

# Postulat für Luftdichtheits-Grenzwerte bei großen Gebäuden

Dipl.-Ing. Paul Simons, Dipl.-Ing. Stefanie Rolfsmeier

**BlowerDoor GmbH MessSysteme für Luftdichtheit**  
Zum Energie- und Umweltzentrum 1, D-31832 Springe-Eldagsen,  
Tel. +49 (0)5044/975-40, E-Mail: [info@blowerdoor.de](mailto:info@blowerdoor.de)

## KURZFASSUNG

Bei großen Gebäuden wird nach DIN 4108-7 ein Grenzwert für die Luftdurchlässigkeit von  $q_{50} \leq 3,0 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$  gefordert. Weitere und strengere auf den  $q_{50}$  bezogene Grenzwerte sind bei der DGNB und dem Schweizer MINERGIE-Standard zu finden.

Ziel dieses Vortrages ist es, bei den Zuhörern eine Sensibilität für dieses Thema zu entwickeln und Empfehlungen zu geben, welche Grenzwerte bei Neubauprojekten angesetzt werden können. Messerfahrungen und theoretische Überlegungen legen den Schluss nahe, dass ein volumenbezogener Grenzwert  $n_{50}$  bei großen Gebäuden kein angemessener Grenzwert ist. Aufgrund der wechselnden A/V Verhältnisse bei großen Gebäuden macht es Sinn, einen hüllflächenbezogenen Grenzwert zu fordern, zumal es für Bauteilanschlussfugen und Funktionsöffnungen bereits Anforderungen an die Begrenzung der Luftdurchlässigkeit gibt. Es werden bestehende Grenzwerte und Ergebnisse von Luftdichtheitsmessungen vorgestellt. Des Weiteren wird stichpunktartig die Herangehensweise zum Erzielen einer planmäßigen Luftdichtheit vorgetragen.

## SCHLÜSSELWÖRTER

Luftdurchlässigkeit  $q_{50}$ , Grenzwerte (Tabelle), Rolltore, Ladebrücken, Fahrstuhltranchungen

## EINLEITUNG

Die Luftdichtheitsmessung von großen Gebäuden wie Bürogebäude, Schulen und Altenheime, Lagerhallen und Produktionshallen setzt sich in Deutschland erfreulicherweise immer mehr durch. Anlass sind häufig die Anforderungen bzw. Vorteile aus der Energieeinsparverordnung, eine definierte Luftdichtheit des Gebäudes zu erreichen sowie auch die gestiegene Sensibilisierung der Öffentlichkeit zur Vermeidung von Energieverlusten. Auch werden zunehmend Qualitätsnachweise gefordert.



Abb. 1: Zwei Gebäude mit je  $200.000 \text{ m}^3$  Gebäudeluftvolumen. Das linke Gebäude ist sehr dicht mit  $V_{50} = 2.600 \text{ m}^3/\text{h}$ , das rechte hat einen  $V_{50} = 86.500 \text{ m}^3/\text{h}$ .

## GRENZ- UND MESSWERTE

### Luftwechselrate bei 50 Pascal $n_{50}$

Die Energieeinsparverordnung begrenzt die Luftwechselrate  $n_{50}$  eines Gebäudes, wenn eine Luftdurchlässigkeitsmessung nach EN 13829 durchgeführt wird, auf folgende Werte:

$n_{50} \leq 3,0 \text{ h}^{-1}$  für Gebäude ohne Lüftungsanlage und  
 $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$  für Gebäude mit Lüftungsanlage

Mit Einführung der EnEV 2007 erfolgt der rechnerische Nachweis der Energiebilanz für Nichtwohngebäude über die Normenreihe DIN V 18599. Aus der Projekterfahrung von Herrn Dipl.-Ing. Moritz Wagner, Büro IFB Sorge (Nürnberg), mit dem Nachweisverfahren der DIN V 18599 kann man Folgendes sagen:

- Normalerweise wirkt sich die Berücksichtigung eines Luftdichtheitstests positiv auf den Jahresprimärenergiebedarf aus.
- Bei üblichen Gebäuden beträgt die Reduzierung etwa zwischen 10 und 15 %.

