

**Fachbeitrag im Rahmen des
8. Internationalen BUILDAIR-Symposiums**

**Bewerten einzelner Luftleckagen
in Anlehnung an die DIN 4108-2**

Referent:

Dipl.-Ing. Paul Simons

BlowerDoor GmbH
Zum Energie- und Umweltzentrum 1
D-31832 Springe-Eldagsen

Tel: +49 (0)5044/975-40

Fax: +49 (0)5044/975-44

**Bitte beachten Sie die
Erläuterungen im Kommentarteil.**

Einführung in die Fragestellung



Auszug aus DIN EN 13829:

„...die gesamte Gebäudehülle auf große Leckagen (...) untersuchen. Wenn solche Leckagen gefunden werden, sind sie genau zu protokollieren.“

BlowerDoor GmbH • MessSysteme für Luftdichtheit • Zum Energie- und Umweltzentrum 1 • D-31832 Springe-Eldagsen • Telefon +49(0)5044 / 975-40 • Telefax +49(0)5044 / 975-44 • info@blowerdoor.de • www.blowerdoor.de

In jeder Gebäudehülle treten Leckagen und Lufteintrittsstellen auf – das ist normal und nach EnEV auch zulässig.

Die DIN 13829 schreibt vor, die gesamte Gebäudehülle auf große Leckagen zu untersuchen und die Leckagen zu protokollieren.

In der Praxis stellen sich zwei Fragen:

1. Welche Leckage kann zuverlässig bewertet werden?

Bei der Inspektion der Luftdichtheitsebene finden Sie „sogenannte“ Luftleckagen, wie auf den Fotos abgebildet.

Sie sollen entscheiden, welche Leckage noch zuverlässig bewertet werden kann.

2. Was ist eine große Leckage?

Bei einer Luftdichtheitsmessung nach DIN EN 13829 finden Sie „sogenannte“ Leckagen.

Sie sollen entscheiden, was große Leckagen sind und diese protokollieren.

Ziel dieses Vortrags ist es, Messteams, Handwerkern und Gutachtern praktikable Ansätze zur Bewertung von Luftleckagen zu geben.

Anforderungen an Bauteilanschlussfugen

Auszug aus der EnEV:

„Zu errichtende Gebäude sind so auszuführen, dass die wärmeübertragende Umfassungsfläche einschließlich der **Fugen** dauerhaft **luftundurchlässig** entsprechend den anerkannten Regeln der Technik abgedichtet ist.“

DIN 4108-2, Kapitel 7:

Die Luftdichtheit von Gebäuden nach DIN EN 13829 bestimmt werden. Der aus Messergebnissen abgeleitete Fugendurchlasskoeffizient von Bauteilanschlussfugen muss kleiner als **$0,1 \text{ m}^3 / (\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{daPa}^{2/3})$** sein.

Was heißt „luftundurchlässig“?

Keine Gebäudehülle ist vollständig dicht! Das ist nicht praxisgerecht, weil durch die meisten üblichen Baumaterialien Luft in kleinsten Mengen hindurchströmt¹⁾ und außerdem an Bauteilanschlussfugen Leckagen auftreten. Jede Gebäudehülle kann nur begrenzt luftdicht sein.

In der DIN 4108-2, Kap. 7 ist der Begriff „luftundurchlässig“ insofern präzisiert, als ein Grenzwert für die Fugendurchlässigkeit von Bauteilanschlussfugen beschrieben wird.

Im Folgenden wird auf die Luftdichtheit von Bauteilanschlussfugen eingegangen.

¹⁾ Quelle: Biasin, K.; Zeller, J.: Luftdichtigkeit von Wohngebäuden, 3. Auflage, August 2002, Frankfurt, VWEW Energieverlag GmbH (Hrsg.)

Fugendurchlasskoeffizient

$$0,1 \text{ m}^3 / (\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{daPa}^{2/3})$$

mit 1 daPa = 10 Pa

Das ergibt eine Einströmmenge bei 50 Pa von $0,29 \text{ m}^3 / (\text{m} \cdot \text{h})$.

m steht für 1 Meter Bauteilanschlussfuge

Beispiel der Berechnung des Volumenstroms bei 5 daPa (= 50 Pascal):

$$0,1 \text{ m}^3 / (\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{daPa}^{2/3}) / 10^{2/3} \cdot 50^{2/3} = 0,292 \text{ m}^3/\text{h}$$

Die maximal zulässige Durchströmung nach DIN 4108-2 – auf einen Meter Bauteilanschlussfuge – beträgt bei 50 Pascal somit $0,29 \text{ m}^3/\text{h}$ (gerundet).

BlowerDoor GmbH
MessSysteme für Luftdichtheit

www.blowerdoor.de

Lochgröße



Eine Leckage ist ein sichtbares Loch in der Luftdichtheitsebene, z. B. in der Bauteilanschlussfuge.

