

Luftdichtheit – wohin geht's?

Luftdichtheit, Luftdurchlässigkeit und Leckagebewertung

Die Luftdichtheit der Gebäudehülle stellt seit Jahrzehnten ein wesentliches Qualitätsmerkmal der Niedrigenergiebauweise und des Holzbaus dar. Seit den 1990er Jahren führten umfassende Untersuchungen zu den Auswirkungen von Leckagen in der luftdichten Ebene auf Energieverlust und Dauerhaftigkeit zur Entwicklung bautechnischer Lösungen. Prüfverfahren, Anforderungen und Ausführungslosungen wurden genormt und mit der Zeit adaptiert.

Diese Zeitschrift schenkte dem Thema von Anfang an große Beachtung – vor allem in Bezug auf die Dauerhaftigkeit von Holzkonstruktionen. Der vorliegende Beitrag soll dem Praktiker Hintergründe aufzeigen und gelegentliche Fehlinterpretationen aufdecken. Wo liegen die Grenzen des Blower Door Tests? Welchen Einfluss können geprüfte und zertifizierte Fenster auf die Luftdichtheit haben?

Zwei Schadensfälle zeigen beispielhaft, dass die Bewertung des Feuchterisikos von Luftleckagen keine einfache Aufgabe ist, die ein Messdienstleister nebenbei erledigen kann.

Autor:
Martin Teibinger, Wien

Luftdicht – oder luftdurchlässig?

Der Begriff der Luftdichtheit der Gebäudehülle hat sich in den letzten 25 Jahren im deutschen Sprachraum etabliert. Bedeutung und Auswirkungen von konvektiven Feuchteinträgen durch Leckagen in der luftdichten Ebene sind mittlerweile weitgehend geläufig. Jeder kennt die Vergleichsrechnungen zwischen den beiden Formen des Dampftransportes: Diffusion und Konvektion.

Als Nachweisverfahren werden landauf-landab „Blower Door Tests“ i.d.R. während der Errichtung durchgeführt. Dem ist grundsätzlich nichts hinzuzuführen, oder vielleicht doch?

Bei Laien suggeriert der Begriff „Luftdichtheit“ eine komplette Dichtheit der Gebäudehülle. Wie sollte es auch anders sein, wenn etwas sogar luftdicht ist, dann kann doch

nichts durch, oder doch? Unter diesem Gesichtspunkt macht es Sinn, den Begriff der „Luftdichtheit“ zu überdenken. Es geht nicht darum, ein hermetisch dichtes Haus zu erstellen. Sondern viel mehr die „Luftdurchlässigkeit“ der Gebäude auf ein Maß zu reduzieren, das energetisch vertretbar und raumklimatisch komfortabel ist und keine Tauwasserschäden hervorruft.

Die gültige Prüfnorm [DIN EN ISO 9972] bestimmt nun im Gegensatz zum Erstentwurf aus dem Jahr 1996 nicht mehr die Luftdichtheit von Gebäuden sondern vielmehr die Luftdurchlässigkeit. Während in Österreich in der OIB Richtlinie 6 [OIB RL 6] gefordert wird, dass beim Neubau „die Gebäudehülle luft- und winddicht ausgeführt sein“ muss, fordert in Deutschland die [EnEV 2016] eine luftundurchlässige Gebäudehülle „entsprechend den anerkannten Regeln der Technik“. Dieser Passus ist eindeutiger und vermeidet die Suggestion einer absoluten Dichtheit, die, wie wir wissen, nicht realisierbar ist.

Wie groß ist das Raumvolumen?

Der Blower Door Test wird seit Jahrzehnten als Nachweisverfahren für die „Luftdurchlässigkeit“ der Gebäude-



hülle und auch zur Leckageortung eingesetzt.

