

# Kenngößen zur Beschreibung der Luftdichtheit von Gebäuden

Achim Geißler und Gerd Hauser

Dr. Achim Geißler, Fachgebiet Bauphysik, Universität Gesamthochschule Kassel

Dr.-Ing. Gerd Hauser ist Professor für Bauphysik der Universität Kassel

## Zusammenfassung

Es ist damit zu rechnen, daß es in Deutschland demnächst konkrete Anforderungen an die Luftdichtheit der Gebäudehülle geben wird. Das Anforderungsniveau wird voraussichtlich durch die Festlegung eines maximal zulässigen Luftwechsels bei 50 Pa Druckdifferenz, eines maximalen  $n_{50}$ -Werts, beschrieben.

Im folgenden wird ein Überblick über weitere Kenngrößen gegeben, die zu Vergleichszwecken herangezogen werden können. Die Frage, ob die Kenngröße ' $n_{50}$ ' die Geeignetste ist, wird diskutiert.

Es zeigt sich, daß keine der betrachteten, derzeit üblichen Kenngrößen für alle Untersuchungsziele von Luftdichtheitsmessungen geeignet ist. Je nachdem, welche Fragestellung zu einer Luftdichtheitsprüfung von Gebäuden führt, weisen die Kenngrößen unerwünschte Abhängigkeiten auf, die zu Fehlinterpretationen führen können.

## 1 Einführung

Die Gebäudehülle soll aus verschiedenen Gründen luftdicht ausgeführt sein: Lüftungswärmeverluste sollen minimiert, Bauschäden vermieden und ein behagliches Raumklima ohne Zugerscheinungen gewährleistet werden.

Über Aspekte der Luftdichtheit der Gebäudehülle wird seit einigen Jahren intensiv diskutiert. Neben der sehr praktischen Frage nach dem wie, also durch welche Konstruktionen eine hinreichende Luftdichtheit zu erreichen ist, wird auch die Frage gestellt, anhand welcher Werte bzw. welchen Wertes die Luftdichtheit von Gebäuden charakterisiert werden soll. Eine solche Größe zur Charakterisierung, eine Kenngröße, dient dazu, einen komplexen Sachverhalt möglichst kompakt darzustellen bzw. einen Gegenstand/Zustand in einer greifbaren Größe zusammenzufassen. Eine derartige Kenngröße sollte möglichst nur von relevanten Einflußgrößen abhängen. Vergleiche von Kenngrößenwerten dürfen zu keinen falschen Informationen oder Einschätzungen führen. Durch eine Kenngröße unvollständige Information zu erhalten ist dagegen tolerierbar bzw. unumgänglich.

Es ist damit zu rechnen, daß nach der zu erwartenden Einführung konkreter Anforderungen an die Luftdichtheit der Gebäudehülle im Laufe der nächsten Jahre eine Vielzahl von Luftdichtheitsmessungen durchgeführt werden wird. Ziel derartiger Untersuchungen ist der Nachweis, die gestellten Dichtheitsanforderungen erfüllt zu haben. Eben dieser Nachweis bedarf eines Vergleichs von Kenngrößenwerten.

Das Anforderungsniveau an die Luftdichtheit von Gebäuden wird heute durch einen maximal erlaubten Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz über die Gebäudehülle gesetzt. Diese Kenngröße, der  $n_{50}$ -Wert, beschreibt integral die auf das Gebäudevolumen bezogene Luftdichtheit des Gebäudes. Anhand dieser Kenngröße werden derzeit im Hinblick auf ihre Geometrie unterschiedlichste Gebäude in 'dicht genug' und 'nicht dicht genug' eingestuft.

## 2 Problemstellung

Die Frage nach der Luftdichtheit der Gebäudehülle stellt sich im wesentlichen im Zusammenhang mit den drei bereits erwähnten Problemstellungen Lüftungswärmeverluste, Bauschäden und Behaglichkeit.

Zur Beantwortung der Frage nach den Lüftungswärmeverlusten genügt ein integraler Wert, der eine Aussage über die absolute Menge an Luft, die gewechselt wird, zuläßt.