Messung der Luftgeschwindigkeit an einer Leckage mithilfe eines Thermoanemometers

$0,292 \text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{h}) / 1,52 \text{ m/s} = 53 \text{ mm}^2 \text{ Loch}$

$0,292 \text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{h}) / 2,89 \text{ m/s} = 28 \text{ mm}^2 \text{ Loch}$

BlowerDoor GmbH • MessSysteme für Luftdichtheit • Zum Energie- und Umweltzentrum 1 • D-31832 Springe-Eldagsen • Telefon +49(0)5044/975-40 • Telefax +49(0)5044/975-44 • info@blowerdoor.de • www.blowerdoor.de

Das Foto zeigt Bauteilanschlussfugen. Am Klebeband ist auf jeder Seite eine Bauteilanschlussfuge (schwarze Pfeile).

An der Leckage (roter Pfeil) wird bei 50 Pa Unterdruck eine Luftgeschwindigkeit von 1,52 m/s gemessen. Mithilfe der in der vorherigen Folie berechneten Einströmmenge von 0,29 m³/h wird die nach DIN 4108-2 zulässige Leckagegröße für die festgestellte Luftgeschwindigkeit der einströmenden Luft ermittelt.

$$0,292 \text{ m}^3/\{\text{h bzw. } 3.600 \text{ s}\}/1,52 \text{ m/s} =$$

$$292.000 \text{ cm}^3/\{\text{h bzw. } 3.600 \text{ s}\}/152 \text{ cm/s} = 0,53 \text{ cm}^2 = 53 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Die zulässige Leckagegröße beträgt } 53 \text{ mm}^2.$$

Nach Erfahrung des Autors kommen bei Leckagen relativ häufig gemessene Luftgeschwindigkeiten von ca. 3,0 m/s vor. (Um beim Endergebnis eine gerade Zahl zu bekommen, wird im Folgenden die Lochgröße für eine Luftgeschwindigkeit von 2,89 m/s berechnet.)

$$0,292 \text{ m}^3/\{\text{h bzw. } 3.600 \text{ s}\}/2,89 \text{ m/s} =$$

$$292.000 \text{ cm}^3/\{\text{h bzw. } 3.600 \text{ s}\}/289 \text{ cm/s} = 0,28 \text{ cm}^2 = 28 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Die zulässige Leckagegröße beträgt } 28 \text{ mm}^2.$$

Wenn andere Einströmgeschwindigkeiten als der Schätzwert von 2,89 m/s ermittelt oder geschätzt werden, können diese auch zur Bestimmung der Leckagegröße eingesetzt werden.

Achtung: Die Bestimmung von mittleren Lufteinströmgeschwindigkeiten an Leckagen z. B. mit einer Genauigkeit von +/-15 % ist schwierig. Deshalb sind die mit dem Anemometer ermittelten Luftgeschwindigkeiten an Fugen lediglich **als grobe Schätzwerte** zu betrachten.

Für noch genauere Betrachtungen ist die Fugendurchlässigkeit messtechnisch per BlowerDoor Test zu bestimmen. Dazu muss die zu untersuchende Bauteilfuge „eingehaust“ werden. Dies ist bei vielen Fugen im Nachhinein nicht mehr möglich und/oder ist mit einem hohen Arbeitszeitaufwand verbunden. Daher sollte diese Methode schon vor der Ausführung der Bauteilanschlussfuge eingeplant sein.

Zulässige Leckagegröße

Die zulässige Leckagegröße von 28 mm^2 wird auf 4 Löcher  à $7 \text{ mm}^2/\text{lfdm}$ Bauteilanschlussfuge verteilt.

Jetzt haben wir einen groben Daumenwert, um Leckagen nach DIN 4108-2 zu beurteilen.



Der Autor geht davon aus, dass Leckagen bei Bauteilanschlussfugen relativ gleichmäßig verteilt sind.

Bezugnehmend auf die vorangegangene grobe Berechnung der Leckagegröße, schlägt der Autor vor, die $28 \text{ mm}^2/\text{m}$ auf 4 Leckagen à 7 mm^2 pro laufenden Meter [lfdm] aufzuteilen. Damit haben wir eine Größenordnung für die Beurteilung einzelner Leckagen.

Beispiel zur Beurteilung einer Leckage

Die blaue Folie und die graue Stütze bilden die Luftdichtheitsebene.

Die Fuge ist auf 25 cm nicht verklebt.
Das Loch ist größer als 7 mm².



In diesem Beispiel weist die Anschlussfuge eine zu große Leckage auf.

Als Inspektor im Auftrag des Bauherrn – die Abnahme ist noch nicht erfolgt – würde der Autor den Bauunternehmer auffordern: Bitte weisen Sie nach, dass dieser Anschluss fachgerecht ausgeführt ist.

Als Gutachter, z. B. im Gerichtsauftrag, beurteilt der Autor, dass die Verbindung nicht fachgerecht ausgeführt wurde. Die Anforderung an die Luftdichtheit dieser Bauteilanschlussfuge ist nach DIN 4108-2 nicht erfüllt – es liegt ein Mangel vor.

