E-S-E ENZINGER - Ing. Andreas Enzinger Birkengasse 115 - A-3100 St. Pölten



 tel/fax: +43 (0) 2742 / 39 0 39 mobil: +43 (0) 699 / 12 35 34 33

mail: office@e-s-e.at web: http://www.e-s-e.at



## Luftdichte Gebäudehülle

## Qualitätssicherung durch Blower-Door Messung

Qualitätssicherung im Bauwesen wird im Bezug auf höhere technische und bauliche Anforderungen ein immer wichtigeres Thema. Ein wesentliches Kriterium zur Vermeidung von Bauschäden und zur Energieeinsparung ist die bereits seit 1996 in der DIN 4108-7 geforderte luftdichte Bauweise. Um z.B. Komforteinbußen durch Zugerscheinungen und damit einhergehende Heizwärmeverluste zu vermeiden, empfiehlt es sich, die Luftdichtheit der Gebäudehülle mit einem Blower-Door-Test nachzuweisen. Diese Luftdichtheitsmessung gibt einen Nachweis über den Luftdichtheitsgrad sowie über die Art und Lage von Leckagen.

Luftdichtung: Sie verhindert Luftströmungen von innen nach außen und stellt die Dichtheit des Gebäudes her. Sie liegt immer auf der warmen Seite der Konstruktion und ist zugleich Dampfbremse bzw. Dampfsperre.

Winddichtung: Sie verhindert Luftströmung von außen in den Baustoff hinein. Sie liegt im äußeren Bereich der Konstruktion und verhindert eine Auskühlung und Durchfeuchtung der Dämmung von außen.

**Faustregel:** Ein Außenbauteil sollte immer auf der Innenseite dichter ausgeführt werden als auf der Außenseite.

#### Gründe, die für luftdichtes Bauen sprechen:

- Bauschadensvermeidung Sicherheit für den Planer Vermeidung von Bauschäden durch konstruktiv richtig ausgeführte Details
- Vermeiden von Tauwasser in der Konstruktion (Schimmelbildung, Wärmeverluste durch feuchte Dämmung)
- Vermeidung von Komforteinbußen durch Zugerscheinungen
- Weitere Verringerung des Heizenergiebedarfs Vermeidung unnötiger Lüftungswärmeverluste
- Voraussetzung für den optimalen Betrieb von Lüftungsanlagen
- Höhere Luftqualität geruchsbelastete Luft kann nicht eindringen
- Schutz vor Materialeintrag, z.B. vor Dämmstofffasern, die durch Luftundichtigkeiten in den Innenraum eindringen können
- Verbesserter Schallschutz (in durchströmten Leckagen kann sich auch Schall ausbreiten)
- Geruchbelästigung aus anderen Wohnungen

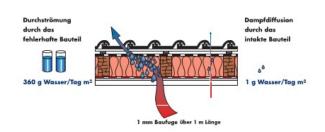


Die Lüftungswärmeverluste gewinnen immer mehr an Bedeutung. Sind diese bei einem Gebäude im Bestand noch mit ca. 10-15 Prozent an den gesamten Verlusten beteiligt, so beträgt der Anteil bei einem Haus, welches nach der aktuellen Bauordnung gebaut wird, schon knapp 30 Prozent, bei einem Niedrigenergieaus sogar über 40 Prozent. Aus diesem Grund, ist der Vermeidung von Lüftungswärmeverlusten gesteigerte Aufmerksamkeit zu widmen.

Einzelnen Undichtigkeiten in der Gebäudehülle sind aber nicht nur aus der Sicht der Energieeinsparung, sondern vor allem auch aus bauphysikalischen Gründen zu vermeiden.

Im Winter ist die warme Innenluft oft stärker feuchtigkeitsbelastet (weniger Lüften). Dringt nun die Innenluft durch Fugen in die Außenbauteile ein, kühlt sie auf dem Weg nach außen ab und kondensiert (warme Luft kann mehr Feuchtigkeit halten als kalte). In mehrschichtigen Bauteilen, wie z. B. dem Dach, kann diese Feuchtigkeit häufig nicht schnell genug nach außen entweichen und die Dämmung wird durchfeuchtet, wobei diese ihre Dämmwirkung verliert. Zusätzlich kann Schimmelpilz entstehen, der das Bauteil nachhaltig schädigt.