Zur Bestimmung des Innenvolumens dürfen in der aktuellen Prüfnorm [DIN EN ISO 9972] im Gegensatz zu den Vorgängernormen Innenbauteile (Wände und Decken) mit eingerechnet werden. Dies bedeutet, dass sich bei gleichen Volumenströmen durch die Hülle rechnerisch geringere Luftwechselraten n_{50} -Werte ergeben. Diese Änderung mag vielleicht die Datenaufnahme einfacher machen – aber auf Kosten einer höheren erlaubten Luftdurchlässigkeit des Gebäudes.

Die Anforderungen an die [EnEV 2016] und der [DIN 4108-7] sind „noch“ nach der zurückgezogenen [DIN EN 13829] zu führen. Der Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen (FLiB) empfiehlt auch in Zukunft mit dem geringeren Volumen – sprich Nettogrundfläche mal mittlerer lichter Raumhöhe zu rechnen.

In Österreich wird in der OIB Richtlinie 6: 2019, welche in den Bundesländern noch nicht umgesetzt wurde, als Nachweis das Verfahren 1 nach [ÖNORM B 9972] angeführt. Die gültige [ÖNORM B 9972] stellt das nationale Anwendungsdokument der EN ISO 9972 dar.

Die Änderung der Volumenbestimmung ergibt bei unserem „Mustergebäude“ (siehe

Abb. 1: Durchdachte Lösung? Gute Produkte gehören auch richtig eingesetzt.

condetti in Heft 01/2019) ein 14% größeres Volumen und somit einen höheren zulässigen Volumenstrom bei gleichem n_{50} -Wert. Streng genommen müssten bei allen Normen, Verordnungen und Fachregeln, die die Prüfnorm in der neuen Fassung in Bezug nehmen, die n_{50} - und q_{50} -Grenzwerte angepasst werden. Was aber wohl nicht geschehen wird. Ein negativer Beitrag zum Klimaschutz.

Für die Messdienstleister zeigt sich wieder einmal, wie wichtig die entsprechende Dokumentation der Eingangsgrößen ist. Der Autor schließt sich der Empfehlung des FLiB an, bei den Anforderungen die Volumenbestimmung nicht zu ändern.

Leckageortung

Im Zuge der Messung ist eine Leckageortung durchzuführen. Die Bewertung der Leckagen ist allerdings nicht

INFOKASTEN

Parameter für die Beurteilung von Leckagen

- Konstruktion (Aufbau, Robustheit im Umgang mit konvektivem Feuchteintrag durch hohe Trocknungsreserven)
- Lage im Gebäude (Obergeschoss unter dem Dach im Bereich der Überdruckzone oder im Erdgeschoss; vgl. Abb. 1 in Heft 3/2006, Seite 17)
- Größe der Leckagefläche
- Strömungsgeschwindigkeit bei z.B. 50 Pa Differenzdruck
- Art der Raumnutzung und innere Feuchtelast

immer so einfach. Dem Autor liegen Prüfberichte bzw. Gutachten vor, in denen nur auf Basis von Messungen der Luftgeschwindigkeit an der Leckage eine Klassifizierung derselben erfolgte.

Bekanntlich hängt die Luftgeschwindigkeit an der Leckage bei gegebenen Differenzdruck vor allem von der Größe der Öffnung ab. Die Luftgeschwindigkeit verringert sich bei einer größeren Öffnung. Dies bedeutet aber, dass eine alleinige Bewertung der Leckagen auf Basis einer zu hohen Luftgeschwindigkeit an der Leckage (z.B. 2 m/s) nicht sinnvoll ist. Eine so beanstandete Abweichung könnte mit Hilfe einer Bohrmaschine (!) leicht behoben werden. Denn bei größeren Öffnungen ergeben sich geringere Luftgeschwindigkeiten.

Dass dies natürlich nicht zielführend ist, steht außer Zweifel. Es soll nur aufzeigen, dass die Luftgeschwindigkeit an der Leckage nicht als alleinige Kenngröße für die Klassifizierung von Leckagen herangezogen werden kann.

