

# Gebäudedichtheit, Blower-Door-Test

**Sowohl die DIN 4108-7 als auch die Energieeinsparverordnung (EnEV) schreiben die luftdichte Gebäudehülle für Neubauten vor, da sie einen wesentlichen Einfluss auf den Energieverbrauch hat. Für die Überprüfung und den Nachweis der Luftdichtheit ist der Blower-Door-Test das standardisierte Verfahren.**

Kaum ein Thema ist in den letzten Jahren so konträr diskutiert worden, wie das Thema der luftdichten Außenhülle von Gebäuden. Die weit verbreitete Meinung, ein Haus müsse atmen können, zu dichte Häuser neigen verstärkt zu Schimmelpilz, wird in gängigen Fachkreisen nicht geteilt. Vielmehr werden durch eine luftdichte, wärmerückenfreie Gebäudehülle Bauschäden und Schimmel vermieden. Vorausgesetzt, es wird richtig geheizt und regelmäßig und kontrolliert gelüftet. Luftdichtheitsmessungen gehören in einigen Ländern seit 20 Jahren zur gängigen Praxis und sind dort Bestandteil der Qualitätsüberwachung.

Die Vorstellung, dass durch Außenfugen eine ausreichende Be- und Entlüftung gewährleistet wird ist falsch. Der Luftaustausch durch Leckagen ist abhängig von Temperaturauftrieb, Wind- und Wetterverhältnissen und kann nicht reguliert werden, wobei unnötig viel Energie verloren geht. Selbst bei sehr undichten Gebäuden, in denen es bei mäßigem Wind bereits beträchtlich zieht, ist in windstillen, milden Wetterperioden der erforderliche Mindestluftwechsel nicht sichergestellt.

## Bauschäden durch undichte Gebäudehüllen

Fugen und Undichtigkeiten in der Gebäudehülle können zu Feuchte- und Schimmelschäden in der Konstruktion führen. Neben eindringender Feuchtigkeit von außen hat die Durchströmung einer Fuge von innen nach



Dipl.-Phys. Andreas von Meer

außen weitaus größere Auswirkungen. Warme feuchte Raumluft kühlt sich auf dem Weg durch die Fuge ab, die Feuchtigkeit nimmt zu, da kalte Luft Feuchtigkeit aufnehmen kann. Wird nun der Taupunkt erreicht oder unterschritten wird die

Konstruktion durchfeuchtet. Ein sehr hoher Prozentsatz aller Bauschäden wird durch undichte Gebäudehüllen verursacht [1].

## Wärmeverluste

Mit den steigenden Anforderungen an die Wärmedämmung von Gebäuden gewinnt die luftdichte Bauweise zunehmend an Bedeutung. Diagramm 1 zeigt das Verhältnis von Transmissionswärmeverlusten  $Q_T$  zu Lüftungswärmeverlusten  $Q_L$ . Dabei wird deutlich, dass bei steigendem Wärmedämmstandard der prozentuale Lüftungswärmeverlust deutlich ansteigt. Bei Standardbauten nach der EnEV schlägt der Lüftungswärmeverlust mit über 50 % zu Buche.

Die Ursachen sind: Thermischer Auftrieb und äußerer Winddruck. Warme Luft steigt durch thermischen Auftrieb nach oben und entweicht somit aus Fugen und Ritzen. Äußerer