Die Frage nach Bauschäden sowie die Frage nach der Behaglichkeit können mit einem integralen Wert auch nicht näherungsweise beantwortet werden. Sie hängen zu sehr von der lokalen Verteilung von Leckagen ab. Eine Kenngröße, welche anhand von wenigen Daten gebildet wird, kann hier grundsätzlich keine Antwort liefern. Hierzu sind detaillierte Informationen über die Größe einzelner Leckagen und häufig auch über Leckagewege erforderlich. Diese Informationen sind durch Messungen nicht immer ermittelbar und auch nicht in eine einfache, allgemein formulierbare Kenngröße zusammenfaßbar.

Das Messen der Luftdichtheit ist vielmehr eine Überprüfung der Planungs- und Ausführungsqualität der Luftdichtheitsschicht. Um die Qualität der Gebäudehülle bzw. der luftdichtenden Schicht vergleichen zu können, muß eine Kenngröße, durchaus integral, den für die Luftdichtheit des Gebäudes relevanten Teil, nämlich die Gebäudehüllfläche, als wesentlichen Parameter beinhalten.

Im folgenden sollen neben dem  $n_{50}$  –Wert die Kenngrößen  $VFB_{50}$ ,  $ELA_4$  sowie  $NLA_4$  vorgestellt und es soll versucht werden, anhand einer Parameterstudie die Eignung dieser Kenngrößen zur Beantwortung sowohl der Frage nach den Lüftungswärmeverlusten als auch nach der handwerklichen Qualität der Gebäudehülle zu klären.

### 3 Kennzahlen und ihre Definition

Die Luftdichtheit der Gebäudehülle wird i.a. anhand von Differenzdruckmessungen ermittelt. Die gemessenen Volumenströme und Druckdifferenzen können anhand der Gleichung

$$\dot{V} = C \cdot \Delta p^a$$

angepaßt und damit für beliebige Druckdifferenzen Volumenströme berechnet werden.

Um Messungen vergleichen zu können, werden aus Volumenströmen und Druckdifferenzen sowie relevanten Gebäudedaten Kenngrößen gebildet. Neben der in Deutschland vornehmlich eingesetzten Kenngröße ' $n_{50}$ ' werden international einige weitere Kenngrößen verwendet. Collivier et. al. haben in [1] eine detaillierte Beschreibung vieler dieser Kenngrößen zusammengestellt. Es wird hier nur ein kurzer Überblick über einige der Kenngrößen gegeben.

Es ist üblich, sowohl eine Über- als auch eine Unterdruckmessung durchzuführen. Zur Bildung der folgenden Kenngrößen wird jeweils der Mittelwert der Volumenströme aus Über- und Unterdruckmessung angesetzt.

#### 3.1 Der Luftwechsel bei 50 Pa ( $n_{50}$ -Wert)

Diese Kenngröße beschreibt den Luftwechsel, das heißt das pro Zeiteinheit ausgetauschte Luftvolumen bezogen auf das Luftvolumen des gemessenen Raumes bzw. Gebäudes, bei einer Druckdifferenz von 50 Pa zwischen dem Raum- bzw. Gebäudeinneren und der Umgebung.

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

Hierin sind

$$\begin{aligned} \dot{V}_{50} &= \text{Volumenstrom bei 50 Pa Druckdifferenz} \\ &\text{in m}^3/\text{h} \\ V_{L, Geb.} &= \text{Luftvolumen des gemessenen Bereichs} \\ &\text{in m}^3 \end{aligned}$$

Die Genauigkeit dieses Wertes hängt stark von der Genauigkeit der Gebäudevolumenangabe ab. Bei der Angabe des Gebäudevolumens sollte stets hinzugefügt werden, welche Gebäudebereiche in dem angegebenen Volumen angesetzt und wie dieses Volumen bestimmt wurde.