Die DIN V 18599 erlaubt, dass der gemessene  $n_{50}$ -Wert als Bemessungswert angesetzt werden kann. Standard-Bemessungswerte nach DIN V 18599 sind für Gebäude mit Fensterlüftung  $n_{50} \leq 2,0 \text{ h}^{-1}$  und für Gebäude mit Lüftungsanlage  $n_{50} \leq 1,0 \text{ h}^{-1}$ . Aus Abb. 2 können Sie entnehmen, dass die real gemessenen Ergebnisse häufig  $n_{50} \leq 0,5 \text{ h}^{-1}$  betragen. Durch das Einsetzen der real gemessenen  $n_{50}$ -Werte sind also über die Standard-Bemessungswerte hinausgehende Verbesserungen in der Energiebilanz zu erwarten.

**Wichtig ist, dass dieser Wert nach Verfahren A nach DIN EN 13829 ermittelt werden muss.**

Die Erfahrungen aus den Messungen großer Gebäude zeigen, dass die Grenzwerte in EnEV und DIN V 18599 üblicherweise eingehalten und zum Teil weit unterschritten werden. In dem folgenden Diagramm sind die Luftwechselraten bei 50 Pascal (Unterdruckmessungen) von 82 Gebäuden einer Reihe von Messteams zusammengestellt. Das kleinste Gebäude hat ein Innenvolumen von ca. 1.300 m<sup>3</sup> das größte von ca. 520.000 m<sup>3</sup>.

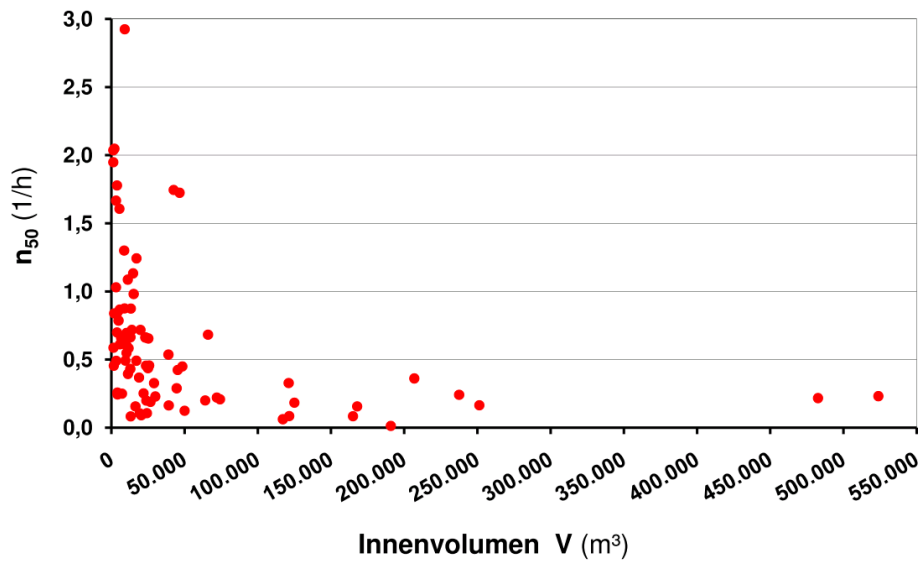


Abb. 2: Luftwechselraten  $n_{50}$  (82 Unterdruckmessungen) großer Gebäude

Die Luftwechselraten aller Gebäude liegen unter  $3,0 \text{ h}^{-1}$ , knapp 90 % der Luftwechselraten sind sogar kleiner als  $1,5 \text{ h}^{-1}$ .

Was ist die Ursache für diese scheinbar sehr guten Ergebnisse der Luftwechselraten bei 50 Pascal? Ist die Qualität der Gebäudehülle großer Gebäude sehr viel besser als die von Einfamilienhäusern? Oder liegen andere Gründe vor?

Die Luftwechselrate  $n_{50}$  ist ein volumenbezogener Kennwert. Sie berechnet sich, indem der ermittelte Leckagestrom bei 50 Pa  $V_{50}$  durch das Innenvolumen  $V$  des Gebäudes geteilt wird:

$$n_{50} = V_{50} / V$$

Dies hat zur Folge, dass im Vergleich zu Einfamilienhäusern große Gebäude bessere (kleinere) Luftwechselraten erreichen, da sie ein kleineres A/V-Verhältnis (Oberflächen/Volumen-Verhältnis) haben. Das heißt: ein „großes“ Volumen wird von einer vergleichsweise kleinen Gebäudehüllfläche, die die Leckagen enthält, umschlossen.

