

## Anforderungen an die Gebäudedichtheit und den Dichtheitsnachweis im Rahmen der EnEV

*In der Energieeinsparverordnung (EnEV) [1] wird die Luftdichtheit der Gebäudehülle bei der Bestimmung der Lüftungswärmeverluste berücksichtigt. Wenn mittels einer meßtechnischen Überprüfung die Einhaltung bestimmter Anforderungen an die Luftdichtheit nachgewiesen werden, kann ein reduzierter Luftwechsel in Ansatz gebracht werden. Das Verfahren, wie die Überprüfung der Gebäudedichtheit durchgeführt werden soll, ist in DIN EN 13829 [2] geregelt.*

Monika Hall, Achim Geißler<sup>1</sup>

### 1. Einleitung

Im Zuge der Einführung der Energieeinsparverordnung hat das Thema Luftdichtheit eine verstärkte Bedeutung bekommen. Für ein dichtes Gebäude kann ein reduzierter Luftwechsel bei der Bestimmung des Lüftungswärmeverlustes angesetzt werden. Die Problematik hierbei ist, daß die Annahme – ausreichend dichtes Gebäude – in der Planungsphase getroffen wird und erst nach Fertigstellung des Gebäudes überprüft werden kann, ob die in der Planung angenommene Dichtheits-Anforderung erfüllt ist. Der eigentliche Dichtheitsnachweis erfolgt nach den Vorgaben aus DIN EN 13829.

Der Beitrag stellt die Anforderungen an die Gebäudedichtheit und den Dichtheitsnachweis im Rahmen der EnEV vor.

### 2. Anforderungen an die Dichtheit

Die Anforderungen an die Gebäudedichtheit sind in DIN 4108 Teil 7 [3] genannt. Der bei einer Druckdifferenz von 50 Pa zwischen Innen und Außen ermittelte Volumenstrom bezogen auf das beheizte Gebäudeluftvolumen – der sogenannte  $n_{50}$ -Wert – darf bei Gebäuden

- ohne raumluftechnische Anlagen 3,0 1/h und
- mit raumluftechnischen Anlagen 1,5 1/h nicht überschreiten. Diese Anforderungen gelten generell für alle Neubauten. Wenn ein

Dichtheitsnachweis erfolgt, ist er nach DIN EN 13829, Verfahren A, zu führen.

Die Einhaltung der Anforderungen aus DIN 4108-7 an die Gebäudedichtheit wird in der EnEV honoriert, indem ein reduzierter Luftwechsel bei der Berechnung der Lüftungswärmeverluste angesetzt werden kann. Wird diese Reduktion in Anspruch genommen, fordert die EnEV einen erfolgreichen Dichtheitsnachweis. Bei Gebäuden mit einer raumluftechnischen Anlage wird der Nachweis zum Standard werden, da zum einen in der Praxis ein Planer kaum hochwertige Technik einsetzen wird, ohne diese im Energiebedarfsausweis zu berücksichtigen und zum anderen nur ein dichtes Gebäude die Funktionalität der Anlage gewährleistet. Es ist davon auszugehen, daß auch bei Gebäuden mit Fensterlüftung der reduzierte Luftwechsel standardmäßig im Energiebe-

Der EnEV-Dichtheitsnachweis beinhaltet:

1. eine nach DIN EN 13829 Verfahren A durchgeführte Luftdichtheitsmessung,
2. einen Prüfbericht, der mit den Anforderungen aus DIN EN 13829 übereinstimmt und eine nachvollziehbare Dokumentation gewährleistet und
3. eine Aussage darüber, ob der  $n_{50}$ -Wert den Anforderungen aus DIN 4108-7 bzw. aus EnEV Anhang 4 Satz 2 entspricht.

<sup>1</sup> Dipl.-Ing., Dipl.-Oec. Monika Hall, Dr.-Ing. Achim Geißler, Universität Kassel, Fachgebiet Bauphysik, Gottschalkstr. 28, 34109 Kassel

darfsausweis angesetzt werden wird und somit muß bei diesen Gebäuden ebenfalls ein Dichtheitsnachweis erfolgen.

Bei Nichteinhaltung der bei der Bauantragsstellung zugrundegelegten Luftdichtheit ist nachzubessern, ähnlich wie dies z.B. auch bei brandschutztechnischen Belangen der Fall ist [4].