#### 3.2 Hüllflächenbezogener Volumenstrom ( $VFB_{50}$ )

Bezieht man den bei 50 Pa Druckdifferenz über die Gebäudehülle geförderten Volumenstrom auf die Gebäudehüllfläche, erhält man den hüllflächenbezogenen Volumenstrom. Diese Kenngröße wird beispielsweise in der Schwedischen Norm SS 02 15 51 [2] unter der Bezeichnung ' $q_{50}$ ' als zusätzliche Angabe neben dem  $n_{50}$  –Wert vorgeschlagen.

$$VFB_{50} = \frac{\dot{V}_{50}}{A_e} [m^3 / (h \cdot m^2)]$$

Wobei

$$\begin{aligned} \dot{V}_{50} &= \text{Volumenstrom bei 50 Pa Druckdifferenz} \\ &\text{in m}^3/\text{h} \\ A_e &= \text{Hüllfläche des gemessenen Volumens} \\ &\text{in m}^2/\text{h} \end{aligned}$$

Die schwedische Norm gibt keine genaue Vorgabe, wie die Hüllfläche zu bestimmen ist. In Anlehnung an die weiter unten vorgestellte normalisierte Leakagefläche kann hier die gesamte oberirdische Raum- bzw. Gebäudehüllfläche des gemessenen Bereichs angesetzt werden.

#### 3.3 Effektive Leakagefläche ( $ELA_4$ )

Die Kenngröße  $ELA_4$  wird in dem 'Lawrence Berkeley Laboratory' Infiltrations-Modell eingesetzt, um den natürlichen Luftwechsel abzuschätzen. Die effektive Leakagefläche kann als offene Fläche einer speziellen, glockenförmigen Düse betrachtet werden, durch die bei einer Druckdifferenz von 4 Pa derselbe Volumenstrom wie durch die gesamten Undichtheiten der Raum bzw. Gebäudehülle bei 4 Pa strömt [1, 3, 4].

$$ELA_{\Delta p_r} = \frac{1}{0,36} \cdot C \cdot \Delta p_r^a \sqrt{\frac{\rho}{2 \cdot \Delta p_r}} [cm^2]$$

Wobei

- $1/0,36$  = Faktor für die Einheitenkonvertierung  
 $C$  = Leckagekoeffizient in  $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{Pa}^a)$   
 $\Delta p_r$  = Referenz-Druckdifferenz, hier 4 Pa  
 $a$  = Druckexponent, dimensionslos  
 $\rho$  = Dichte der Luft, hier  $1,22 \text{ kg/m}^3$

Es ist zu betonen, daß die effektive Leckagefläche *nicht* der tatsächlichen Leckagefläche des Gebäudes entspricht und nicht mit dieser verwechselt werden sollte.

### 3.4 Normalisierte Leckagefläche ( $NLA_4$ )

Die normalisierte Leckagefläche bezieht die bei einem Gebäude vorhandene Undichtheit, ausgedrückt als ELA, auf die gesamte oberirdische Raum- bzw. Gebäudehüllfläche, also Wände, Decken und Fußböden die einer Druckdifferenz ausgesetzt werden. Die normalisierte Leckagefläche wird unter anderem in der kanadischen Meßvorschrift zu Differenzdruckmessungen [5], allerdings bei der Referenzdruckdifferenz 10 Pa, als Kenngröße eingesetzt.

Die normalisierte Leckagefläche ist definiert als

$$NLA_4 = \frac{ELA_4}{A_e} [\text{cm}^2/\text{m}^2]$$

Es bedeuten

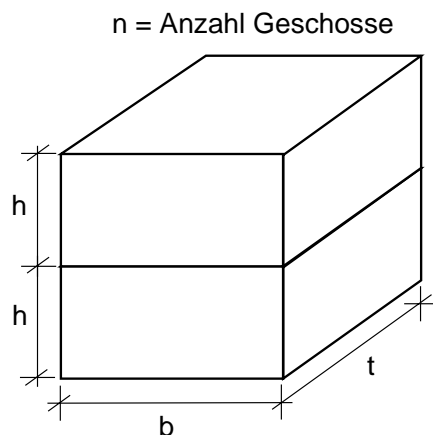
- $ELA_4$  = Effektive Leckagefläche in  $\text{cm}^2$ ;  
 $A_e$  = oberirdische Raum- bzw. Gebäudehüllfläche des gemessenen Bereichs in  $\text{m}^2$

## 4 Diskussion der Kenngrößen

Zur Kennzeichnung der Dichtheit eines Gebäudes ist eine Kenngröße heranzuziehen, die eine signifikante Beschreibung der Gegebenheiten gestattet. Je nach Aufgabenstellung zeigen die vorgestellten Kenngrößen die im weiteren diskutierten Eigenschaften. Zum besseren Verständnis wird ein einfaches Gebäudemodell, das in Bild 1 wiedergegeben ist, verwendet.

