

Luftdichtheitsprobleme im Holzbau

Die neue DIN 4108-7; Wärmeschutz im Hochbau

Monika Hall¹

Die Luftdichtheit von Gebäuden ist aus Gründen des Heizenergieverbrauches und der Bauschadensfreiheit von größter Bedeutung. Um dieser Problematik gerecht zu werden, hat es in der letzten Zeit erhebliche Veränderungen im Normenwesen gegeben. Die wichtigsten Neuerungen werden vorgestellt.

Für eine luftdichte Gebäudehülle ist die korrekte Ausführung unabdingbar. Typische Leckagen und Schwachstellen sollen erörtert werden.

Die Überprüfung der luftdichten Gebäudehülle erfolgt i.d.R. mit einer Blower Door. Meßverfahren und Meßvorschrift werden vorgestellt.

des Verfahrens wird das Netto-Volumen mit 80% des Brutto-Volumens unabhängig von der Anzahl der Vollgeschoße angesetzt.

Im Monatsbilanzverfahren nach DIN V 4108-6 [2] erfolgt die Reduktion der Luftwechselrate von $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,6 \text{ h}^{-1}$ für Fensterlüftung sowie für eine Zu- und Abluftanlage analog dem vereinfachten Verfahren. Für Abluftanlagen kann mit einem Nachweis der Luftdichtheit der Faktor der Luftwechselrate von $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,55 \text{ h}^{-1}$ reduziert werden. Für die Berechnung des Lüftungswärmeverlustes wird im Monatsbilanzverfahren bei der Netto-Volumenberechnung die Anzahl der Geschosse berücksichtigt.

Beide Verfahren führen voraussichtlich dazu, daß der Nachweis der Luftdichtheit zum Standard wird [3].

Die zahlenmäßigen Anforderungen an die Dichtheit von Gebäuden sind in DIN 4108-7 [4] enthalten. Für Gebäude mit Fensterlüftung darf der Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz (n_{50} -Wert) den Wert $3,0 \text{ h}^{-1}$ nicht überschreiten. Bei Gebäuden mit einer mechanisch betriebenen Lüftungsanlage beträgt der Grenzwert $1,5 \text{ h}^{-1}$. Diese Anforderungen bestehen heute schon in DIN V 4108-7 [5] in Verbindung mit der Veröffentlichung im Bundesanzeiger vom 31. Juli 1998.

1. Anforderungen

1.1. EnEV – Künftige Anforderung an die Luftdichtheit

Als Anreiz für die Ausführung einer luftdichten Gebäudehülle kann in der künftigen Energieeinsparverordnung (EnEV [1]) ein Bonus bei der Berechnung des Lüftungswärmeverlustes in Abhängigkeit der nachgewiesenen Luftdichtheit eingesetzt werden. Aus dem Anhang 1, Tabelle 2 (Vereinfachtes Verfahren) geht hervor, daß eine Pflicht zum Nachweis der Luftdichtheit der Gebäudehülle besteht, wenn bei Gebäuden mit Fensterlüftung eine reduzierte Luftwechselrate – Reduktion der mittleren Luftwechselrate von $0,7 \text{ h}^{-1}$ auf $0,6 \text{ h}^{-1}$ – bzw. wenn bei der Berechnung der Lüftungswärmeverluste eine mechanisch betriebene Lüftungsanlage berücksichtigt werden soll. Zur Vereinfachung

1.2. DIN 4108-7

DIN 4108-7, Schlußentwurf 3/2001[4], enthält Anforderungen und Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele an die Luftdichtheit von Gebäuden. Unter Kapitel 4, Absatz 4.4 stehen die Anforderung an den Nachweis der

¹ Dipl.-Ing. Monika Hall ist wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Gesamthochschule Kassel, FG Bauphysik, Gottschalkstr. 28, 34109 Kassel (Leitung: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser)

Luftdichtheit. Die Messung von Gebäuden oder Gebäudeteilen erfolgt nach DIN EN 13829 [6] (Verfahren A). Für die Beurteilung der Luftdichtheit können volumenbezogene (n_{50} -Wert), nettogrundflächenbezogene (w_{50} -Wert) oder hüllflächenbezogene (q_{50} -Wert) Anforderungen herangezogen werden. Die volumenbezogene Anforderung gilt allgemein. Bei Gebäuden oder Gebäudeteilen, deren lichte Geschoßhöhe 2,6 m oder weniger beträgt, darf alternativ die nettogrundflächenbezogene Anforderung bestimmt werden. Der q_{50} -Wert kann zusätzlich herangezogen werden.