### 3. Überprüfung der Dichtheit nach DIN EN 13829

Der EnEV-Dichtheitsnachweis beschreibt eine Momentaufnahme der Dichtheit des Gebäudes zum Zeitpunkt der Messung. Die Dauerhaftigkeit der Luftdichtheit kann mit der Nachweismessung nicht beurteilt werden. Ebenso können lokale Fehlstellen, die evtl. später zu Feuchteschäden infolge Konvektion führen, nicht quantifiziert werden.

Untersuchungsgegenstand ist das fertiggestellte Gebäude. Es werden keine einzelnen Funktions- oder Bauteilschichten auf ihre Luftdichtheit geprüft.

DIN EN 13829 ist in der EnEV explizit als Meßvorschrift für die Nachweismessungen aufgeführt. Diese Norm beschreibt das Meßverfahren, wie die Dichtheit von Gebäuden bestimmt werden muß.

#### 3.1. Ausrüstung

Die Anforderungen an die Genauigkeit der eingesetzten Meßgeräte sind der Norm zu entnehmen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Geforderte Genauigkeiten der eingesetzten Ausrüstung nach DIN EN 13829.

Meßgerät	Genauigkeit
Volumenstrom-Meßeinrichtung	$\pm 7 \%$
Manometer	$\pm 2 \text{ Pa}$ , Bereich 0.. 60 Pa
Thermometer	$\pm 1 \text{ K}$

#### 3.2. Meßverfahren

In DIN EN 13829 sind zwei Meßverfahren – Verfahren A und Verfahren B – beschrieben. Da die Zielsetzung der beiden Verfahren differiert, ist die Gebäudepräparation unterschiedlich auszuführen. Verfahren A wird angewendet, wenn der Nutzungszustand des Gebäudes untersucht werden soll. Der Zustand der Gebäudehülle entspricht dem Zustand während der Jahreszeit, in der die Heizungs- oder Klimaanlage benutzt wird. Die Überprüfung der reinen Gebäudehülle ist das Ziel von Verfahren B. Alle absichtlich vorhandenen Öffnungen in der Gebäudehülle werden geschlossen oder temporär abgedichtet. Für beide Verfahren muß die Gebäudehülle fertiggestellt sein.

In DIN 4108-7 wird das Verfahren A der DIN EN 13829 als Grundlage der Anforderungen an die Luftdichtheit herangezogen. Damit die Übereinstimmung der zahlenmäßigen Anforderungen von EnEV und DIN 4108-7 auf der gleichen meßtechnischen Basis erfolgt, ist der EnEV-Dichtheitsnachweis ebenfalls nach Verfahren A durchzuführen. Im Sinne des Energie-sparens ist ebenso Verfahren A anzuwenden, da die Einhaltung der Anforderungen bei diesem Verfahren zu einem dichteren Gebäude führt.

Der Zustand der Öffnungen in der Gebäudehülle ist zu protokollieren: offen, geschlossen, temporär abgedichtet, etc. Ebenfalls muß dokumentiert werden, welche Bereiche des Gebäudes untersucht werden.

#### 3.3. Aufnahme der Meßwerte

Es sollte eine Über- und eine Unterdruckmessung durchgeführt werden. Um den Anforderungen der Norm zu genügen, ist es auch zulässig, nur eine Meßreihe zu erstellen. Es ist sinnvoll und zu empfehlen, stets eine Über- und Unterdruckmessung durchzuführen, da daß Gebäude im Nutzungszustand – hervorgerufen durch Wind- und Temperatureinfluß – ebenfalls wechselweise Über- und Unterdruck ausgesetzt ist. Durch die Mittelwertbildung aus beiden Meßreihen

kann die mittlere Dichte des Gebäudes bestimmt werden.

Für jede Meßreihe müssen mindestens fünf Meßwertepaare – Volumenstrom / Druckdifferenz über das Gebäude – bei verschiedenen Druckdifferenzen zwischen Gebäude und Umgebung aufgenommen werden. Eine Ein-Punkt-Messung bei 50 Pa ist nicht zulässig. Zusätzlich ist die natürliche Druckdifferenz zu bestimmen, die durch Wind und Temperatureinfluß zum Zeitpunkt der Messung an dem Gebäude anliegt. Die natürliche Druckdifferenz ist jeweils vor und nach jeder Meßreihe zu bestimmen. Der Mittelwert muß von der Druckdifferenz zwischen Gebäude und Umgebung subtrahiert werden, da diese sonst um den Betrag der natürlichen Druckdifferenz zu hoch bzw. zu niedrig bestimmt wird.