Bei der unten abgebildeten Grafik wird ein übliches Dachbauteil unter Berücksichtigung des Wasserdampftransports durch Diffusion und Konvektion betrachtet. Es wird deutlich, dass der Feuchteeintrag in das Bauteil durch Konvektion – hier 360 g pro Tag und m² – gegenüber dem durch Diffusion erheblich höher sein kann.



E-S-E ENZINGER - Ing. Andreas Enzinger Birkengasse 115 - A-3100 St. Pölten





tel/fax: +43 (0) 2742 / 39 0 39 mobil: +43 (0) 699 / 12 35 34 33

mail: office@e-s-e.at web: http://www.e-s-e.at



### Das Luftdichtheitskonzept

Luftdichtheit wird nicht erst auf der Baustelle geschaffen. Bei jedem normalen Bauvorhaben muss bereits in der frühen Planungsphase ein Luftdichtheitskonzept entwickelt werden.

#### Wie sieht ein Luftdichtheitskonzept aus?

Der Planer hat sich mit seinen Plänen - zum Beispiel im Maßstab 1:100 - hinzusetzen, nimmt einen von der Planfarbe abweichenden Stift und versucht die luftdichte Begrenzung des beheizten Volumens mit dem Stift entlangzufahren. An jeder Stelle seiner Reise um das luftdichte Volumen herum ist zu klären, wo innerhalb der Konstruktion und mit welchen Materialien die Luftdichtheit erreicht wird. Bei einer massiven Außenwand wird dies in aller Regel auf der Innenseite der Wand mit dem Innenputz erreicht. Bei einer Holzkonstruktion hingegen kann bei mehrschaliger Bauweise die luftdichte Ebene auch innerhalb dieser Wand liegen. Hierdurch entsteht dann der Vorteil, dass die gesamte Sanitär- und Elektroinstallation innerhalb der dem Innenraum zugewandten Schicht vor die Luftdichtung gelegt werden kann. Kritisch zu bewerten sind in aller Regel die Bauteilanschlüsse zwischen unterschiedlichen Materialien. Wechselt man beim Massivbau von der Wand zum Steildach, so muss der luftdichte Anschluss zwischen Putz und Dampfbremsfolie bewerkstelligt werden.



### Kritische Stellen

#### • Außenwand - Rohdecke

Der Innenputz stellt die luftdichte Schicht dar, es ist besonders wichtig, von der Decke bis zum Rohfußboden – am besten mit Hohlkehle – durchgehend zu verputzen. Im Nachhinein ist so eine Leckage nicht mehr zu beheben.

### • Steckdosen, Unterputzleitungen in Außenwänden

Unterputzdosen müssen satt in Gips gedrückt werden, sonst tritt die Luft von der Außenwand über die Perforierung in die Unterputzdose ein. Das gleiche gilt auch für Elektroschläuche. Ohne Gipsbett gelangt Luft entlang des Schlauches in die Unterputzdose.

#### Rohrdurchführungen durch Außenwände

Bei Elektroleitungen, die nach außen führen muss der Schlauch zusätzlich mit Silikon verschlossen werden.



#### Dampfsperren

Speziell beim Ausbau von Dachgeschossen und im Leichtbau wird die Dichtheit der Gebäudehülle mittels Dampfbremsen hergestellt. Es ist sehr wichtig, alle Bahnen korrekt und mit geeigneten Klebebändern miteinander luftdicht zu verbinden und besonders den Materialwechsel (Massiv- Leichtbau) auch dauerelastisch dicht auszuführen (um nicht durch spätere Bauteilbewegungen Undichtheiten zu erhalten). Die Lage der Dampfbremse so wählen, dass diese nicht durch die Montage von Lampen, Steckdosen etc. beschädigt wird.

• Heizungs-, Trinkwasser- und Abwasserleitungen Satt in Gips oder Klebemörtel einbetten, an Außenwänden so gut es geht vermeiden.

#### • Fenster, Balkon- und Terrassentüren

Generell muss der Einbau gemäß ÖNORM B 5320 erfolgen, d.h. die Anschlussstellen zwischen Rahmen und Mauer müssen sorgfältig mit Klebebändern, Dichtungsbändern und sonstigen Füllstoffen hergestellt werden.

