben Nr. 8795, Kassel
- Hens, Hugo (1992). Luft-Winddichtigkeit von geneigten Dächern – Wie sie sich wirklich verhalten. Bauphysik 1992, Heft 6
- Knublauch, Schäfer, Sidon (1987). Über die Luftdurchlässigkeit geneigter Dächer. Gesundheits-Ingenieur 1997, Heft 1
- Knublauch, Erwin (1987a). Winddichtigkeit der Steildachkonstruktion ‚Isofloc-Dach‘. Untersuchungsbericht 26.11.1987. Hagen
- Knublauch, Erwin (1987b). Winddichtigkeit der Steildachkonstruktion ‚Styropor-Dachmantel-System‘. Untersuchungsbericht Dez. 1987, Hagen
- Knublauch, Erwin (1988). Winddichtigkeit der Steildachkonstruktion 2. ‚Isofloc-Dach‘. 2. Untersuchungsbericht Mai 1988, Hagen
- Kronvall, Johnny (1980). Air flows in building components. Lund, Schweden
- Limb, Mark J. (1994). Ventilation and Building Airtightness: an International Comparison of Standards, Codes of Practice and Regulations. Technical Note AIVC 43, Coventry, UK
- NBI – Norges Byggeforskningsinstitutt (1990). Trehus-Handbook 38, Oslo, Norwegen
- PHI-Kriterien. Zertifizierung als qualitätsgeprüftes Passivhaus – Kriterien für Passivhäuser mit Wohnnutzung. Passivhausinstitut (PHI), Darmstadt
- Raisch, E. (1928). Die Luftdurchlässigkeit von Baustoffen und Baukonstruktionen. Gesundheits-Ingenieur 30
- Raisch, E. (1934). Die Luftdurchlässigkeit von Bau- und Wärmeschutzstoffen. Gesundheits-Ingenieur 42
- RAL-GZ energieeffizientes Gebäude (2009). RAL-Gütezeichen energieeffizientes Gebäude – Güte- und Prüfbestimmungen für energieeffiziente Gebäude – RAL-GZ 965. Gütegemeinschaft energieeffiziente Gebäude, Biberach
- Werner, Johannes und Laidig, Matthias (2008). Empfehlung von Luftdichtheitsanforderungen. FLiB Buch / Band 1, S. 43-47, FLiB e.V., Kassel
- Zeller, Dorschky, Borsch-Laaks, Feist (1995). Luftdichtigkeit von Gebäuden – Luftdurchlässigkeitsmessungen mit der Blower Door in Niedrigenergiehäusern und anderen Gebäuden. IWU, Darmstadt