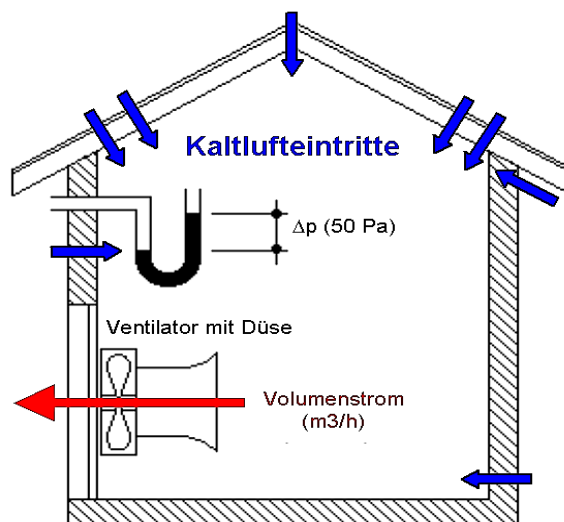


Luftdurchlässigkeitsmessung und Lecksuche

Neben den Transmissions-Wärmeverlusten durch Dach, Wand und Fenster kann in einem Haus auch durch Warmluftaustritte bei Leckstellen in der Gebäudehülle viel Energie verloren gehen. Früher gab es Gebäude, die dafür die Hälfte der Heizenergie verbrauchten! Dies ist aber nur einer von mehreren Gründen, weshalb für heutige Neubauten eine möglichst luftdichte Gebäudehülle gefordert wird. Und woher kommt denn die Frischluft? Auch das ist heute auch klar geregelt: Für gute und hygienisch einwandfreie Raumluft ist die Haustechnik und /oder der Benutzer (mit Lüften) zuständig. Das ist nach Norm SIA 180 schon in der Planung zu kommunizieren!



Negative Auswirkungen durch Luftleckstellen



Schema zu Messverfahren

Wie viel Warmluft durch die Gebäudehülle entweichen kann ist messbar: Mit einem starken Ventilator, der in einem Türrahmen eingebaut wird (Blower-Door), erzeugt man in der Messzone einen Differenzdruck (Unter- und/oder Überdruck). Aus verschiedenen Druckstufen wird dann rechnerisch die Luftvolumenstrom-Kennlinie ermittelt, auf der genau bei 50 Pascal Differenzdruck der Luftvolumenstrom V_{50} [m^3/h] abgelesen wird. Bei 50 Pa Unterdruck entspricht also der vom Ventilator ausgeblasene Luftvolumenstrom genau der Summe aller Luftströme, die irgendwo durch Leckstellen ins Gebäude eindringen (siehe Grafik). Wird dieser Wert [in m^3/h] durch das beheizte Gebäudevolumen [m^3] dividiert, so entsteht der **n_{50} -Wert** [h^{-1}] (= Anzahl Luftwechsel pro Stunde). Diese Zahl kann mit anderen Gebäuden verglichen werden und es wurden dafür schon 1988 in der Norm SIA 180 Grenzwerte festgesetzt. Heute steht aber der **q_{50} -Wert** [$\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$] im Vordergrund, bei dem der Leckstrom nicht auf das Volumen, sondern auf die innere Oberfläche der Messzone bezogen wird. Auch MINERGIE verwendet diese Datenauswertung und liess Anfang 2007 unter Federführung von Ch. Tanner, QC-Expert AG eine Richtlinie (RILUMI) zu diesem Messverfahren erarbeiten.

Für die Messung von Wohnbauten ist dieses Messverfahren nach wie vor ideal. Für die Messung von grossen Geschäfts- und Industriegebäuden müssen aber neue Messmethoden und Verfahren entwickelt werden, was mit verschiedenen Projekten, unterstützt vom BFE, Minergie und dem Thermografie Verband CH, im Gang ist.

Achtung: Aufgrund von Blower-Door-Messwerten kann nur näherungsweise auf den natürlichen Aussenluftwechsel n_L und damit auf die tatsächlichen Warmluftverluste geschlossen werden! Für genaue Aussagen wäre auch das Benutzerverhalten (lüften), Wetter (Wind etc.), Gebäudeform, Standort und die Art der Leckverteilung (Kamineffekt) zu berücksichtigen. Das kann aber nur mit Tracergas-Langzeitmessungen berücksichtigt werden.