#### Schächte

Je nach Planung haben Installationsschächte eine Verbindung zur Außenluft oder sie sind "dicht" gegenüber außen ausgeführt. Undichter Schacht: sämtliche Leitungen, Rohre usw. die zu so einem Schacht führen müssen an der Schachtwand sorgfältig eingeputzt oder abgedichtet werden.

#### Kamine

Anschluss Kamin – oberste Geschossdecke oder Dach abdichten. Achtung: über die Hinterlüftungsebene und den Kondensatablauf besteht Verbindung zur Außenluft (in der Planung berücksichtigen).

### • Elektroverteiler, Heizungsverteiler

Bei Elektro- und Heizungsverteiler, die in Außenwände eingemauert werden, muss die Hinterseite vorher verputzt werden.

#### Vorsatzschalen, Trockenbauwände

Dahinterliegende Außenwände und Schachtwände immer vorher verputzen. Das Selbe gilt auch für Installationen (z.B. Rohre) die entlang von Außenwänden verlaufen.



E-S-E ENZINGER - Ing. Andreas Enzinger Birkengasse 115 - A-3100 St. Pölten





tel/fax: +43 (0) 2742 / 39 0 39 mobil: +43 (0) 699 / 12 35 34 33

mail: office@e-s-e.at web: http://www.e-s-e.at

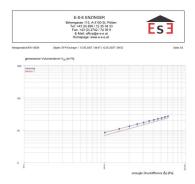




### **Die Messung**

Das Blower-Door Messverfahren ist ein genormtes Verfahren zur Überprüfung der Luftdichtheit der Gebäudehülle. Der n50-Wert (Luftwechselrate) gibt an, wie oft die Luft im gemessenen Gebäude pro Stunde ausgetauscht wird. Die Grenzwerte sind in nationalen Normen oder in Anforderungen für die Wohnbauförderung geregelt, können aber auch vom Planer vorgeschrieben werden. Es werden sowohl Wohnungen als auch ganze Gebäude gemessen

Für Gebäude ohne mechanische Lüftung (mit Fensterlüftung) ist in der Regel ein n50-Wert unter 3,0 1/h, bei Gebäuden mit Wohnraumlüftung unter 1,5 1/h festgelegt. Für Passivhäuser wird die Luftwechselrate unter 0,6 1/h gefordert. Diese Werte sind der ÖNORM B 8110-1 bzw. der DIN 4108-7 entnommen. Bitte informieren Sie sich unbedingt über die Grenzwerte, die Ihre Wohnbauförderung vorschreibt!



#### Wie sieht eine Blower-Door-Messung aus?

Für die Messung wird in eine Öffnung – meist in eine Tür oder in ein Fenster des zu messenden Gebäudes - ein Gebläse luftdicht eingebaut und mit Hilfe dieses Gebläses in dem Gebäude ein Unter- oder ein Überdruck erzeugt. Mit der Messeinrichtung wird dann ermittelt, welche Luftmenge bei einem Druckunterschied von 50 Pascal zwischen innen und außen durch den Ventilator transportiert wird. Diese Luftmenge ist gleich der Luftmenge, die bei Unterdruck durch Leckagen in das Gebäude nachströmt. Diese Leckageluftmenge wird dann ins Verhältnis zum Raumluftvolumen gesetzt und es kann festgestellt werden, ob die geforderten Grenzwerte eingehalten werden. Es ist sinnvoll, zwei Messungen durchzuführen, da Leckagen bei Sog oder Druck konstruktionsbedingt ihren Querschnitt ändern können, was zu abweichenden Messergebnissen führt.



Tipp: Lassen Sie gleich nach Fertigstellung der luftdichten Schicht einen Blower-Door Test durchführen. Bester Zeitpunkt ist dann, wenn noch alle kritischen Stellen zugänglich sind und Ausbesserungen ohne großen Aufwand vorgenommen werden können. Daher wird gemessen, wenn noch kein Estrich vorhanden ist, der Innenputz fertig ist, alle Elektro-, Wasser- und Abwasserleitungen verlegt sind, die Dampfbremse noch zugänglich ist. Fehlende Türen und sonstige Einbauten zu unbeheizten Gebäudeteilen oder nach außen müssen während der Messung provisorisch abgedichtet werden.