Beispiele für A/V-Verhältnisse

Gebäudetyp	A/V-Verhältnis (1/m)
Hochhaus	ab 0,2
Mehrfamilienhaus MFH (3 bis 4 Geschosse)	ca. 0,3 bis ca. 0,6
Reihenmittelhaus (2 bis 3 Geschosse)	ca. 0,5 bis ca. 0,7
Einfamilienhaus EFH	ab 0,8

Die Luftwechselrate  $n_{50}$  sagt vor diesem Hintergrund erst einmal nichts über die Qualität der Gebäudehülle aus. Erst wenn die Luftwechselraten bei gleicher Qualität der Luftdichtheitsebene in Bezug zum A/V-Verhältnis gesetzt werden, kann eine Beurteilung in Betracht gezogen werden.

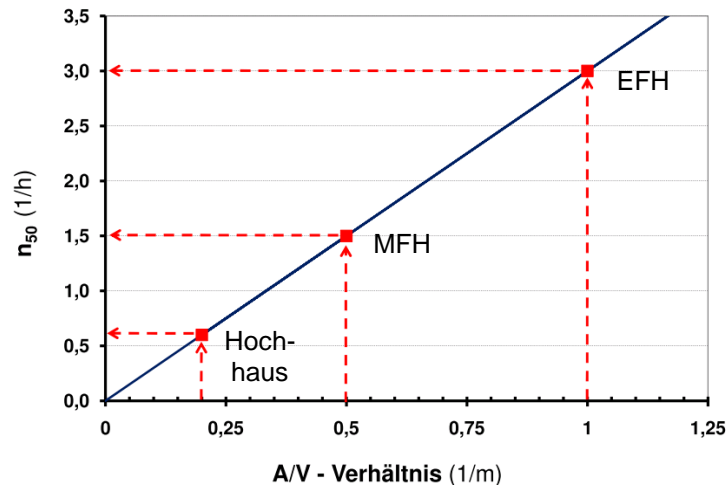


Abb. 3: Luftwechselraten bei gleicher Qualität der Luftdichtheitsebene in Bezug auf das A/V-Verhältnis

Das Diagramm zeigt beispielhaft drei Gebäude: Ein Einfamilienhaus (EFH) mit einem A/V-Verhältnis von ca.  $1 \text{ m}^{-1}$ , ein Mehrfamilienhaus (MFH) mit einem A/V-Verhältnis von ca.  $0,5 \text{ m}^{-1}$  und ein Hochhaus mit einem A/V-Verhältnis von  $0,2 \text{ m}^{-1}$ . Das Einfamilienhaus soll eine Luftwechselrate bei 50 Pascal von maximal  $n_{50} = 3,0 \text{ h}^{-1}$  haben. Unter der Annahme, dass das Mehrfamilienhaus und das Hochhaus ebenso viele Leckagen pro Quadratmeter Hüllfläche aufweisen, würde bei der Luftdichtheitsmessung des Mehrfamilienhauses eine Luftwechselrate bei 50 Pascal  $n_{50}$  von  $1,5 \text{ h}^{-1}$  und für das Hochhaus von  $0,6 \text{ h}^{-1}$  ermittelt werden.

**Fazit:** Die Luftwechselrate großer Gebäude sollte immer im Zusammenhang mit dem A/V-Verhältnis des Gebäudes beurteilt werden.

### Luftdurchlässigkeit bei 50 Pascal $q_{50}$

Zur besseren Vergleichbarkeit der Qualität der Gebäudehülle von verschiedenen Gebäuden kann zusätzlich ein anderer Kennwert herangezogen werden, die Luftdurchlässigkeit  $q_{50}$ . Auch die DIN 4108-7 fordert in ihrer Ausgabe vom Januar 2011, die Luftdurchlässigkeit für Gebäude mit einem Innenvolumen  $> 1.500 \text{ m}^3$  auf  $q_{50} \leq 3,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$  zu begrenzen.