Für die Temperaturkorrektur der Volumenströme ist die Innen- und Außenlufttemperatur zu protokollieren.

### 3.4. Auswertung – Prüfbericht

Das Auswerteverfahren der Meßreihen ist detailliert in DIN EN 13829 beschrieben. Die Volumenströme durch die Gebäudehülle sind über den erzeugten Druckdifferenzen über die Gebäudehülle in einem doppellogarithmischen Diagramm aufzutragen.

Die Bestimmung der Nettogrundfläche und des gemessenen lichten Volumens sind nachvollziehbar zu dokumentieren. Mit Hilfe des errechneten Innenvolumens und dem über das Auswerteverfahren ermittelten Volumenstrom bei 50 Pa kann die Dichte des Gebäudes anhand des  $n_{50}$ -Wertes (Gl. 1) bestimmt werden.

$$n_{50} = \frac{\dot{V}_{50}}{V} \quad [1/h] \quad (1)$$

Hierin ist  $\dot{V}_{50}$  der Leckagevolumenstrom bei 50 Pa in  $[m^3/h]$  und  $V$  das untersuchte Gebäudevolumen in  $[m^3]$ . Die Genauigkeit des  $n_{50}$ -Wertes wird anhand einer Fehlerfortpflanzungsberechnung abgeschätzt. Typischerweise wird die Gesamtunsicherheit, je nach Wetterbedingungen, zwischen  $\pm 10 \%$

### Anforderungen an den Prüfbericht nach DIN EN 13829

1. Verweis auf die Norm und jegliche Abweichungen davon
2. Alle Angaben, die notwendig sind, um das geprüfte Gebäude zu identifizieren
3. Prüfobjekt
  - Beschreibung, welche Teile des Gebäudes Gegenstand der Messung waren
  - Nettogrundfläche und Innenvolumen des untersuchten Gebäudeteils und weitere erforderliche Gebäudemaße
  - Dokumentation der Berechnungen, so daß die angegebenen Ergebnisse nachvollzogen werden können
  - Zustand aller Öffnungen in der Gebäudehülle: verriegelt, abgedichtet, offen etc.
  - Genaue Beschreibung von temporären Abdichtungen, falls vorhanden
  - Art der Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage
4. Ausrüstung und Verfahren
  - Eingesetzte Geräte und Meßtechnik
5. Meßdaten
  - Natürliche Druckdifferenz  $\Delta p_{0,1+}$ ,  $\Delta p_{0,1-}$ ,  $\Delta p_{0,2+}$ ,  $\Delta p_{0,2-}$ ,  $\Delta p_{0,1}$ , und  $\Delta p_{0,2}$  für die Über- und Unterdruckmessung
  - Innen- und Außenlufttemperatur
  - Windgeschwindigkeit und, sofern Bestandteil der Auswertung, der Luftdruck
  - Tabelle der erzeugten Druckdifferenzen und der zugehörigen Volumenströme (mindestens 5 Punkte)
  - Leckagekurve (Diagramm)
  - Strömungskoeffizient  $C_{env}$ , Strömungsexponent  $n$  und Leckagekoeffizient  $C_L$  sowie deren Vertrauensbereiche für Unter- und/oder Überdruckmessung, bestimmt nach dem Verfahren, welches in der Norm genannt ist
  - Luftwechselraten  $n_{50}$  bei 50 Pa für Unterdruck und/oder Überdruck, sowie der Mittelwert aus beiden Messungen
  - Abgeleitete Größen entsprechend der nationalen Regelung
  - Prüfdatum

Zusätzliche Anforderungen aus dem Beiblatt des Fachverbands Luftdichtheit im Bauwesen e.V.

- Einbauort des Ventilators
- Detailliertere Betrachtung der Gesamtunsicherheit des  $n_{50}$ -Wertes

und in seltensten Extremfällen  $\pm 40\%$  liegen.

Für den Vergleich des Meßergebnisses mit der bestehenden Anforderung wird der Mittelwert – der wahrscheinlichste Wert für die wahre Größe [5] – herangezogen. Wird z.B. bei einem Gebäude mit Fensterlüftung ein  $n_{50}$ -Wert von  $3,0 \pm 0,3$  1/h bestimmt, so ist die Anforderung aus DIN 4108-7 erfüllt.