Neben der Nomenklatur ist in Bild 1 die Variationsbreite der Gebäudemaße sowie die durch Ändern dieser Maße in den angegebenen Grenzen erreichten Maximal- und Minimalwerte der Parameter Nettogebäudevolumen, Nettogrundfläche und A/V-Verhältnis gegeben.

Das A/V-Verhältnis, anhand dessen auch in der Wärmeschutzverordnung das Anforderungsniveau festgelegt wird ([6], Anlage 1, Teil 1.0) wird für die Gegenüberstellung der Kenngrößen als Bezugsgröße gewählt.



Variationen:

- $n$  = 2  
 $t$  = 12  
 $b$  = 8 ... 15  
 $h$  = 2,2 ... 3,6

	min	max	
A/V	0,58	0,87	$\text{m}^{-1}$
V	422	1296	$\text{m}^3$
$A_N$	192	360	$\text{m}^2$

**Abbildung 1:** Nomenklatur und Variationsbreiten der Gebäudemaße und sich daraus ergebende untere und obere Grenzwerte der betrachteten Parameter.

### 4.1 Energetische Kennzeichnung von Gebäuden

Hierbei ist die Wirkung der Undichtheit auf den Heiz- und ggf. Kühlenergiebedarf von Bedeutung. Deshalb ist beim Vergleich der einzelnen Kenngrößen der Einfluß des durch Infiltration erzeugten Volumenstroms auf die Kenngröße zu betrachten.

Wird für diesen Vergleich ein konstantes Verhältnis des absoluten Volumenstroms bei 50 Pa Druckdifferenz zu der Nutzfläche des Gebäudes vorgegeben — dies kann als konstanter Infiltrationsverlust pro durchschnittlichem Nutzer betrachtet werden und entspricht der Definition von Energiekennzahlen [7, 8] — ergeben sich folgende Zusammenhänge:

Für den  $n_{50}$ - bzw. den  $VFB_{50}$ -Wert erhält man die Beziehungen

$$n_{50} = \frac{\dot{V}}{A_N \cdot h} \quad (1)$$

$$VFB_{50} = \frac{\dot{V}}{A_N \left( \frac{2h}{t} + \frac{2h}{b} + \frac{1}{n} \right)} \quad (2)$$

Die äquivalente Leckagefläche  $ELA_4$  ist nicht von der Gebäudegeometrie abhängig, die normalisierte Leckagefläche  $NLA_4$  zeigt dieselbe Abhängigkeit wie der flächenbezogene Volumenstrom  $VFB_{50}$ . Das A/V-Verhältnis kann als

$$\frac{A}{V} = \left( \frac{2}{t} + \frac{2}{b} + \frac{2}{nh} \right) \quad (3)$$

ausgedrückt werden. In Bild 2 sind für die Randbedingungen

$$\begin{aligned} t &= 12 \quad m \\ n &= 2 \\ \frac{\dot{V}_{50}}{A_N} &= 3,335 \quad m^3/(hm^2) \end{aligned}$$

die Kenngrößen  $n_{50}$  und  $VFB_{50}$  über dem A/V-Verhältnis aufgetragen. Scharparameter ist jeweils die Gebäudebreite. Für eine mittlere Raumhöhe von 2,5 m erhält man für diese Vorgaben einen  $n_{50}$ -Wert von ca.  $1,33 \text{ h}^{-1}$ . Es ist ersichtlich, daß beide Kenngrößen unter diesen Randbedingungen Funktionen des A/V-Verhältnisses sind. Das heißt, je nach A/V-Verhältnis ergeben sich für Gebäude gleicher Infiltrationswärmeverluste pro Nutzfläche sehr unterschiedliche Werte der betrachteten Kenngrößen. Dies läßt einen objektiven Vergleich unterschiedlichster Gebäude hinsichtlich Infiltrationswärmeverlusten anhand dieser Kenngrößen nicht zu.