E-S-E ENZINGER - Ing. Andreas Enzinger Birkengasse 115 - A-3100 St. Pölten





tel/fax: +43 (0) 2742 / 39 0 39 mobil: +43 (0) 699 / 12 35 34 33

mail: office@e-s-e.at web: http://www.e-s-e.at



#### Wie muss der Zustand des Gebäudes sein?

## Bauzustand A: Gebäude befindet sich weitgehend im späteren Nutzungszustand

Das Gebäude sollte sich in einem Zustand befinden, der weitgehend dem späteren bewohnten Zustand entspricht. Alle Bauteile und Komponenten, die auf die Dichtheit einen wesentlichen Einfluss haben, sollten angebracht sein. Diesen Bauzustand bezeichnet man als Bauzustand A. Provisorische Abdichtungen sind nicht zulässig. Dies ist auch der Zustand, der für die Messung, die zur Vorlage bei der Förderstelle dient, nötig ist.

# Bauzustand B: Bauphase, die luftdichte Ebene wurde bereits fertiggestellt

Da das Verfahren A erst nach Fertigstellung des Gebäudes ausgeführt wird, ist es sinnvoll, dass man schon während der Bauphase, sobald die Luftdichtheitsebene eingebaut wurde, eine Kontrolle durchführt. In diesem Baustadium können eventuelle Mängel einfach und kostengünstig nachgebessert werden.

#### Zustand B: wichtig für die Luftdichtheitsprüfung:

- Die massiven Außenwände sollten innenseitig vollflächig verputzt sein.
- Die raumseitige Verkleidung (Gipsplatten) im Leichtbau sollte noch nicht eingebaut sein.
- Die Luftdichtungsschicht im Leichtbaubereich (i.d.R. PE-Folie) sollte vollständig angebracht und gegen abreißen gesichert sein (z.B. mit Lattung).
- Luftdichtende Anschlüsse zwischen verschiedenen Bauteilen (insbesondere an Fenstern und an Übergängen zwischen Holzleichtbau- und Massivbaubereichen) sollten hergestellt sein.
- Alle Durchführungen durch die Gebäudehülle für Elektro-, Sanitär-, Heizungs- und Lüftungsinstallationen sollten ausgeführt sein.

#### Zustand B: unwichtig für die Luftdichtheitsprüfung:

- Anbringen von Außenputz, WDVS, Vormauerschale u.ä.
- Einbringen der Fußbodendämmung, des Estrichs und des Bodenbelags.
- Einbau der Sanitärobjekte und der haustechnischen Anlagen, wenn die zugehörigen Durchbrüche durch die Gebäudehülle bereits ausgeführt sind (s.o.).
- Montage von Steckdosen, Schaltern, etc.





### Die Leckage-Ortung

Ist erst einmal ermittelt, ob der geforderte Grenzwert n50 eingehalten wird, so wird in einem zweiten Schritt versucht, diejenigen Punkte zu finden, wo Luft durch Undichtigkeiten bei Unterdruck ins Gebäude strömt. Hierzu kann man ein so genanntes Thermoanemometer verwenden, welches die einströmende Luftgeschwindigkeit in Meter pro Sekunde misst

Es hat sich als sinnvoll erwiesen, Undichtigkeiten auch durch Rauch sichtbar zu machen. Dazu wird z.B. das ganze Gebäude bei der Überdruckmessung mit Theaternebel verraucht. Eventuelle Undichtigkeiten können durch den nach außen entweichenden Rauch lokalisiert werden.

Die Leckageortung kann auch durch eine Thermographiekamera unterstützt werden. Da bei einströmender kalter Außenluft auch die Oberflächen des Bauteils auskühlen, kann dies mit der Wärmebildkamera sichtbar gemacht werden. Das ist vor allem bei Leckagen hilfreich, die dem Messteam nicht direkt zugänglich sind.

Das Beste aller Messinstrumente ist aber immer noch die Hand. Fährt man mit dem Finger entlang der Fugen, kann man im Allgemeinen jede Luftbewegung spüren.

Im Zuge der Leckageortung kann auch versucht werden diese sofort zu beheben.