Blower-Door Modell LTM blowtest 3000 mit Zubehör

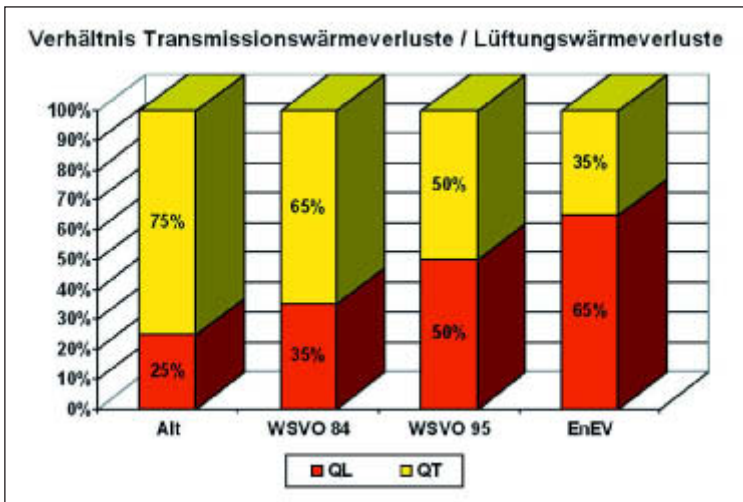
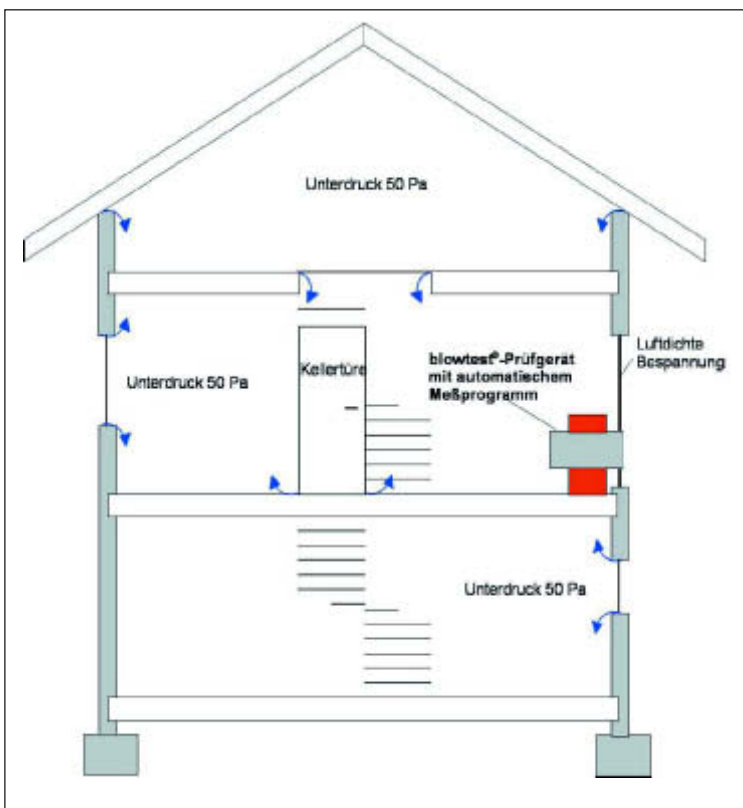


Diagramm 1: Verhältnis zwischen Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten.



Prinzip einer Luftdichtheitsmessung.

Winddruck wirkt auf die Fugen und drückt an der einen Seite kalte Luft hinein und saugt auf der anderen Seite warme Luft hinaus.

Wie sich die Dämmwirkung eines Bauteils bei Undichtheiten verschlechtert, zeigt folgendes Beispiel: Eine Dachseite habe die

Fläche  $40 \text{ m}^2$  (10 m First, 4 m Ortsgang). Bei einem U-Wert in der Fläche von  $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$  beträgt der Wärmeverlust:

$$40 \text{ m}^2 \cdot 0,2 \text{ W/m}^2\text{K} = 8 \text{ W/K}$$

Entlang des Ortsgangs besteht eine Fuge von 1mm Breite. Bei einer Druckdifferenz von 5 Pa beträgt der Wärmeverlust  $1 \text{ W/lfm K}$ :

$$8 \text{ m} \cdot 1 \text{ W/lfmK} = 8 \text{ W/K}$$

Der Gesamtwärmeverlust durch die Dachfläche ist also so groß, als hätte die Fläche einen U-Wert von  $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$  [2].

### Auswirkungen auf den Wohnkomfort

Eine luftdichte Gebäudehülle bedeutet für den Nutzer des Gebäudes einen erheblichen Komfortgewinn. Durch Leckagen können unerwünschte Gerüche aus der Umgebung und aus Nachbargebäuden in die Wohnung eindringen. Auch Pollen und Luftbelastungen finden ihren Weg in die Wohnung. Außerdem können Staub, Dämmfasern, sowie gesundheitsschädliche Stoffe und Pilzsporen (durch bereits durchfeuchtete Bauteile) in die Raumluft gelangen.