und  $VFB_{50}$  durch die Gleichungen

$$n_{50} = 4,76 NLA \left( \frac{A}{V} - \frac{1}{nh} \right) \quad (4)$$

$$ELA_4 = NLA \left( \frac{A}{V} - \frac{1}{nh} \right) \quad (5)$$

$$VFB_{50} = 4,76 NLA \quad (6)$$

beschreiben. Aufgetragen über dem A/V-Verhältnis entsprechen diese Gleichungen für den  $n_{50}$ -Wert sowie dem  $ELA_4$ -Wert einem 'Wertebereich'; der hüllflächenbezogene Volumenstrom ist bei dieser Betrachtung nicht von dem A/V-Verhältnis abhängig und ergibt eine waagerechte Gerade.

In Bild 3 ist mit

$$NLA_4 = 0,373$$

die Kenngröße  $n_{50}$  bei konstanter Raumhöhe  $h = 2,2$  bzw.  $3,6$  m bzw. konstanter Gebäudebreite  $b = 8$  bzw.  $15$  m ( $ELA_4$  ergibt ein identisches Bild mit kleineren Absolutwerten) über dem A/V-Verhältnis aufgetragen. Der freie Parameter ( $b$  bzw.  $h$ ) wird jeweils über den in Bild 1 angegebenen Bereich variiert. Der gewählte  $NLA_4$ -Wert entspricht dem Anforderungsniveau an kanadische R2000-Häuser [9].

Der VFB-Wert nimmt für alle Kombinationen der Gebäudemaß

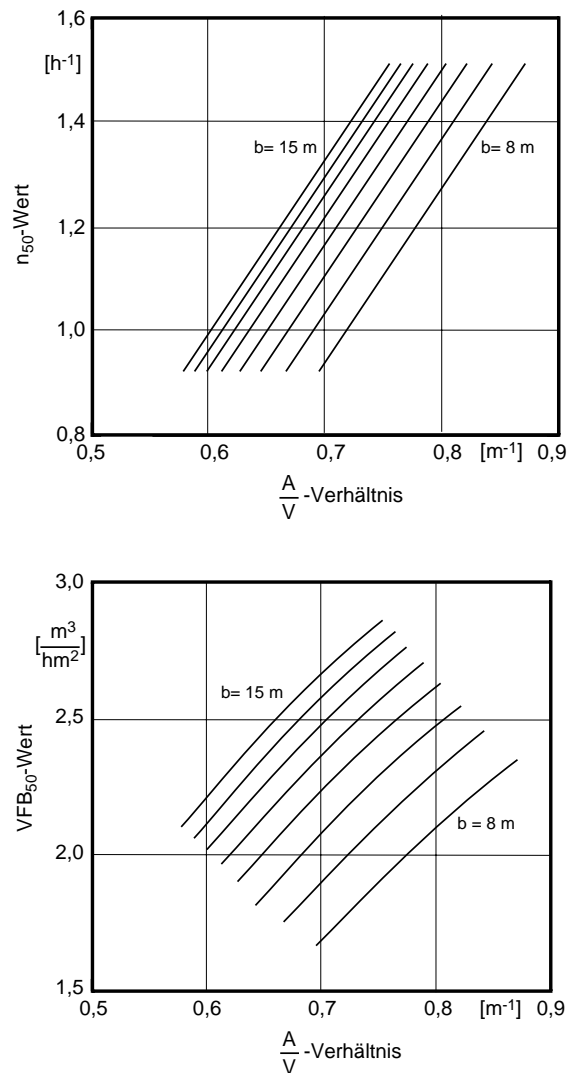
## 4.2 Kennzeichnung der Ausführungsqualität von Gebäuden

Für diese Betrachtung soll angenommen werden, daß die Gebäudehülle für alle Kombinationen der in Bild 1 genannten Gebäudemaße stets dieselbe Ausführungsqualität hinsichtlich der Luftdichtheit hat. Erfüllt wird diese Vorgabe dadurch, daß die normalisierte Leckage  $NLA_4$  als konstant angenommen wird. Gemäß der Definition dieser Kenngröße weisen damit alle betrachteten Gebäude pro  $m^2$  Hüllfläche dieselbe Leckagefläche auf.