$$n_{50} = \frac{\dot{V}_{50}}{V_{Geb.}} \quad [\text{h}^{-1}]$$

$$w_{50} = \frac{\dot{V}_{50}}{A_N} \quad [\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})]$$

$$q_{50} = \frac{\dot{V}_{50}}{A_E} \quad [\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})]$$

mit: \dot{V}_{50} Volumenstrom bei 50 Pa
[m^3/h]

$V_{Geb.}$ Innenvolumen [m^3]

A_N Netto-Grundfläche [m^2]

A_E Hüllfläche [m^2]

Wichtig ist der Hinweis, daß die Einhaltung der Anforderungen an die Luftdichtheit lokale Fehlstellen, die zu Feuchteschäden infolge von Konvektion führen können, nicht ausschließt.

In Kapitel 6 „Planungsempfehlungen“ wurde der Text überarbeitet und erweitert. Es wird die Empfehlung gegeben, eine Installationsebene raumseitig der Luftdichtheitsschicht vorzusehen.

„Eine raumseitige Bekleidung als Luftdichtheitsschicht ist wegen häufiger Durchdringungen in der Regel nicht geeignet. Um die Anzahl von Durchdringungen zu reduzieren, sollten Installationsebenen für die Aufnahme von Installationen aller Art raumseitig vor der Luftdichtheitsschicht vorgesehen werden. Wird die raumseitige Bekleidung als Luftdichtheitsschicht herangezogen, sind besondere Maßnahmen bei Durchdringungen erforderlich (z.B. luftdichte Hohlwandinstallationsdosen). ...“

Die in der Vornorm von 1996 enthaltenen Konstruktionsbeispiele wurden vollständig überarbeitet. Eine Reihe neuer Prinzipskizzen wurde aufgenommen, z.B. die Einbindung einer Geschoßdecke in die Außenwand und der Anschluß einer Innenwand an die Dachfläche (Bilder 1 und 2). Die Anwendung von Klebebändern wurde in den Detailzeichnungen mehr hervorgehoben (Bild 3). Hierbei wird auf der Basis von Herstellerangaben weitgehend darauf verzichtet, eine mechanische Sicherung der Verklebungen zu empfehlen.

Tabelle 1: Grenzwerte für den Nachweis der Dichtheit von Gebäuden [4].

Gebäude	n_{50} [h^{-1}]	w_{50} [$\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$]	q_{50} [$\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$]
Fensterlüftung	3,0	7,8	3,0
Mech. betr. Lüftungsanlage	1,5	3,9	3,0

Bei Gebäuden mit einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung wird empfohlen, die Grenzwerte deutlich zu unterschreiten.

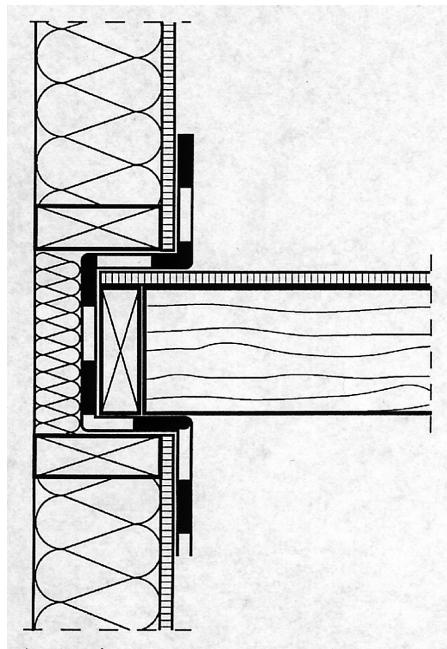


Bild 1: Geschoßdeckeneinbindung [4].

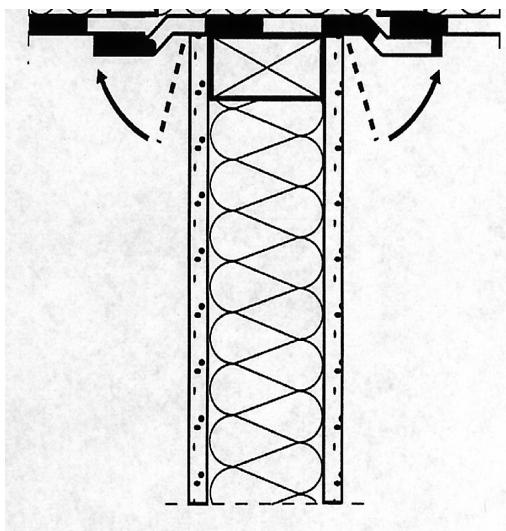


Bild 2: Luftdichter Anschluß einer Innenwand [4].