Die Luftdurchlässigkeit  $q_{50}$  wird berechnet, indem der Leckagestrom bei 50 Pa  $V_{50}$  durch die Gebäudehüllfläche  $A_E$  des Gebäudes geteilt wird:

$$q_{50} = V_{50} / A_E$$

Sie gibt an, wie viel Kubikmeter Luft pro Stunde bei einer Gebäudedruckdifferenz von 50 Pascal über einen Quadratmeter Gebäudehüllfläche strömt.

Im folgenden Diagramm sind die Luftdurchlässigkeiten  $q_{50}$  von 42 Unterdruckmessungen dargestellt.

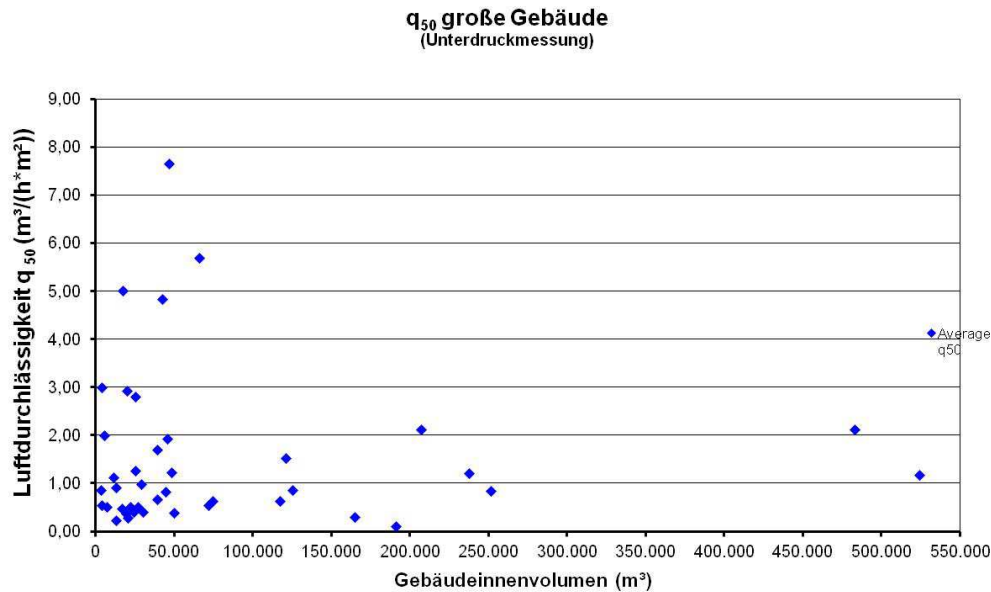


Abb. 4: Luftdurchlässigkeit q<sub>50</sub> (42 Unterdruckmessungen) großer Gebäude

90 % der Gebäude halten einen q<sub>50</sub> ≤ 3,0 m<sup>3</sup>/(h·m<sup>2</sup>) ein, 70 % liegen unterhalb von q<sub>50</sub> = 1,5 m<sup>3</sup>/(h·m<sup>2</sup>).

International sind bereits Grenzwerte für Gebäude größer 4.000 m<sup>3</sup> formuliert:

- Mindeststandard 4108-7                      q<sub>50</sub> ≤ 3,0 m<sup>3</sup>/(h·m<sup>2</sup>)
- Mindeststandard DGNB                      q<sub>50</sub> ≤ 2,5 m<sup>3</sup>/(h·m<sup>2</sup>)
- Verbesserter Standard DGNB              q<sub>50</sub> ≤ 2,0 m<sup>3</sup>/(h·m<sup>2</sup>) Regel der Technik
- Schweizer MINERGIE-Standard        q<sub>50</sub> ≤ 1,25 m<sup>3</sup>/(h·m<sup>2</sup>) in kürze Regel der Technik
- Optimaler Standard                          q<sub>50</sub> ≤ 0,6 m<sup>3</sup>/(h·m<sup>2</sup>) Stand der Technik

Regel der Technik bedeutet, diese Werte werden heute schon mit den allgemein üblichen Techniken und Arbeitsmethoden eingehalten. Da in der Praxis eine Sensibilisierung bereits eingesetzt hat, so schätzen die Autoren, wird sich die Regel der Technik in kurzer Zeit auf einen Wert in Richtung q<sub>50</sub> ≤ 1,25 m<sup>3</sup>/(h·m<sup>2</sup>) verschieben.