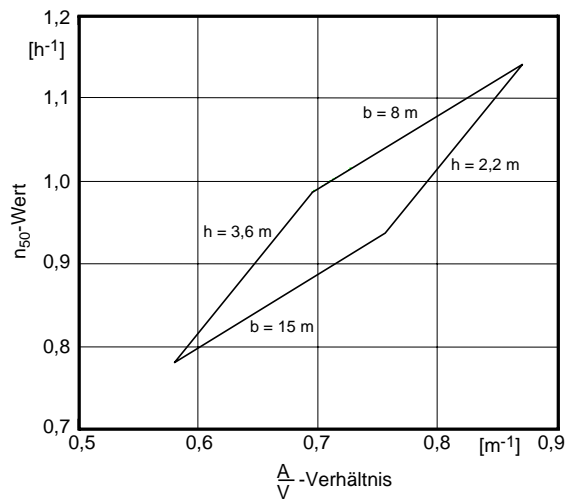
Werden für die Größen  $n_{50}$  und  $VFB_{50}$  die Voraussetzungen

$$\begin{aligned} \rho &= 1,22 \quad kg/m^3 \\ \Delta p_r &= 4 \quad Pa \\ a &= 0,65 \end{aligned}$$

getroffen, lassen sich die Kenngrößen  $n_{50}$ ,  $ELA_4$



**Abbildung 2:** Die Kenngrößen  $n_{50}$  und  $VFB_{50}$  für das konstante Verhältnis  $\dot{V}_{50}/A_N = 3,335 \text{ m}^3/(\text{hm}^2)$ , aufgetragen über dem  $A/V$ -Verhältnis. Die Gebäudeparameter  $b$  und  $h$  sind über den gesamten angegebenen Bereich variiert, für  $t$  und  $n$  wird  $t=12 \text{ m}$  und  $n=2$  gewählt.



**Abbildung 3:** Abhängigkeit des  $n_{50}$ -Wertes von dem  $A/V$ -Verhältnis. Die Gebäudeparameter  $h$  und  $b$  sind abwechselnd über dem gesamten angegebenen Bereich variiert.

## 5 Fazit

Nach der zu erwartenden Einführung konkreter Anforderungen an die Luftdichtheit der Gebäudehülle werden aller Voraussicht nach im Laufe der nächsten Jahre eine Vielzahl von Luftdichtheitsmessungen durchgeführt werden. Ziel derartiger Messungen wird u.a. sein, das jeweilige Gebäude mit dem Prädikat "dicht genug" bzw. "nicht dicht genug" zu versehen.

Das gemessene Gebäude muß anhand einer Kenngröße mit der gestellten Anforderung verglichen werden. Grundlage der Anforderung ist eine energetische Betrachtung, die Reduzierung des Heizwärmeverbrauchs. Um für diesen Vergleich ungerechte Beurteilungen zu verhindern, darf die zugrundegelegte Kenngröße keine ungewünschten Abhängigkeiten aufweisen.

Die folgenden Kriterien werden für die Diskussion der Anwendbarkeit der vorgestellten Kenngrößen betrachtet:

- a) Aussagekraft und Eindeutigkeit im Hinblick auf Vergleich von Gebäuden unter energetischen Aspekten
- b) Aussagekraft und Eindeutigkeit bei Vergleichen der Planungs- und Ausführungsqualität
- c) Einfachheit der Ermittlung sowie Allgemeinheit der verwendeten Bezugsgrößen

Hiermit sollen die vorgestellten Kenngrößen hinsichtlich ihrer Eignung für den Vergleich der Luftdichtheit unterschiedlichster Gebäude eingeschätzt werden.

### – Der $n_{50}$ –Wert

- zu a)** Ein kleines A/V–Verhältnis führt bei gleicher absoluter Leckage zu einem niedrigen  $n_{50}$  –Wert. Kompakte Gebäude werden also günstiger eingeschätzt als "verschachtelte".
- zu b)** Gebäude mit kleinem A/V–Verhältnis schneiden bei gleicher absoluter Qualität der Gebäudehülle stets besser ab. Der  $n_{50}$  –Wert ist daher für eine Beurteilung der Planungs- und Ausführungsqualität der Gebäudehülle nicht geeignet.
- zu c)** Der  $n_{50}$  –Wert hat als Bezugsgröße das nicht generell übliche Netto–Gebäudevolumen. Die exakte Bestimmung dieses Volumens stellt einen erheblichen Aufwand dar. In der Wärmeschutzverordnung [6] wird als Bezugsgröße das Brutto–Gebäudevolumen oder – was auch im Hinblick auf den Wärme- und Energiepaß sinnvoller ist – die Gebäudenutzfläche herangezogen.