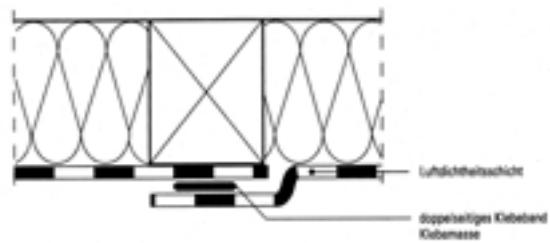
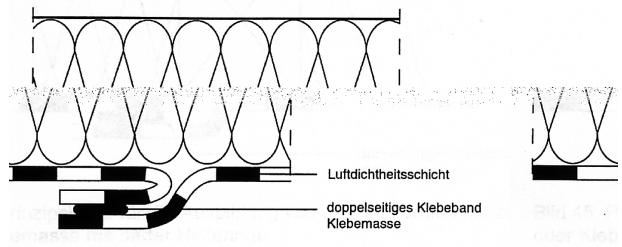
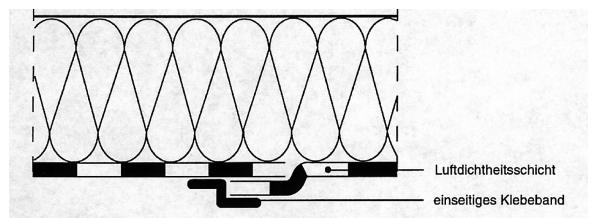


Bild 3: Im Bild oben ist die Verklebung eines Folienstoßes mit einseitig klebendem Band, im mittleren Bild mit doppelseitig klebendem Band – beide ohne harte Unterlage – und im Bild unten mit doppelseitigem Klebeband oder einer Klebemasse mit harter Unterlage dargestellt [4].

2. Lösungen

2.1. Festlegung der Luftdichtheitsebene

Für eine luftdichte Gebäudehülle ist die korrekte Ausführung einer Luftdichtheitsebene wichtig. Folgende Punkte sind bei der Planung zu berücksichtigen

1. Aus welchem Material wird die Luftdichtheitsebene gebildet?
2. Wo verläuft die Luftdichtheitsebene in der Konstruktion?

3. Wie werden Anschlüsse, Durchdringungen und Installationen im Detail ausgeführt?

Bei jedem Gebäude müssen o.g. Punkte festgelegt werden. Insbesondere dann, wenn mehrere Firmen bei der Fertigstellung des Gebäudes beteiligt sind, ist zur Vermeidung von Mißverständnissen die Luftpichtigkeitsebene eindeutig zu definieren. In vielen Fällen wechselt die Schicht, welche die Luftpichtigkeitsebene bildet, in einem Gebäude von Geschoß zu Geschoß, z.B. Erdgeschoß – Dachgeschoß, oder Bauteil zu Bauteil, z.B. Dachfläche – Giebelwand. Dieser Wechsel muß in den Anschlußbereichen sorgfältig geplant werden (Bild 4).

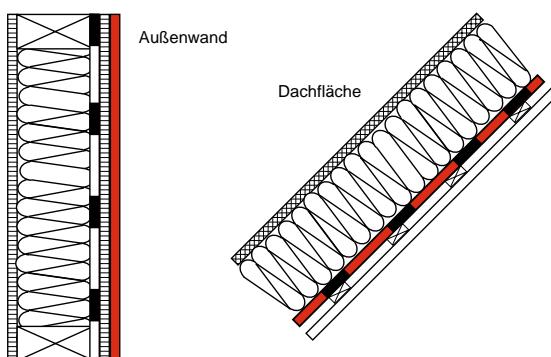


Bild 4: Typischer Wechsel der Luftpichtigkeitsebene (grau) von der Außenwand im Erdgeschoß oder Giebel (Gipskarton) an die Dachfläche (Folie).

Bei der Planung ist die Anzahl von Anschlägen und Durchdringungen zu minimieren. Die unvermeidbaren Störungen der Luftpichtigkeitsebene sind so zu konzipieren, daß dem ausführenden Handwerker genügend Platz zur Verfügung steht, um eine Abdichtung anbringen zu können. Jeder Anschluß und jede Durchdringung sollte mit Arbeitsanweisungen beschrieben werden, um der Improvisation am Bau vorzubeugen. Auch bei einer guten Planung ist der Handwerker vor Ort für die Qualität der Ausführung verantwortlich. Ein geschultes Personal ist dafür unabdingbar [7].