Auch eine negative Bewertung der an der Leckage gemessenen Luftgeschwindigkeit mit einem Verweis auf die Behaglichkeit ist alleine nicht aussagekräftig. Es sei denn die Strömung ist so hoch, dass sie noch einen Meter vom Fenster bzw. 0,5 m von den Wänden entfernt über der Behaglichkeitsgrenze liegt. In diesem Abstand ist bekanntlich der Aufenthaltsbereich der Bewohner definiert.

Bewertung von Leckagen

Die Beurteilung von Leckagen ist eine sehr komplexe Angelegenheit, da mögliche Auswirkungen von vielen Parametern abhängen, siehe Infokasten.

Das vom Fachverband für Luftdichtheit im Bauwesen e.V. geleitete Forschungsvorhaben „Bewertung von Fehlstellen in Luftdichtheitsebenen – Handlungsempfehlung für Baupraktiker“ [FLiB 2016] geht ausführlich und aus unterschiedlichen Blickwinkeln auf die Bewertung von Leckagen ein. Diese werden nicht

nur aus energetischer und feuchteschutztechnischer Sicht betrachtet. Der Bericht beleuchtet überdies brand- und schallschutztechnische Aspekte und mögliche Geruchsübertragungen sowie die juristische Sichtweise im Umgang mit Mängeln im Bereich der luftdichten Ebene.

Der umfangreiche Bericht stellt eine wichtige Basis zur Bewertung von Leckagen dar, zeigt aber auch ganz klar die Grenzen und den weiteren Forschungsbedarf auf.

Luftdurchlässigkeit bei Fenstern

Es kommt immer wieder im Anschluss an Blower Door Messungen zu Diskussionen zwischen Messdienstleistern und Fensterherstellern über undichte Fensterkonstruktionen, da im Zuge des Blower Door Tests Luftströmungen festgestellt wurden. Für Fenster werden in der Produktnorm [DIN EN 14351-1] die Leistungsmerkmale definiert und sie benötigen eine CE Kennzeichnung. Neben den

grundsätzlichen Anforderungen an Wärme- und Schallschutz, Schlagregendichtheit sowie Windwiderstandsfähigkeit ist auch ein Nachweis zur Luftdurchlässigkeit zu führen.

Die Kennwerte müssen in der Leistungserklärung angeführt werden. Die Klassifizierung der Luftdurchlässigkeit erfolgt in vier Klassen. Grundsätzlich erfüllen neue Fenster die höchste Klasse 4, wobei gerade bei sehr großen zwei-flügeligen Fenstern sich die Klasse 3 ergeben kann.

Was bedeuten nun diese Klassen in Bezug auf einen Blower Door Test. Die Luftdurchlässigkeit wird in akkreditierten Prüflaboren bei Differenzdrücken bis 600 Pa geprüft. Die maximal zulässige Luftdurchlässigkeit der einzelnen Klassen (umgerechnet auf einen Differenzdruck von 50 Pa) führt Tab. 1 bezogen auf die Fugenlänge in m³/(h*m) an. Bei Klasse 4 ist eine Durchlässigkeit von 0,47 m³/(h*m) bei 50 Pa Differenzdruck zulässig. Dies entspricht entsprechend der Klassifizierung eines „dichten“ Fensters.

Tab 1: Klassen der Luftdurchlässigkeit und umgerechnete maximal zulässige Durchlässigkeit bei 50 Pa Differenzdruck bezogen auf Fugenlänge in m³/(h*m)

Klasse	Durchlässigkeit bei 50 Pa [m ³ /*m]
1	7,87
2	4,25
3	1,42
4	0,47

Anzeige

Massiv-Holz-Mauer

Lieferung direkt vom Hersteller

- ohne Leim und Chemie
- Massiv mit hohem Speichervermögen

Zimmerei Karrer GmbH
Untere Einöde 28 · 87789 Woringen
Tel.: 0 83 31/ 50 83
E-Mail: karl-heinz-karrer@t-online.de

www.zimmerei-karrer.de

Anzeige

Limbach® – Muttern für den Holz- und Fertigbau

Bruchlast bis 90kN:

Ø60 M12 – M16 – M20

Bruchlast bis 60kN:

Ø42 M10x25 – M12x25

Karl Limbach & Cie. GmbH & Co. KG
Metallwarenfabrik
gegründet 1898

Postfach 190365
42703 Solingen
Fon +49 (0) 212 / 39 80
Fax +49 (0) 212 / 39 899
www.limbach-cie.de
info@limbach-cie.de

“L” – Einschlagmuttern für tragende Holzkonstruktionen sowie im Holzhaus- und Fertighausbau.