Luftdichtheit ist auch eine Voraussetzung für eine gute Schalldämmung, denn Schall kann sich über geringe Ritzen oder Spalten fortsetzen.

Die durch undichte Stellen eindringende kalte Luft sinkt zum tiefsten Punkt im Raum, dem Fußboden. Obwohl der Boden vielleicht einen sehr guten U-Wert zum Keller besitzt, kühlt er permanent durch die eindringende Kaltluft aus. Die Folge sind unbehaglich kalte Fußböden und Zuglufterscheinungen im Bodenbereich.

Als Fazit kann festgehalten werden, dass nur ein dichtes Gebäude ein gesundes und energiesparendes Gebäude ist.

### Vorschriften und Rechtslage

Sowohl die DIN 4108-7 als auch die neue EnEV, § 5 schreiben die luftdichte Gebäudehülle für alle Neubauten vor. Die luftdichte Bauweise ist anerkannte Regel der Technik und damit ohne besonderen Hinweis gefordert und damit vom Bauherren einklagbar.

Die einzuhaltenden Grenzwerte lauten für Gebäude

- mit raumluftechnischen Anlagen  $n_{50} = 1,5$  [1/h]
- ohne raumluftechnische Anlagen  $n_{50} = 3$  [1/h]

Erhöhte Anforderungen an die Luftdichtheit werden beim Einbau raumluftechnischer Anlagen (auch einfacher Abluftanlagen) gestellt. Die anlagentechnisch eingestellten Luftvolumenströme dürfen nicht durch so genannte Infiltrationsvolumenströme durch Gebäudeundichtigkeiten gestört werden, um deren Funktion sicherzustellen. Für die Anrechnung solcher Anlagen zur kontrollierten Wohnraumlüftung wird eine Luftdichtheitsprüfung der Gebäudehülle zwingend vorgeschrieben (EnEV Anhang 1: 2.10).

Auch ohne raumluftechnische Anlagen wird durch die EnEV (Anhang 1: 3) ein deutlicher Anreiz geschaffen den Luftdichtheitsnachweis durchführen zu lassen. Durch den Nachweis kann bei der Berechnung des Jahres-Heizenergiebedarfs ein reduzierter Lüftungswärmeverlust angesetzt werden. Die Inanspruchnahme dieses Bonus wird im Energiebedarfsausweis vermerkt.

**Hygienisch notwendiger Mindestluftwechsel**

Neben den einzuhaltenden Grenzwerten schreibt die EnEV § 5: 2 auch einen Mindestluftwechsel vor: „Zu errichtende Gebäude sind so auszuführen, dass der zum Zweck der Gesundheit und Beheizung erforderliche Mindestluftwechsel sichergestellt ist“. In der DIN 4701 ist ein „hygienisch notwendiger Mindestluftwechsel“ von 0,5 1/h festgeschrieben.

Das Dilemma ist jedoch, dass bei Einhaltung des maximal zulässigen Luftwechsels der Mindestluftwechsel nicht mehr sichergestellt ist. Je nach Wetterla-



Messung der Luftdichtheit mit dem Blower-Door-Test eingebaut in ein Wohnzimmerfenster



Beispiel einer dauerhaft dicht ausgeführten Abklebung einer Rohrdurchführung



Beispiel einer schlechten handwerklichen Ausführung durch falsche Klebebänder

ge kann die Luftwechselrate unter 0,1 1/h abfallen. Auf diese Problematik wurde bereits in der IKZ-Ausgabe 12/96 [3] hingewiesen. Hier ein Auszug aus der Zusammenfassung: „Weder bei Anlage nach DIN 18017, noch bei Fensterlüftung, sind die nach DIN 1946 Teil 6 und DIN 18017 geforderten Volumenströme zu erzielen. Daraus ist abzuleiten, dass der hygienisch notwendige Luftwechsel nicht mehr gewährleistet ist und damit die anerkannten Regeln der Technik nicht eingehalten werden können. Das Resultat sind Mängel, die zu Ansprüchen der Kunden führen werden, z.B. Feuchteschäden durch mangelnde Lüftungsanlagen. Für Planer und ausführende Firmen besteht nach dem Regelwerk zumindest eine Informationspflicht, um werksvertraglich einwandfrei tätig sein zu können.“