### – Der $VFB_{50}$ –Wert

- zu a)** Kompakte Gebäude schneiden auch bei einem Vergleich anhand des  $VFB_{50}$ –Werts bei gleicher absoluter Leckage gegenüber Gebäuden mit größerem A/V–Verhältnis günstiger ab.
- zu b)** Der  $VFB_{50}$ –Wert nimmt als Bezugsgröße die Gebäudehüllfläche. Da die Leckagen stets in der Gebäudehüllfläche sind, eignet sich diese Kenngröße insbesondere zur Beurteilung der mittleren Qualität der Gebäudehülle.
- zu c)** Das Problem der unüblichen Bezugsgröße stellt sich bei dem  $VFB_{50}$ –Wert ebenfalls. Es ist hier die oberirdische Gebäudehüllfläche [1] bzw. die Gebäudehüllfläche ohne Bodenplatte [5]. Beide Flächen müßten speziell für diese Auswertung berechnet werden.

### – Der $ELA_4$ –Wert

- zu a)** Der  $ELA_4$ –Wert ist nicht von der Gebäudegeometrie abhängig; als Absolutgröße ist dieser Wert jedoch nicht für Vergleiche geeignet.
- zu b)** Als integraler Wert kann diese Größe auf anschauliche Weise die 'Gesamtgüte' der Gebäudehüllfläche darstellen; für Vergleichszwecke ist die Kenngröße  $ELA_4$  jedoch aus vorgenanntem Grund nicht geeignet.
- zu c)** Da keine Bezugsgröße notwendig ist, kann diese Kenngröße sehr einfach bestimmt werden. Unsicherheit besteht allenfalls jedoch im Hinblick auf die Dichte der Luft.

### – Der $NLA_4$ –Wert

- zu a)** Der  $NLA_4$ –Wert zeigt dieselbe Abhängigkeit von dem A/V–Verhältnis wie der  $VFB_{50}$ –Wert.
- zu b)** Der  $NLA_4$ –Wert wird in diesem Zusammenhang als Referenzgröße für die qualitative Ausführung der Gebäudehüllfläche angenommen. Diese Kenngröße beschreibt die mittlere Qualität der Gebäudehülle sehr verständlich als  $\text{cm}^2$  Loch pro  $\text{m}^2$  Hüllfläche.
- zu c)** Durch den Bezug auf die Gebäudehüllfläche gelten dieselben Einschränkungen wie bei dem  $VFB_{50}$ –Wert.

Je nach gewünschter Funktion der Kenngröße sind unterschiedlichste Schlüsse aus diesen Abhängigkeiten zu ziehen.

Da die energetische Betrachtung des Gebäudes Grundlage einer Anforderung an die Luftdichtheit ist, sollte die für Vergleiche bzw. Einstufung von

Gebäuden eingesetzte Kenngröße in dieser Hinsicht unterschiedlichste Gebäude gerecht beurteilen. Weiterhin sollte vermieden werden, schon bei der Bildung der relevanten Kenngröße eine große Unsicherheit zuzulassen. Dies würde bedingen, nach Möglichkeit nur bereits eingeführte Größen für den Bezug einzusetzen.

Beiden Anforderungen genügt der derzeit in Deutschland für Vergleiche der Luftdichtheit von Gebäuden eingesetzte  $n_{50}$ -Wert nicht. Ebenso weist der in Schweden alternativ zum Vergleich herangezogene VFB<sub>50</sub>-Wert, der auch in Deutschland verstärkt diskutiert wird, nicht die gewünschten Eigenschaften auf.