“L” – Flanschmuttern für die Zwischenwandbefestigung

Wie viel macht das aus?

Zur Verdeutlichung haben wir an Hand unseres Referenzgebäudes, welches zuletzt im *condetti-Detail im Heft 01/2019* verwendet wurde, eine Berechnung durchgeführt. Tab. 2 zeigt die maximal möglichen Leckageströme der Fenster in Abhängigkeit der jeweiligen Fugenlänge, wenn diese die beste Klasse der Luftdurchlässigkeit erfüllen.

Das zweiflügelige Fenster mit einer Größe von 1,4 x 2,47 m weist eine Fugenlänge von 10,21 lfm auf. Dies ergibt einen maximal zulässigen Leckagestrom von 4,8 m³/h bei diesem Fenstertyp. Hochgerechnet über alle Fenster des Hauses können sich die Leckageströmungen auch bei optimalen Fenstern auf bis zu 42,6 m³/h aufsummieren.

Für ein Gebäude in Passivhausbauweise ($n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$) bedeutet dies einen Anteil von 21 % am maximal zulässigen Leckagestrom durch die Außenhülle, siehe Tab. 3. In der Tabelle sind auch die Verhältnisse bei einem n_{50} von $1,5 \text{ h}^{-1}$ bzw. $3,0 \text{ h}^{-1}$ in Abhängigkeit aller Fensterklassen angeführt.

Gemäß [EnEV 2016] muss die Luftdurchlässigkeit bei Gebäuden mit bis zu zwei Voll-

geschossen mindestens die Klasse 2 und bei Gebäuden mit mehr als zwei Vollgeschossen mindestens die Klasse 3 erfüllen. Für das Referenzgebäude mit zwei Vollgeschossen würden die noch zulässigen Fenster der Klasse 2 selbst bei einer n_{50} -Anforderung von nur 3,0 1/h schon 37 % des gesamten Luftstroms verursachen. Bauanschlussfugen sind hierbei noch nicht mal berücksichtigt.

Für Gebäude mit kontrollierter Wohnungslüftung können nur Fenster der Klasse 3 (oder besser) sicherstellen, dass der Dichtungsaufwand an deren Anschlussfugen und allen anderen Leckagequellen in vertretbarem Rahmen bleibt.

Klasse 1 und 2 kommen zum Glück bei neuen Fenstern nicht mehr vor. Alte Fenster können in diese Luftdurchlässigkeitsklassen fallen. Große Hebeschiebeelemente erreichen teilweise nicht die Klasse 4 und werden in die Klasse 3 eingeteilt. In jedem Fall sollte für Fenster, die bei der Leckageortung durch spürbare Luftströmungen an den Schließfügen auffällig werden, ein Nachjustieren der Beschläge im Prüfbericht gefordert werden.

Fallbeispiel 1: Alles dicht – aber ein Feuchteschaden

Im ersten Praxisfall wurde ein Blower Door Test an einem Gebäude inklusive umfangreicher Leckageortung durchgeführt. Die Anforderungen an den n_{50} wurden eingehalten und es wurden im Zuge der Leckageortung keine wesentlichen Fehlstellen festgestellt und dokumentiert. Trotzdem kam es nach 2 Jahren zu einem Fäulnissschaden an der Holzkonstruktion. Der Bauherr fragte sich, wie das sein kann und ob der Messleistungsanbieter in die Verantwortung genommen und Schadenersatz gefordert werden kann.