2.2. Typische Schwachstellen

Bild 5 zeigt schematisch typische Problembereiche in einem Gebäude in Holzbauart auf. Der Verlauf der Luftpichtigkeitsebene ist als fetter Linienzug eingezeichnet. Die Punkte stellen stark vereinfacht Leckagen dar, wie z.B. Steckdosen in Innen- und Außenwänden, Lichtauslässe in den Decken oder den Fußboden / Wandanschluß im Bereich von bodentiefen Türen / Fenstern. Die Schwachstellen in der Luftpichtigkeitsebene sind mit schwarzen Kreisen gekennzeichnet und numeriert. Die Anordnung der Leckagen macht deutlich, daß sowohl Außen- als auch Innenwände durchströmt werden.

Eine sehr verbreitete Leckageursache bildet der Anschluß Fußboden / Außenwand (1). Hier ist darauf zu achten, daß im Bereich der Anker, der Außenwandekanten, der Innen- / Außenwandebindung und der bodentiefen Türen / Fenstern die Luftpichtigkeitsebene nicht unterbrochen wird.

Im Dachgeschoß befinden sich die typischen Schwachstellen in der Anbindung der Luftpichtigkeitsebene von dem Giebel an die Dachfläche sowie von der Dachfläche an die Geschoßdecke (2). Tritt Luft an diesen Bereichen ein, dann kann sie sich in der gesamten Dachkonstruktion verteilen.

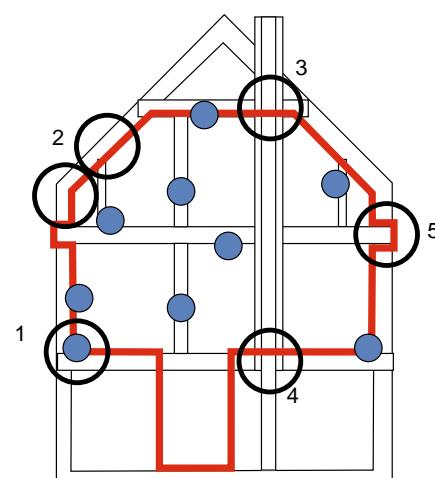


Bild 5: Schematische Darstellung der Luftpichtigkeitsebene, den lokalisierten Leckagen sowie den Leckageursachen.

Ein weiterer Problembereich bildet der Durchbruch für den Kamin in der Kehlbalkendecke (3). Da eine Verschalung des Kamins gleitend angebracht werden muß, entsteht immer ein Hohlraum zwischen Kamin und Schalung. Dieser Hohlraum bildet einen Kanal, von dem aus die Luft in das gesamte Gebäude verteilt wird. Dieses Problem tritt ebenfalls bei dem Durchbruch des Kamins in der Kellerdecke auf (4). Hier wird die Luft aus dem unbeheizten Keller über den Hohlraum in das Gebäude verteilt.

Die Leckageursache (5) steht stellvertretend für den Anschlußbereich Geschoßdecke / Außenwand und z.B. auch für einen auskragenden Balkon oder einen eingezogenen Haustürbereich. Bei den genannten Beispielen ist sicherzustellen, daß die Geschoßdecke nicht durchströmt wird. Die Geschoßdecke verbindet die einzelnen Geschosse und bietet aufgrund ihrer Hohlkörperkonstruktion die Möglichkeit, Luft zu verteilen. Aus diesem Grund ist es notwendig, die Geschoßdecke einerseits gegen ein Durchströmen abzudichten und andererseits gegen alle angrenzenden Wände abzudichten bzw. zu entkoppeln. Die Entkoppelung wirkt wie ein Flascheneffekt. Ein einseitig geschlossenes Rohr kann nicht durchströmt werden. Luftströmungen benötigen grundsätzlich eine Zu- und Abluftöffnung.

In Bild 5 ist der Verlauf der Luftpertichtheitsebene bis in den Keller hinein gezeichnet. Verläuft die Luftpertichtheitsebene, wie hier dargestellt, im Bereich des Treppenhauses, dann bilden die Kellerinnenwände einschließlich der Kellertüren die Luftpertichtheitsebene, d.h. die Kellertüren sowie die Durchbrüche zu unbeheizten Kellerräumen sind luftdicht auszuführen. Verläuft die Luftpertichtheitsebene in den Außenwänden, dann sind die Außenwände einschließlich der Kellerfenster luftdicht auszuführen [7].