Beispiel zur Beurteilung einer Leckage



BlowerDoor GmbH • MessSysteme für Luftdichtheit • Zum Energie- und Umweltzentrum 1 • D-31832 Springe-Eldagsen • Telefon +49(0)5044 / 975-40 • Telefax +49(0)5044 / 975-44 • info@blowerdoor.de • www.blowerdoor.de

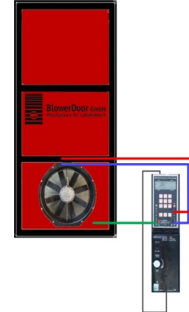
Das Foto zeigt einen Ausschnitt einer Fenstereindichtung von außen. Die luftdichte Ebene wird durch die aluminiumbeschichtete Folie (silbergrau) sowie den bituminös behandelten Beton (schwarze Fläche) gebildet. Beide Materialien wurden miteinander verklebt.

In diesem Beispiel befinden sich auf 25 cm Bauteilanschlussfuge 8 Leckagen à ca. 7 mm². Nach DIN 4108-2 ist aber nur *eine* Leckage von 7 mm² zulässig.

Vorgezogene Luftdichtheitsmessung zur Qualitätssicherung



Foto: Gutachterbüro Wehrli



Solange die luftdichte Ebene noch zugänglich ist, können vorhandene Leckagen kostengünstig nachgearbeitet werden.

Eine vorgezogene Luftdichtheitsmessung während der Bauphase dient der Inspektion der Luftdichtheitsebene, also um mögliche Leckagen aufzuspüren. Sofern Leckagen vorhanden sind, können diese relativ kostengünstig nachgearbeitet werden, da die luftdichte Ebene noch frei zugänglich ist.

Der Unternehmer und der private Bauherr können eine Zwischenabnahme der Luftdichtheitsebene vereinbaren. Das bringt für den Bauherrn Sicherheit über die Qualität der Luftdichtheitsebene. Der Unternehmer schützt sich vor Fragen bezüglich der Zulässigkeit von Lufteintrittsstellen bei der Schlussabnahme, denn dann ist die Luftdichtheitsebene meistens nicht mehr zugänglich.

www.blowerdoor.de

BlowerDoor GmbH
MessSysteme für Luftdichtheit

Luftintritte aus einer Sekundärebene. Wie sind sie zu beurteilen?

Luftintrittsstelle

Luftdichtheitsebene

Sekundärebene

BlowerDoor GmbH • MessSysteme für Luftdichtheit • Zum Energie- und Umweltzentrum 1 • D-31832 Springe-Eldagsen • Telefon +49(0)5044 / 975-40 • Telefax +49(0)5044 / 975-44 • info@blowerdoor.de • www.blowerdoor.de

Luftintritte aus einer Sekundärebene sind der am häufigsten anzutreffende Fall bei der Abnahmemessung nach EnEV.

In diesem Beispiel ist die Bauteilanschlussfuge der luftdichten Ebene nicht sichtbar, sondern ist hinter einer Gipskartonverkleidung verborgen.

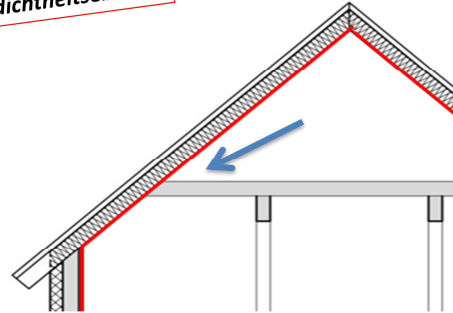
Nach DIN 4108-2 dürfen Bauteilanschlussfugen begrenzt luftdurchlässig sein. Daraus folgt, dass aus der Sekundärebene z. B. bei Unterdruckmessung Luft einströmen darf. Welche Aussagekraft hat aber eine Leckage in der Sekundärebene, durch die Luft einströmt?

Es ist eine Luftintrittsstelle, deren Lage dokumentiert werden kann. Weitere Bewertungen im Sinne der DIN 4108-2 sind nicht möglich. Für eine Bewertung müssten wir auch die Leckage (das Loch in der Luftdichtheitsebene) betrachten können.

Lage der luftdichten Ebene



Luftdichtheitsebene



Im ersten Schritt zur Beurteilung von Leckagen ist festzustellen, wo sich die Luftdichtheitsebene planmäßig befindet und ob sie zugänglich ist.

Auf dem Bild ist der Kahlbalken umlaufend nicht mit der Luftdichtheitsebene verklebt. Es handelt sich also um eine unzulässig große Leckage.

Fazit:

**Vertrauen ist gut, rechtzeitige Kontrolle ist besser:
Dann ist die Beurteilung von Leckagen einfach!**



Die Bewertung einzelner (Luft-)Leckagen unter Zuhilfenahme der DIN 4108-2 ist einfach, aber nur solange möglich, wie die luftdichte Ebene noch zugänglich ist (oder durch Rückbau wieder zugänglich gemacht wurde).

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

BlowerDoor GmbH
MessSysteme für Luftdichtheit
Zum Energie- und Umweltzentrum 1
D-31832 Springe-Eldagsen
Telefon +49 (0)5044/975-40
Telefax: +49 (0)5044/975-44