Sollte der Bauherr eine raumluftechnische Anlage ablehnen wird u. a. vom Fachverband SHK-Bayern folgende Empfehlung abgegeben: „Gebäude benötigen einen Mindestluftwechsel. Dies kann über Fensterlüftung oder Lüftungsanlagen erfolgen. Der Fachverband SHK-Bayern rät aber, schriftlich Bedenken beim Auftraggeber anzumelden, falls



**Rohrdurchführungen durch eine Geschossdecke mit fehlendem Dichtheitskonzept.**



**Aufspüren und Orten von Leckagen mit dem Thermoanemometer, bei mangelhaft ausgeführter Durchdringung der Luftdichtheitsebene.**

Gebäude ohne Lüftungsanlage geplant sind bzw. so ausgeführt werden sollen.“ [4]

Auch der Deutsche Allergiker- und Asthmabund e.V. sieht in der mangelhaften Luftwechselrate eine Veränderung des Mikroklimas im Innenraum in Richtung optimaler Biotopverhältnisse für Mikroorganismen [5].

#### Das Messverfahren

Für die Messung mit dem Differenzdruckverfahren wird ein Ventilator dicht in ein Fenster oder eine Tür der Außenhülle eingebaut. Nachdem alle Öffnungen der Gebäudehülle geschlossen sind, wird mittels dieses drehzahlgeregelten Ventilators, zwischen innen und außen, ein Unterdruck bzw. ein Überdruck von 50 Pa erzeugt. Durch vorhandene Leckagen strömt Luft von außen nach. Der Ventilator muss die Summe der durch Leckagen einströmenden Luft fördern, um die Druckdifferenz halten zu können. Diese einströmende Luftmenge ist der Leckagestrom, welcher Grundlage für die Bestimmung weiterer abgeleiteter Größen ist:

Der mittlere **Leckagestrom**  $\dot{V}_{50}$  ist der Mittelwert von  $\dot{V}_{-50}$  (50 Pa Unterdruck) und  $\dot{V}_{+50}$  (50 Pa Überdruck) und Ausgangswert

für die Berechnung weiterer Kennwerte.

$$\dot{V}_{50} = 0,5 \cdot (\dot{V}_{-50} + \dot{V}_{+50}) \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Die **Luftwechselrate**  $n_{50}$  (bei 50 Pa) dient zur Bewertung der Dichtheit des Gebäudes. Sie ist die wichtigste Kennzahl im Zusammenhang mit der Luftdichtheit eines Gebäudes. Ein  $n_{50}$ -Wert von 3 1/h gibt an, dass das Gebäudevolumen 3-mal pro Stunde, bei 50 Pa Druckdifferenz, ausgetauscht wird.

$\dot{V}_{50}$  wird auf das beheizte Nettovolumen  $V_L$  bezogen

$$n_{50} = \frac{\dot{V}_{50}}{V_L} \text{ [1/h]}$$

Weitere Größen sind:

**Luftdurchlässigkeit**  $q_{50}$  (bei 50 Pa)

$$q_{50} = \frac{\dot{V}_{50}}{A_E} \text{ mit } A_E: \text{Hüllfläche}$$

**Nettogrundflächenbezogener Leckagestrom**  $w_{50}$  (bei 50 Pa)

$$w_{50} = \frac{\dot{V}_{50}}{A_F} \text{ mit } A_F: \text{Nettogrundfläche}$$

**Äquivalente Leckagefläche**  $A_{50}$  (bei 50 Pa)

$A_{50}$  stellt einen Anhaltswert für die Größe der Leckagefläche in  $\text{cm}^2$  dar und dient vor allem der Veranschaulichung.

$$A_{50} = 0,5 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{m}^3/\text{h}} \cdot \dot{V}_{50}$$

Die Luftdichtheitsmessung ist nach DIN EN 13829 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden

Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden Differenzdruckverfahren durchzuführen. Damit ist die Durchführung von Luftdichtheitsmessungen weitgehend geregelt, der Blower-Door-Test ist das vorgeschriebene Verfahren. Es wird unterschieden zwischen:

Verfahren A:

Hier erfolgt die Prüfung des Gebäudes im Nutzungszustand. Dies bedeutet, dass die Gebäudehülle dem Zustand entspricht, in dem Heizungs- oder Klimaanlage genutzt werden.