Es wird daher vorgeschlagen, in Anlehnung an die in [1] beschriebene Kenngröße  $SLA_4$  (durch  $ELA_4/A_N$  definiert) eine neue Kenngröße, den nettogrundflächenbezogene Volumenstrom  $NBV_{50}$  einzuführen. Definiert man diese Kenngröße durch

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

mit

$\dot{V}_{50}$  = Volumenstrom bei 50 Pa Druckdifferenz  
in  $m^3/h$   
 $A_N$  = Nettogrundfläche entsprechend  
DIN 277 [10] in  $m^2/h$

d.h. anhand eines konstanten Infiltrationsverlustes pro Nutzfläche, ist diese Größe von der Gebäudegeometrie unabhängig und bewertet eine kompakte Gebäudeform bei konstanter Undichtheit pro  $m^2$  Gebäudehülle positiv. Somit wird eine "luftdichte" Ausführung ebenso wie eine "energiesparende" durch eine kompakte Gebäudeform begünstigt. Zur Bildung dieser Kenngröße wird eine bereits bekannte Bezugsgröße eingesetzt (die Nettogrundfläche ist die Summe aller Nutz-, Verkehrs- und Funktionsflächen abzüglich unbeheizter Dach- und Kellerräume, Garagen, Wintergärten und dergleichen und bereits im Bauantrag enthalten, ihre Ermittlung ist durch DIN 277 [10] festgelegt). Der benötigte Volumenstrom bei 50 Pa Druckdifferenz kann direkt aus einer Messung gewonnen werden (der Volumenstrom bei der niedrigen Referenzdruckdifferenz (4 Pa) des  $SLA_4$ -Wertes, welcher an und für sich als realistische Größe für die Einschätzung der Luftdichtheit unter natürlichen Randbedingungen erachtet werden kann, kann praktisch nicht gemessen sondern muß durch Extrapolation ermittelt werden).

Eine Überprüfung der Planungs- und Ausführungsqualität der Gebäudehülle wird aus dieser Betrachtung also ausgeklammert. Soll eine hinreichende Luftdichtheit eines Gebäudes erreicht werden, muß die Gebäudehülle im Mittel in jedem Fall sorgfältig ausgeführt sein. Lokale

"Schludrigkeiten" werden sich in energetischer Hinsicht nicht auswirken, wohl aber möglicherweise zu Bauschäden oder Zugserscheinungen führen. Es soll daher zum Abschluß dieser Betrachtung noch einmal betont werden, daß keine der hier vorgestellten Kenngrößen eine Einschätzung der Gefahr von Bauschäden sowie möglichen Behaglichkeitseinschränkungen durch Zugserscheinungen ermöglicht; sowohl Bauschäden als auch Zugserscheinungen hängen im wesentlichen von der Größe lokaler Leckagen ab. Kenngrößen, die ein Gebäude integral erfassen, können grundsätzlich keine Aussage über lokale Verteilungen ermöglichen.

## Literatur

- [1] Colliver, D. G., Murphy, W. E. und Sun, W. *Development of a building component air leakage data base*. Transactions, ASHRAE, 1994. Preprint.
- [2] SS 02 1551. *Svensk Standard Buildings: determination of airtightness*, 1987.
- [3] ASTM E779. *Determining air leakage rate by fan pressurization*, 1987.
- [4] The Energy Conservatory. *Minneapolis Blower Door Operational Manual Model 3*. 5158 Bloomington Ave. S. Minneapolis, MN 55417.
- [5] CAN/CGSB149.10M86. *Determination of the airtightness of building envelopes by the fan depressurization method*, 1986.
- [6] Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (Wärmeschutzverordnung – WärmeschutzV). vom 16. August 1994.
- [7] Wick, B. *Sparobjekt Einfamilienhaus*. Verlags-AG der akademischen technischen Vereine Zürich, 1981.
- [8] Hauser, G. und Hausladen, G. *Energiekennzahl zur Beschreibung des Heizenergiebedarfs von Wohngebäuden*. Energiepaß-Service Hauser und Hausladen GmbH, Bau-natal 1991.
- [9] Geißler, A. und Hauser, G. *Messung und Kennzeichnung der Luftdichtheit von Gebäuden*. DBZ 43 (1995), H. 10, S. 213–219.
- [10] *DIN 277 Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau*, August 1977.