3. Messungen

3.1. Blower Door

Der Begriff Blower Door steht für ein Verfahren, mit dem die Gebäudehülle auf ihre Luftpertichtheit untersucht wird. Ein Blower Door-System besteht aus einem Ventilator, der mit Hilfe einer entsprechenden Vorrichtung in eine Außentür bzw. ein Fenster eingebaut wird. Zu dem Blower Door-System gehört eine Meß- und Steuereinheit, mit der die gewünschten Druckdifferenzen eingeregelt und die geförderten Volumenströme ermittelt werden können.

3.2. Standard-Messung

Die Leckageortung wird i.d.R. bei einer Druckdifferenz von 50 Pa zwischen Gebäude und Umgebung durchgeführt (Bild 6). Während die Druckdifferenz konstant gehalten wird, wird das gesamte Gebäude auf Undichtheiten untersucht. Die Undichtheiten / Leckagen werden i.d.R. mit der Hand oder mit einem Anemometer aufgespürt. Nebelrörchen können zur Visualisierung herangezogen werden.

Für die eigentliche Luftpertichtheitsmessung wird das gesamte beheizte Gebäudevolumen auf verschiedene Druckdifferenzen zwischen Gebäude und Umgebung eingestellt und der entsprechend geförderte Volumenstrom bestimmt. Diese Prozedur wird als Über- und Unterdruckmessung durchgeführt. Üblicherweise wird eine Druckdifferenz-Volumenstrom-Kennlinie zwischen 10 und 60 Pa aufgenommen. Für die Kennzeichnung der Dichtheit des Gebäudes wird in Deutschland hauptsächlich der n_{50} -Wert herangezogen.

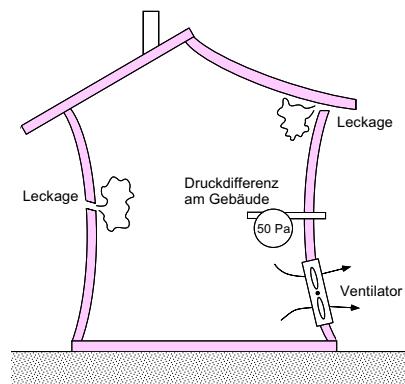


Bild 6: Leckageortung bei 50 Pa Unterdruck.

3.3. Nachweis-Messung für die EnEV nach DIN EN 13829

Die Meßnorm DIN EN 13829 bildet die Grundlage der Nachweis-Messung für die EnEV.

In der Norm ist der Einsatz der zu verwendenden Meßgeräte bzgl. Meßbereiche und Genauigkeiten geregelt. Der Umfang des zu untersuchenden Gebäudes oder Gebäudeteils wird festgelegt. Hierzu gehören i.d.R. alle absichtlich beheizten, gekühlten oder mechanisch belüfteten Räume. Einzelne Gebäudeteile können separat gemessen werden, d.h., daß z.B. in Mehrfamilienhäusern die Wohneinheiten einzeln untersucht werden können. Es wird darauf hingewiesen, daß hierbei die Möglichkeit besteht, daß das gesamte Mehrfamilienhaus die Luftdichtheitsanforderungen erfüllt, aber eine oder mehrere einzelne Wohnungen nicht.

In DIN 4108-7 ist in Kapitel 4 Absatz 4.4 vermerkt, daß die Nachweis-Messung für die EnEV nach Verfahren A zu erfolgen hat.

„Verfahren A (Prüfung des Gebäudes im Nutzungszustand)

Der Zustand der Gebäudehülle sollte dem Zustand während der Jahreszeit entsprechen in der Heizungs- oder Klimaanlagen benutzt werden.

Alle absichtlich vorhandenen äußeren Öffnungen des zu untersuchenden Gebäudes oder Gebäudeteils werden geschlossen (Fenster, Türen, Kaminzug).

...

Die Luftdurchlässe von mechanischen Lüftungsanlagen werden abgedichtet. Andere Lüftungsöffnungen (z.B. Öffnungen für natürliche Lüftung) werden geschlossen.