Der Inhalt des Prüfberichts, der als Dichtheitsnachweis ggf. an den Energiebedarfsausweis angehängt werden muß, ist umfangreich. In Bild 1 ist ein Kurz-Protokoll für den EnEV-Dichtheitsnachweis exemplarisch dargestellt. Die grau unterlegten Felder müssen lt. DIN EN 13829 ausgefüllt werden. Die Berechnung von Innenvolumen und Nettogrundfläche sind auf einem separaten Blatt zu dokumentieren.

#### **4. Wer darf den EnEV-Dichtheitsnachweis führen?**

Grundsätzlich darf jeder den EnEV-Dichtheitsnachweis führen. Um in der Praxis unvollständige, nicht normgerechte Prüfberichte sowie fehler- bzw. lückenhafte Angaben über Messungen zu vermeiden, sollten die Nachweismessungen jedoch von Personen durchgeführt werden, die eine entsprechende Qualifikation nachweisen können.

Seit März 2002 bietet der Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V. (FLiB) eine Zertifizierung für Personen an, die Luftdichtheitsmessungen durchführen. Mit einer praktischen und theoretischen Prüfung müssen Kenntnisse in den einschlägigen Normen und der praktischen Durchführung nachgewiesen werden. Bei erfolgreich bestandener Prüfung wird das Zertifikat

*Zertifizierter Prüfer der Gebäudedichtheit  
im Sinne der Energieeinsparverordnung*

verliehen [6]. Als Hilfestellung zur Durchführung bzw. Vereinheitlichung der EnEV-Nachweismessung hat der Fachverband ein FLiB-Beiblatt zur DIN EN 13829 entwickelt, welches die Norm näher erläutert und ergänzt.

#### **5. Ausblick**

Nach DIN 4108-7 muß ein Gebäude immer eine bestimmte Dichtheit – mit und ohne Überprüfung – aufweisen. Zukünftig wird i.d.R. bei der Erstellung des Nachweises gemäß Energieeinsparverordnung ein reduzierter Luftwechsel bei der Berechnung des Lüftungswärmeverlustes angesetzt werden. Damit wird schon in der Planungsphase festgelegt, daß ein erfolgreicher Dichtheitsnachweis nach DIN EN 13829, Verfahren A, zu führen ist. Luftdichtheitsmessungen, durchgeführt von qualifizierten Personen, werden zum Standard.

#### **Literatur**

- [1] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) vom 16. Nov. 2001. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2001 Teil I Nr. 59 (21. Nov. 2001), S. 3085-3102
- [2] DIN EN 13829:2001-2 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden; Differenzdruckverfahren
- [3] DIN 4108-7:2001-08 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Luftdichtheit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- sowie Ausführungsempfehlungen und -beispiele
- [4] Maas, A., Hauser, G. und Höttges, K.: Die Energieeinsparverordnung. Bauphysik 24 (2002), H. 1, S. 26-38
- [5] Beitz, W. und Küttner, K.-H.: Dubbel – Taschenbuch für den Maschinenbau. Springer-Verlag, Berlin, 15. Aufl., 1983
- [6] Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V., [www.flib.de](http://www.flib.de)

## Protokoll für EnEV Dichtheitsnachweis DIN EN 13829 Verfahren A

<b>Adresse des Bauvorhabens</b>		<b>Durchführende Firma</b>
BV Müller Am Leckagepfad 4 54321 Durchdringung		Ing.- Büro für Energie & Umwelt Bahnhofstr. 14 11111 Beispielhausen
<b>Baujahr</b>	2001	<b>Name des Durchführenden</b>
<b>Prüfdatum</b>	22.2.2002	Pascal Druckluft

Lüftung / Haustyp	Hinweis auf DIN EN 13829 und auf ihre Abweichungen
Fensterlüftung <input checked="" type="checkbox"/>	- Gebäude ist komplett fertiggestellt - Messung nach Norm
mechanische Lüftungsanlage <input type="checkbox"/>	
EFH <input checked="" type="checkbox"/>	
MFH <input type="checkbox"/>	

Zustand aller Öffnungen	Temporäre Abdichtungen
- Fenster u. Türen geschlossen - Dunstabzugshaube auf "zu" - Kamin auf "zu"	keine
Untersuchte Gebäudebereiche	Heizung, Lüftung, Klima
- DG + EG komplett - KG: Treppenabgang + Keller 1	- Fensterlüftung - Gastherme mit raumluftunabhängiger Luftzufuhr