Die langjährigen Leser unserer Zeitung werden schon vermuten, dass es sich bei dem Aufbau um eine Konstruktion ohne Trocknungsreserven handeln muss, wobei schon kleinste Mengen an Feuchteinträgen durch geringste Leckagen zu einem Schaden führen können. Zweifelsohne liegt bei dem Aufbau grundsätzlich ein grober Planungsfehler vor. Es handelt sich um einen Flachdachaufbau mit hohem s_d -Wert der Dampfbremse (200 m) und der Dachbahn (100 m).

Tab. 2: Zulässige maximal Leckageströme durch die Fenster des Referenzgebäudes bei Einsatz von Fenstern der Luftdurchlässigkeitsklasse 4 (beste Klasse)

Luftdurchlässigkeitsklasse 4					Durchlässigkeit bei 50 Pa: 0,47 m³/h		
Orientierung	Anzahl der Flügel	Länge [m]	Höhe [m]	Fugenlänge pro Fenster [m]	Fensteranzahl	Summe Fugenlänge [m]	Leckagestrom bei 50 Pa [m³/h]
Osten	2	1,4	2,47	10,21	3	30,63	14,47
	1	0,7	2,47	6,34	2	12,68	5,99
Norden	1	0,6	0,6	2,4	2	4,8	2,27
Süden	2	1,4	2,47	10,21	1	10,21	4,82
	2	3,9	2,47	15,21	1	15,21	7,19
Westen	2	1,4	2,47	10,21	1	10,21	4,82
	1	0,7	2,47	6,34	1	6,34	3,00
						90,08	42,6

Tab. 3: Verhältnis des Leckagestroms durch die Fenster in Abhängigkeit der Luftdurchlässigkeitsklasse der Fenster zum maximal zulässigen Leckagestroms in Abhängigkeit des geforderten n_{50} -Wertes am Referenzgebäude

Raumluftvolumen [m³]	Klasse	Leckagestrom bei 50 Pa [m³/h]	Prozentanteil bei $n_{50} 0,6 \text{ h}^{-1}$ ¹⁾	Prozentanteil bei $n_{50} 1,5 \text{ h}^{-1}$ ²⁾	Prozentanteil bei $n_{50} 3,0 \text{ h}^{-1}$ ³⁾
342	1	709,3	346 %	138 %	69 %
	2	383,0	187 %	75 %	37 %
	3	127,7	62 %	25 %	12 %
	4	42,6	21 %	8 %	4 %

¹⁾ maximaler Leckagestrom $q_{50} 205,2 \text{ m}^3/\text{h}$ ²⁾ maximaler Leckagestrom $q_{50} 513 \text{ m}^3/\text{h}$ ³⁾ maximaler Leckagestrom $q_{50} 1026 \text{ m}^3/\text{h}$



EASY-STEP
DIE NEUE ROHBAUTREPPE

EASY-STEP GmbH
Robert-Bosch-Str.2
86830 Schwabmünchen
Tel.:08232/809 20-0
Fax: 08232/809 20-50
eMail: info@easy-step.de
http://www.easy-step.de



Abb. 2:
Mängel im Bereich des Fensterbank-
anschlusses

Benötigt der Messdienstleister diese spezielle Kenntnis zu Holzkonstruktionen bzw. muss er die detaillierten Aufbauten kennen und bewerten? Aus Sicht des Autors ist es zweifelsohne entscheidend, die Aufbauten zu kennen, wenn eine Bewertung der Leckagen erfolgen soll. Heißt konkret in diesem Fall: Er hätte die Aufbau- und Planungsfehler der „dicht-dicht“ Konstruktion mit den fehlenden Trocknungsreserven erkennen müssen.

Es ist allerdings auch wichtig für die Messdienstleister, die Auftraggeber auf die Grenzen ihrer Beurteilungsmöglichkeiten hinzuweisen, siehe hierzu auch den Forschungsbericht des [FLiB 2016].