Der eigentliche Ablauf der Messung und die dazugehörige Auswertung wird in der Norm beschrieben. Ebenfalls ist in der Norm festgehalten, welche Angaben der Prüfbericht enthalten muß, wenn die Messung nach DIN EN 13829 durchgeführt wird.“

Da DIN EN 13829 eine europäische Norm ist und von allen Ländern akzeptiert werden mußte, läßt sie in Details Spielräume für die Interpretation. In einigen Punkten sollte die Norm konkretisiert werden, so daß zumindestens deutschlandweit eine möglichst einheitliche und damit vergleichbare Durchführung von Luftdichtheitsmessungen erfolgt. Diese Konkretisierung hat sich der Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V. (FLiB) u.a. zum Ziel gesetzt [8]. Der Fachverband hat ein FLiB-Beiblatt zur DIN EN 13829 erarbeitet, welches Erläuterungen und Ergänzungen zur Norm beinhaltet. Dieses Beiblatt hat keinen normativen Charakter, sondern bietet eine Hilfestellung für Blower Door Meßteams in Hinblick auf die Nachweis-Messung für die EnEV.

Um die Qualität der Luftdichtheitsmessung sicherzustellen und zu gewährleisten, daß die Nachweis-Messungen für die EnEV unter vergleichbaren Randbedingungen erfolgen, erarbeitet der Fachverband z.Z. eine Zertifizierung für Blower Door-Meßteams. Die Zertifizierung wird voraussichtlich ab Ende 2001 angeboten.

...

4. Zusammenfassung

Die Energieeinsparverordnung verlangt einen Nachweis der Luftdichtheit der Gebäudehülle unabhängig davon, ob eine Fensterlüftung oder eine Lüftung über eine mechanisch betriebene Lüftungsanlage vorliegt, wenn eine reduzierter Luftwechselrate für die Berechnung des Lüftungswärmeverlustes angesetzt wird. Eine Luftdichtheitsmessung wird damit voraussichtlich zum Standard.

Der Schlußentwurf DIN 4108-7 weist im Vergleich zur Vornorm von 1996 im Text als auch in den Detailzeichnungen entscheidende Neuerungen auf. Die Anforderungen an die Dichtheit sind mit der EnEV in Einklang gebracht.

Probleme bei der Ausführung der luftdichten Gebäudehülle liegen zum einen in der Festlegung der Luftdichtheitsebene in Material, Anordnung in der Konstruktion sowie der Anschlußdetails. Zum anderen ist die Ausführungsqualität des Handwerkers vor Ort mit entscheidend für die Qualität der Gebäudehülle. Nur das Zusammenspiel von umsichtigen Planern und geschultem Personal vor Ort ermöglicht es, das Ziel der luftdichten Gebäudehülle zu erreichen.

Die Überprüfung der Luftdichtheit erfolgt i.d.R. mit einem Blower Door-System. Der Nachweis der Dichtheit eines Gebäudes für die EnEV erfolgt nach DIN EN 13829 (Verfahren A). Damit ist die Durchführung der Luftdichtheitsmessungen weitgehend geregelt. Notwendige, in einer europäischen Norm nicht festzulegende Randbedingungen werden im Rahmen der Tätigkeit des Fachverbandes Luftdichtheit im Bauwesen vereinheitlicht.

Literatur

- [1] Verordnung über energieeinsparenden Wärmeschutz und energieeinsparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV), Entwurf 7. März 2001, Bundesministeri-

um für Wirtschaft und Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen.

- [2] DIN V 4108-6:2000-11: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden (Vornorm)
- [3] Geißler, A.: Luftdichtheit, Bauphysik 22, Heft 5, Oktober 2000, S. 315 - 317
- [4] DIN 4108-7:2001-02: Wärmeschutz im Hochbau; Luftdichtheit von Gebäuden (Schlußentwurf)
- [5] DIN V 4108-7:1996-11: Wärmeschutz im Hochbau; Luftdichtheit von Bauteilen und Anschlüssen (Vornorm)
- [6] DIN EN 13829:2001-3 Wärmotechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden; Differenzdruckverfahren
- [7] Hall, M., Köhnke, E.U., Hauser, G.: Konstruktionskatalog und Empfehlungen zur Verbesserung der Luftdichtheit im Holzbau, Abschlußbericht des Forschungsvorhabens E 99/11, gefördert durch die DGfH mit Mitteln des Bundesamts für Bauwesen und Raumordnung, Fachgebiet Bauphysik, Univ. Kassel, März 2001, www.bpy.uni-kassel.de
- [8] Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V., www.flib.de

Nachdruck: Fördergesellschaft Holzbau und Ausbau mbH, Berlin, www.fg-holzbau.de, Tagungsband des 2. Sachverständigentag BDZ, Mai 2001, S. 40 - 49