Dieses Verfahren dient zur Ermittlung des  $n_{50}$ -Wertes nach EnEV. Der gesamte beheizte/ belüftete Teil eines Gebäudes wird als eine Zone betrachtet und auf Luftdichtheit der umschließenden Hüllfläche untersucht. Innentüren zu beheizten Räumen bleiben während der Messung geöffnet. In der Regel werden eine Über- und eine Unterdruckmessung mit verschiedenen Druckdifferenzen von 10 bis 60 Pa (Mehrpunktmessung) durchgeführt. Moderne Geräte wie der blowtest 3000 führen die Messung computergestützt und automatisch durch und nehmen alle für die Messung nach DIN EN 13829 erforderlichen Messwerte auf.



Beispiel einer Vorwandinstallation mit fehlendem Dichtheitskonzept.

#### Verfahren B:

Prüfung der Gebäudehülle. Die Messung kann erfolgen, sobald die luftdichte Ebene fertig gestellt ist. Einstellbare und absichtlich vorhandene Öffnungen in der Gebäudehülle werden geschlossen oder abgedichtet.

Dieses Verfahren dient ausschließlich zur Leckageortung und Qualitätssicherung, aber nicht zur Ermittlung eines aussagefähigen  $n_{50}$ -Wertes. Es ist sinnvoll diese Überprüfung nach Fertigstellung der Luftdichtheitschicht durchzuführen, wenn diese noch zugänglich ist, um eventuelle Nachbesserungen kostengünstig durchführen zu können. Während der Messung sollten die Bauarbeiten ruhen.

#### Häufige Leckagen und deren Ortung

Für die Leckageortung wird mit der Blower-Door ein Unterdruck von 50 Pa eingestellt. Dieser Unterdruck wird konstant gehalten, bis die Leckageortung beendet ist. Nun werden alle Ecken, Türen, Fenster, Steckdosen, Durchdringungen der luftdichten Ebene und Übergänge von verschiedenen Materialien untersucht.

Die Leckagen sind mit der Hand erfühlbar. Mit einem Thermo-Anemometer kann die Luftgeschwindigkeit an den Leckagen dokumentiert werden. Zur visuellen Darstellung von Leckagen sowie kleinsten Luftströ-

mungen kann eine Thermografiekamera eingesetzt werden. Mit Hilfe der Infrarotthermografie können auch Wärmebrücken und durchfeuchtete Bauteile sichtbar gemacht werden. Weiterhin kann ein Nebelgenerator zur Visualisierung eingesetzt werden.

Im Massivbau bildet in der Fläche der Innenputz die luftdichte Schicht. Im Leichtbau sind dies Folien, armierte Baupappen oder großformatige Bauplatten wie Gipskarton-, Sperrholz- oder Hartfaserplatten, sofern bei diesen Platten eine dauerhaft luftdichte Verfüugung erfolgt.

Häufige Leckageursachen sind undicht ausgeführte Übergänge und nicht luftdicht ausgeführte

Anschlussbereiche zwischen Bauteilen.

Im Massivbau bildet der Innenputz üblicherweise die Luftdichtungsebene und darf somit nicht unterbrochen werden. Bei Vorwandinstallationen muss besonders darauf geachtet werden, dass hinter diesen keine unverputzten Mauerwerksflächen verbleiben und dass Durchführungen oder Durchdringungen besonders sorgfältig abgedichtet werden.

Im Bereich der Installationen sind besonders Durchdringungen der luftdichten Ebene, sei es gewollt oder aus Versehen, ein häufiger Grund für Leckagen. Hier muss in Planung und Ausführung ein besonderes Augenmerk darauf gelegt werden, dass Durchdringungen der luftdichten Ebene weitestgehend vermieden werden und es sollte genau festgelegt werden, wie nicht zu vermeidende Durchdringungen luftdicht ausgeführt werden können.