Stand der Technik bedeutet, dass es ist bei besonderer Sorgfalt möglich ist, diese Werte zu erreichen. In aller Regel ist dazu eine baubegleitende Qualitätssicherung notwendig. Die staatliche Luxemburgische Bauverwaltung arbeitet im Neubaubereich von Schulen und Verwaltungsgebäuden bereits mit einem q<sub>50</sub> ≤ 0,6 m<sup>3</sup>/(h·m<sup>2</sup>), bei Hallen wird der q<sub>50</sub> entsprechend der Rolltorqualität angepasst.

## VORSCHLÄGE ZUR QUALITÄTSVERBESSERUNG

Um gezielt eine gute Qualität der luftdichten Gebäudehülle zu erreichen, sollte wie auch bei Einfamilienhäusern schon in der Planungsphase ein Luftdichtheitskonzept für das Gebäude erstellt werden. Dabei muss die Luftdichtheitsebene, genauso wie die thermische Gebäudehülle, das gesamte beheizbare Volumen lückenlos umschlie-

ßen. Die Auswahl von ausreichend luftdichtenden Materialien, eine sorgfältige Detailplanung und die Vermeidung von unnötigen Durchdringungen sind Voraussetzungen, um später eine gute Ausführung zu erreichen.

Aus den bisherigen Messerfahrungen konnte ein Verbesserungsbedarf unter anderem bei Pfosten-Riegel-Fassadenkonstruktionen, Fahrstuhleentrauchungen, Rolltoren und beweglichen Ladebrücken ausgemacht werden.

### **Pfosten-Riegel-Fassadenkonstruktionen**

In der Abb. 5 ist ein Beispiel für die vorgezogene Überprüfung der Luftdichtheit von den Pfosten-Riegel-Fassadenkonstruktionen dargestellt.



Abb. 5: Musterfassade mit angeschlossener Einhausung, so dass die Luftdichtheit des Fassadelementes und der Anschlussfuge vorab geprüft werden konnten. In diesem Fall waren Nachbesserungen und ein zweiter Luftdichtheitstest nötig.

### **Fahrstuhleentrauchungen**

Fahrstuhleentrauchungen sind für den Brandfall vorgesehen. Es handelt sich dabei um Öffnungen meistens im Fahrstuhlkopf. Im Brandfall dienen diese der Rauchabführung aus dem Schacht. Die Zulassung der Fahrstuhltüren ist in vielen Fällen an das Vorhandensein von Entrauchungsöffnungen geknüpft. Stehen diese Öffnungen ganzjährig offen, führt dies zu Lüftungswärmeverlusten. Im Sommer sind es – in gekühlten Gebäuden – Lüftungskälteverluste. Mittlerweile sind Verschlussklappen am Markt erhältlich, die nur noch im Bedarfsfall öffnen. In einigen Fällen wird über die Entrauchungsöffnung auch der Antriebsmotor für den Fahrstuhl gekühlt. In diesen Fällen kann die Funktion der Entrauchungsklappe noch mit einer Ein- und Ausschalttemperatur für die Motorkühlung kombiniert werden.

In Installationsschächten sind häufig ebenfalls Entrauchungen vorgesehen, diese müssen ebenfalls mit Verschlussklappen versehen werden.

## Rolltore

Rolltore werden bei vielen großen Projekten wie z.B. Logistikhallen eingesetzt. Die Dichtheit der Rolltore ist in „Tabelle 1: Dichtheitsklassen 0 bis 5 für Rolltore, nach [DIN EN 12426]“ dargestellt. Die angegebenen Werte der Luftdurchlässigkeit entsprechen dem  $q_{50}$ -Wert in DIN 4108-7. Ein Rolltor der Dichtheitsklasse 4 entspricht mit einer Luftdurchlässigkeit von  $3 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$  dem Grenzwert aus [DIN 4108-7].

Tabelle 1: Dichtheitsklassen 0 bis 5 für Rolltore, nach [DIN EN 12426]

Klasse	Luftdurchlässigkeit (LD) bei einem Druck von 50 Pa $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$	Festlegung
0		keine Leistung bestimmt
1	24	
2	12	
3	6	
4	3	
5	1,5	

## Bewegliche Ladebrücken

Für die LKW Be- und Entladung sind verschiedene Ladebrückensysteme im Einsatz.