Fallbeispiel 2: Feuchte- schaden – aber nicht durch Luftströmung

Im 2. Fall kam es bei einem 8 Jahre alten Einfamilienhaus zu Abplatzungen des Putzes am Wärmedämmverbundsystem. Da bei dem Objekt Mängel an der luftdichten Ebene festgestellt werden mussten, wurde dies zunächst als Schadensursache angenommen.

Umfangreiche Feuchtemessungen der Holzfaserverputzträgerplatte zeigten allerdings, dass diese ausschließlich im Bereich des Sockelanschlusses und im unteren Bereich der Fensterlaibungen durchfeuchtet waren. Wäre die mangelhafte luftdichte Ausführung die Ursache gewesen, hätten Schäden vor allem im Bereich der Überdruckzone im Gebäude – also im Obergeschoss auftreten müssen, vgl. Abb. 1 in Heft 3/2006, Seite 17.

Als Ursache für die Durchfeuchtungen der Dämmplatte konnten konstruktive Verarbeitungsfehler im Bereich der Fensterbänke (keine zweite wasserführende Ebene) und im Bereich der Spritzwasserzone (Sockel, Fensterbanklaibung) festgestellt werden.

Fazit

Die Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle ist natürlich ein wichtiges Qualitätskriterium für einen mängelfreien Holzbau. Trotzdem müssen wir uns immer der Grenzen des Blower Door Tests bewusst sein. Dies betrifft vor allem die Bewertungsmöglichkeiten von Leckagen, ihrer Ursachen und ihrer möglichen Folgen. Für die Bewertung ist mehr nötig als das bloße Besitzen einer Messausrüstung und eines Anemometers. Den Messdienstleistern wird empfohlen, sich in ihren Bewertungen der Leckagen nicht allzu weit aus dem Fenster zu lehnen, wenn ihnen die bauphysikalischen Randbedingungen der Bauweise nicht bekannt ist.

Es ist nicht bei jedem Schaden im Holzbau immer automatisch eine Fehlstelle in der luftdichten Ebene verantwort-

lich. Gutachter, Messdienstleister und Verarbeiter müssen mit Bedacht und Erfahrung eine Bewertung von Leckagen durchführen. Konstruktionen mit großen Trocknungsreserven stellen auf alle Fälle die Grundvoraussetzung für einen robusten Holzbau dar. ■

Literaturverweise

[FLiB 2016] Hrsg. Fachverband für Luftdichtheit im Bauwesen e.V.: Bewertung von Fehlstellen in Luftdichtheitsebenen – Handlungsempfehlung für Baupraktiker. Berlin 2016. Online verfügbar: www.flib.de

[DIN EN 14351-1] DIN EN 14351-1: 2016 12: Fenster und Türen – Produktnorm, Leistungseigenschaften – Teil 1: Fenster und Außentüren

[DIN EN ISO 9972] DIN EN ISO 9972: 2018 12: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren (ISO 9972:2015); Deutsche Fassung EN ISO 9972:2015

[ÖNORM B 9972] ÖNORM B 9972: 03-2016: Anwendung des Differenzdruckverfahrens zur Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – nationale Festlegungen und nationale Ergänzungen zur ÖNORM EN ISO 9972

[DIN EN 13829] DIN EN 13829: 2001 02: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren (ISO 9972:1996, modifiziert); Deutsche Fassung EN 13829:2000. Zurückziehung: 2015 12.

[DIN 4108-7] DIN 4108-2: 2011 01: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden – Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele

[OIB RL 6] OIB Richtlinie 6:2019 Energieeinsparung und Wärmeschutz, Wien 2019. Online verfügbar: www.oib.or.at

Anzeige

»Profilholz direkt vom Hersteller.«



Falter
gegründet 1919

Wir sind kompetente Partner für
Zimmereien, Holzbau und Architekten.

Säge- und Hobelwerk Josef Falter & Sohn
Frathau 3 94256 Drachselsried Telefon (09945) 1007
info@falter-holz.de www.falter-holz.de
Jetzt bei Instagram: @falter_profilholz_hobelwerk