Literatur:

- Richtlinie MINERGIE (RILUMI, Version 3/2011) <http://www.minergie.ch/minergie-p.html>
- Thermografie Verband Schweiz: <http://www.thech.ch/de/blowerdoor>
- SN EN 13829: „Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden - Differenzdruckverfahren“ (11/2000)
- Norm SIA 180, „Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden“ (7 / 2014)

Auffinden von Luftleckagen

Mit dem Differenzdruck-Messverfahren bleibt die Frage offen, wo in der Gebäudehülle die restlichen Leckstellen liegen. Diese können während dem Unterdruck von Hand, mit Rauch oder am "schönsten" mit Infrarot (IR) Bildern ausfindig gemacht werden. Das Vorgehen mit IR ist einfach und schnell. Es basiert auf einer Luftdurchlässigkeitsmessung, bei der Kaltluft durch die Leckstellen in den Innenraum gesogen wird. Das kann in der Nacht oder im Winter sein. Die Temperaturdifferenzen (innen-aussen) sollten min. 5 Kelvin (besser etwas mehr) sein. In der Folge kühlen die Oberflächen bei den Leckstellen ab, was mit Wärmebildern aufgenommen werden kann. Mit normalen IR-Aufnahmen während des beschriebenen Vorgehens gibt es verschiedene Problemstellen, bei denen eine eindeutige Aussage über Luftaustritte nicht möglich ist. So sind z.B. Fensteranschlüsse und Gebäudedecken immer etwas kühler (Wärmebrücken) und können in einer IR-Aufnahme gleich wirken, wie die Stellen, bei denen Kaltluft eintritt. Erst IR-Subtraktionsbilder können eine sichere Beweisführung liefern. Das Verfahren erlaubt eine klare Differenzierung von Wärmebrücken und Luftleckagen, ist aber zeitaufwändig.

Infrarot-Subtraktionsbilder für den Nachweis der Luftleckagen



Bild links: Normalfoto eines Dachfensters.



Bild Mitte: Infrarot-Subtraktionsbild

Um ein Subtraktionsbild zu erzeugen, wird ein 1. IR-Bild ohne Unterdruck aufgenommen. Ein 2. Bild folgt aus genau gleicher Position (Stativ), nachdem der Blower-Door-Ventilator einige Minuten lang Unterdruck erzeugt hat. Damit ist Kaltluft durch alle möglichen Leckstellen ins Gebäude geströmt und hat die inneren Oberflächen abgekühlt. Für das IR-Subtraktionsbild kann nun der Computer Bild 1 von Bild 2 subtrahieren, da jedes Farb-pixel im Hintergrund einen Temperatur-Zahlenwert hat. Das Resultat ergibt ein neues IR-Bild (mit neuer Skalierung), in dem alle Oberflächentemperaturen, die gleich geblieben sind (auch Wärmebrücken!), wegfallen, resp. auf Null subtrahiert werden (0°C ergibt im neuen Farbkeil grün). Veränderungen jedoch, erzeugt durch die Kaltluft-eintritte, werden klar ersichtlich dargestellt (im **Beispiel blau**).

Erkenntnisse aus dem Bildbeispiel links: **Die inneren Anschlüsse an die Futterahmen der Dachfester sind undicht (blauer Pfeil)**. Ebenso einige Stellen beim Gratsparren rechts.

Die Fensterflügel jedoch sind dicht (roter Pfeil)!

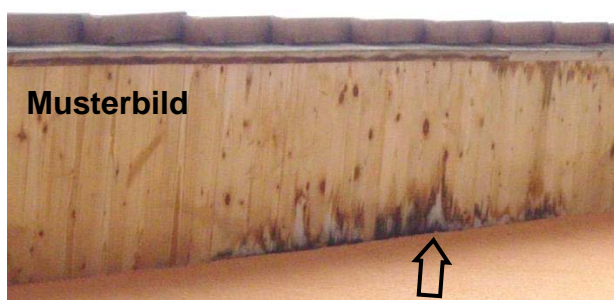


Bild unten: „natürliches Thermografiebild“

An der Untersichtschalung dieses Vordachs zeigen sich schlierige Flecken. Sie entstanden durch einen luftundichten Bauteilanschluss. Hier strömt ständig warmfeuchte Innenluft nach aussen und kondensiert am Täfer des kalten Vordachs. Folge: Das Holz wird nass, beginnt sich zu verfärben und wird später faulen.