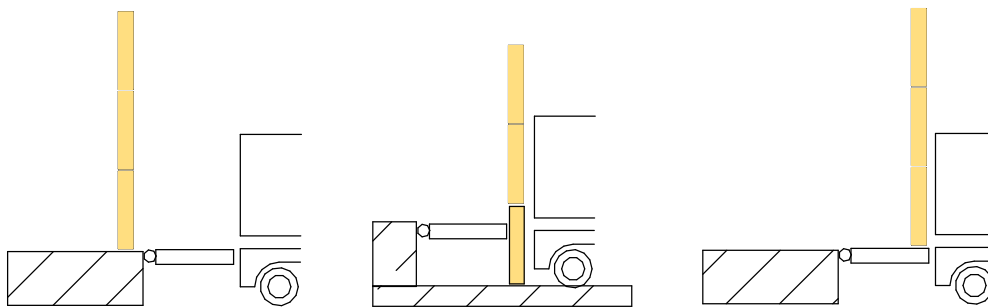


Abb. 6: Die rechts abgebildete Ladebrücke hat Einfluss auf die Luftdichtheit, da sie einen Teil der Gebäudehülle darstellt.

Bei den Ladebrücken, die einen Teil der Außenhülle darstellen, hat die 2 cm breite Fuge zwischen der Ladebrücke und dem anschließenden Boden einen entscheidenden Einfluss auf die Dichtheit. Es ist darauf zu achten, dass diese Fuge eine Dichtung hat (Abb. 7). Grenzwerte für die Luftdichtheit von beweglichen Ladebrücken sind den Autoren nicht bekannt.





Abb. 7: Ausschnitt, bewegliche Ladebrücke mit eingebauter Dichtung. Lediglich in der Torebene verbleibt eine deutlich sichtbare Luftleckage  
(Quelle: Bauphysikkalender 2012)

## MESSBEISPIEL



Abb. 8: Schulneubau in Luxemburg, Mensagebäude Public, mit eingebautem MessSystem BlowerDoor MultipleFan

Hüllfläche = 15.000 m<sup>2</sup>

Gebäudeluftvolumen = 45.000 m<sup>3</sup>

Zielwert:  $q_{50} \leq 1,25 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$

Messergebnisse:  $V_{50} = 7.000 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $q_{50} = 0,5 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ,  $n_{50} = 0,15 \text{ h}^{-1}$





Abb. 9: Während der BlowerDoor Messung im Gebäude Public

**Fazit:** Die Autoren empfehlen eine Diskussion der Grenzwerte für große Gebäude in die Richtung, als Grenzwert für neu zu planende große Gebäude  $q_{50} < 2,0 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$  in den Ausschreibungen festzusetzen und für erhöhte Anforderungen wie z.B. bei Verwaltungsgebäuden einen  $q_{50} \leq 1,25 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$  anzusetzen.

## REFERENZEN/LITERATUR

Rolfsmeier, S., Simons, P., Dorschky, S.: Luftdichtheit in Planung, Ausführung und Messung. Bauphysikkalender 2012, Ernst & Sohn, Berlin 2012

[DIN EN 13829] Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren (ISO 9972:1996, modifiziert), Deutsche Fassung EN 13829: 2000. Beuth Verlag Berlin, Februar 2001.

[DGNB-Standard] DGNB = Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen. [www.dgnb.de](http://www.dgnb.de)

[Minergie] MINERGIE®-Anforderungen (Norm SIA 380/1:2009) [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch)

[DIN EN 12426] Tore – Luftdurchlässigkeit – Klassifizierung. Beuth-Verlag Berlin, 2000-11.

[DIN V 18599-2] 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, Februar 2007.

[[www.passiv.de](http://www.passiv.de)] Passivhaus-Institut: Kriterien für Passivhäuser mit Wohnnutzung – Zertifizierung als „Qualitätsgeprüftes Passivhaus“. Veröffentlicht unter [www.passiv.de](http://www.passiv.de)

[EnEV 2007] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV, Inkrafttreten 1. Oktober 2007). Bundesgesetzblatt vom 26. Juli 2007. Berlin.