Die haustechnisch nicht zu vermeidenden Durchdringungen können z.B. durch eine Installationsebene zwischen gemauerter Außenwand mit Innenputz und vorgesetzter Innenschale luftdicht ausgeführt werden. Ansonsten ist in den Planungsunterlagen der Hersteller luftdichter Folien und Pappen beschrieben, wie mit Hilfe eines Papp- oder Folienkragens ein



Zugerscheinungen im Bereich eines Spülkastens bei Vorwandinstallation.



**Undichte Elektroinstallation, visualisiert mit einem Strömungsprüfröhrchen.**

luftdichter Anschluss hergestellt werden kann.

Neben Rohrdurchführungen sind typische Leckagestellen im Bereich der Elektroinstallation vor allem Einbaustrahler, Steckdosen und Lichtschalter. Zur Vermeidung von Fehlern im Bereich der Installation sind hinreichend tiefe Installationsebenen einzuplanen oder spezielle luftdicht ausgeführte Einbauteile zu verwenden.

Eine weitere häufig zu beobachtende Leckagestelle ist der Übergang zum Keller und der Kellertreppe, sofern diese außerhalb der luftdichten Hülle des Wohnbereiches liegen. Da im Keller häufig Radon oder Schimmelsporen zu finden sind, die im Wohnbereich unerwünscht sind, sollte hier ein besonderes Augenmerk auf Luftdichtheit gelegt werden.

In ausgebauten Dachgeschossen lässt sich oft beobachten, dass hier die luftdichte Ebene nicht ausgeführt wird.

Obwohl Fenster durch die Serienproduktion in der Regel dicht sind, werden Leckagen in Fensterumgebung immer wieder festgestellt. Häufig werden Leckströme an den Blendrahmen festgestellt. Dies kann mit einem Luftdichtheitsanschluss durch Kellenschnitt und Silikonfuge vermieden werden. Die Voraussetzungen dafür ist der Glattstrich an Fensterlaibungen vor dem Einbau, eine vollständig ausgeschäumte Fuge zwischen Blendrahmen und Mauerwerk sowie einen dichten Anschluss des Putzes an die Ausschäumung.

Beim Einbau von Dachfenstern wird oft vergessen, einen luftdichten Anschluss zwischen der Luftdichtung der Dachfläche und dem Blendrahmen herzustellen. Bei Abdichtung der Fensterlaibung mittels Folienstücken ist der Anschluss an den Blendrahmen besonders fehlerträchtig. Man kann dem Problem weitestgehend ausweichen, in dem man Fenster mit werkseitig angebrachter Luftdichtung zum Anschluss an die Luftdichtung des Daches vorzieht.

Weitere, des Öfteren auftretende Leckagen bei Fenstern oder Balkon- und Terrassentüren sind falsch eingestellte Beschläge, undichte Einbaufugen, oder bei Balkontüren undichte Stöße von Boden und gemauerter Wand. [6]

Um Ärger und Baumängel zu vermeiden ist es wichtig, bereits während der Planungs- und Ausführungsphase auf Luftdichtheit zu achten. Die DIN 4108-7 gibt eine Reihe von Ausführungsbeispielen.

#### **Fazit**

Die Erwartung des auf Energiesparen bedachten Bauherrn, ein luftdichtes Gebäude zu erhalten, ist durch Vorschriften und Normen sehr gut geschützt. Der Blower-Door-Test ist ein Instrument der Qualitätsüberwachung und sollte zum Standard gehören, er gibt Sicherheit für Bauherren und Ausführende.

Luftdichtheit schützt vor Bauschäden und reduziert Wärmeverluste, steigert den Wohnkomfort und dient der Werterhaltung jeder Immobilie. Systematische Planung und Kontrolle der Bauausführung sind jedoch notwendig.

- [1] Grundlagen der Gestaltung von Passivhäusern  
Dr. Wolfgang Feist  
Verlag Das Beispiel
- [2] Holzbautechnik 6/99
- [3] IKZ 12/96  
Titel: Wohnungslüftung „Verbindliche Technik“ in Neubauten  
Sporten und Schmitz – Fachverband SHK-NRW
- [4] Info Technik des Fachverbandes SHK-Bayern / November 2001
- [5] Sonderdruck „Allergie konkret“ 3/98  
Deutscher Allergie- und Asthmabund e.V., Mönchengladbach
- [6] blowtest-Seminarunterlagen, LTM Thermo-Lüfter GmbH