Berechnungen	Volumen <input checked="" type="checkbox"/>
	Grundfläche <input checked="" type="checkbox"/>
	Hüllfläche <input type="checkbox"/>
sind als Anlage angefügt.	
<b>n<sub>50</sub> Anforderungen nach EnEV</b>	
Fensterlüftung	Lüftungsanlage
3,0 1/h	1,5 1/h

**n<sub>50</sub>**  


---

**2,8 ± 0,3 1/h**

Der Grenzwert ist  
 eingehalten   
 nicht eingehalten

Beispielhausen, 16.04.2002 Pascal Druckluft  
 Ort, Datum Unterschrift

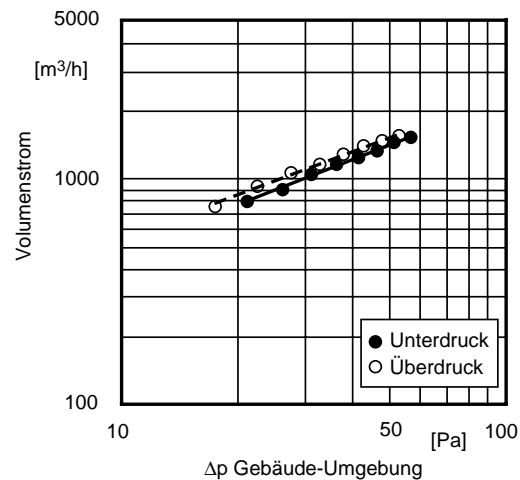
Bild 1: Formblattentwurf zur Dichtheitsmessung nach DIN EN 13829. Die grau unterlegten Felder müssen lt. DIN EN 13829 ausgefüllt werden.

## Meßdaten/Auswertung

BV	Müller, 22.02.2002
----	--------------------

Gebäudedaten		
Nettovolumen	540	m <sup>3</sup>
Nettogrundfläche	220	m <sup>2</sup>

Meteorologie		
Lufttemperatur, außen	8	°C
Lufttemperatur, innen	16	°C
Windgeschwindigkeit	1,5	m/s
Luftdruck		hPa



Meßwerte					Natürliche Druckdifferenz			
Nr.	Unterdruck		Überdruck		Unterdruck		Überdruck	
	Δp [Pa]	Volumenstrom [m <sup>3</sup> /h]	Δp [Pa]	Volumenstrom [m <sup>3</sup> /h]	Vor der Messung	Δp [Pa]	Vor der Messung	Δp [Pa]
1	21	837	18	738	Δp 0,1+	0,9	Δp 0,1+	1,9
2	26	947	23	904	Δp 0,1-	-2,1	Δp 0,1-	-0,7
3	31	1089	27	1036	Δp 0,1	-1,4	Δp 0,1	1,3
4	36	1214	32	1142	Nach der Messung		Nach der Messung	
5	41	1302	37	1255	Nach der Messung		Nach der Messung	
6	46	1409	42	1363	Δp 0,2+	0,4	Δp 0,2+	0,8
7	51	1552	47	1458	Δp 0,2-	-1,1	Δp 0,2-	-0,5
8	56	1598	52	1532	Δp 0,2	-0,9	Δp 0,2	0,2

Auswertung	Unterdruck		Überdruck		Gesamt		
	Mittel	Abw.	Mittel	Abw.	Mittel	Abw.	
Strömungskoeffizient, C <sub>env</sub>	107 ± 1		114 ± 1		111 ± 1		[m <sup>3</sup> /(h·Pa <sup>n</sup> )]
Strömungsexponent, n	0,67 ± 0,01		0,66 ± 0,02		0,67 ± 0,01		[-]
Leckagekoeffizient, C <sub>L</sub>	103 ± 1		118 ± 1		111 ± 1		[m <sup>3</sup> /(h·Pa <sup>n</sup> )]
n <sub>50</sub>	2,6 ± 0,2		2,9 ± 0,3		2,8 ± 0,3		[1/h]

Eingesetzte Meßgeräte			Genauigkeit	
Meßgeräte / -größe	Firma/Modell	Meßbereich	Ist	Maximal
Volumenstrom-Meßeinrichtung	Minneapolis, Modell 3	100 ... 8000 m <sup>3</sup> /h	± 5 %	± 7 %
Manometer	Minneapolis	0 ... 60 Pa	± 2 Pa	± 2 Pa
Temperatur	Alnor	- 20 ... + 80 °C	± 0,1 K	± 1 K
Windgeschwindigkeit				