

# Schimmel! Was tun?

Infrarotthermografie und Blower Door Test - Untersuchungsmethoden zum Auffinden von bauphysikalischen Schwachstellen und Undichtheiten der Gebäudehülle

Alle Jahre wieder... kommt nicht nur das Christuskind, sondern beginnt mit der kalten Jahreszeit für viele Wohnungs- und Hausnutzer der alljährliche Kampf gegen den Schimmel. Speziell in Fensterlaibungen, an Außenwänden und Außenwandecken, im Bereich von Balkon- und Terrassentüren und an vielen anderen Orten bilden sich schwarze, grüne oder andersfarbige Pünktchen, die sich bei Nichtbeachtung nur allzu gerne ausbreiten.

Aber warum bildet sich Schimmel und warum immer an denselben Stellen? Prinzipiell kann man davon ausgehen, dass in der normalen Luft ausreichend Schimmelsporen vorhanden sind, um bei guten Bedingungen das Schimmelwachstum zu ermöglichen. Gute Wachstumsbedingungen hat Schimmel ab einer relativen Luftfeuchtigkeit von etwa 80%. In den wenigsten Haushalten liegen in den Räumen Luftfeuchtigkeiten über 80% vor und trotzdem ist Schimmelbildung ein sehr häufiges Problem. Der physikalische Grund dafür liegt darin, dass warme Luft mehr Wasserdampf aufnehmen kann als kalte Luft. Die Temperatur, bei der bei einer bestimmten Luftfeuchtigkeit die Wassersättigung (= 100% relative Luftfeuchte) vorliegt nennt man den Taupunkt bzw. die Taupunkttemperatur.

Wird diese Temperatur unterschritten fällt Wasser in flüssiger Form als Kondensat aus. Beispiel: 1 m<sup>3</sup> wassergesättigte Luft kann bei +22°C 19,4 Gramm bei +16°C nur 13,7 Gramm Wasser aufnehmen. Kühle ich also einen m<sup>3</sup> wassergesättigte Luft von 22°C auf 16°C ab, fallen knapp 6g Wasser als Kondensat an.

Warum ist das für Wohnungsnutzer von Bedeutung? Die Raumlufttemperatur sowie die relative Luftfeuchtigkeit, gemessen in Raummitte kann immer nur als Mittelwert für den gesamten Raum angesehen werden. Im Bereich von kalten Oberflächen kann durch die lokale Abkühlung der Luft die relative Luftfeuchtigkeit deutlich höher sein, als in Raummitte.

Ein Rechenbeispiel:

Bei einer Raumlufttemperatur von 20°C liegt eine relative Luftfeuchtigkeit von 65% vor. Die Taupunkttemperatur beträgt bei diesem Klima 13,2°C. Im Bereich der Fensterlaibung werden Oberflächentemperaturen von 11,5°C im Bereich einer Außenwandecke von 15°C gemessen. An beiden Stellen ist Schimmelbildung erkennbar. Warum? Im Bereich der Fensterlaibung ist lokal die Taupunkttemperatur unterschritten, das anfallende Kondensat befeuchtet die Oberfläche bzw. durchfeuchtet den Bauteil und schafft gute Wachstumsbedingungen für die Schimmelbildung. In der Außenwandecke haben wir zwar noch keine Taupunktunterschreitung, die Luftfeuchtigkeit in diesem Bereich steigt jedoch lokal auf über 80% an. Dauert dieser Zustand über eine längere Zeitspanne an, kann es auch hier zu Schimmelbildung kommen.

Man sieht, dass bei der Schimmelbildung mehrere Faktoren eine entscheidende Rolle spielen:

- Nutzungsverhalten
  - Feuchtigkeitsproduktion durch die Nutzer → beeinflusst die relative Luftfeuchtigkeit
  - Raumtemperatur
  - Art und Anzahl der Lüftungsvorgänge (Kalte, vergleichsweise trockene Luft wird gegen die warme feuchte Luft ausgetauscht. Bei Erwärmung der ausgetauschten Luft sinkt die relative Luftfeuchtigkeit ab.)
- Bauteileigenschaften
  - Wärmebrücken, Schwachstellen des Wärmeschutzes
  - Undichtheiten (führen ebenfalls zur Bauteilabkühlung)

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass man bei der Suche nach baulichen Ursachen für Schimmelbildung Ausschau nach kalten Bauteiloberflächen halten muss.

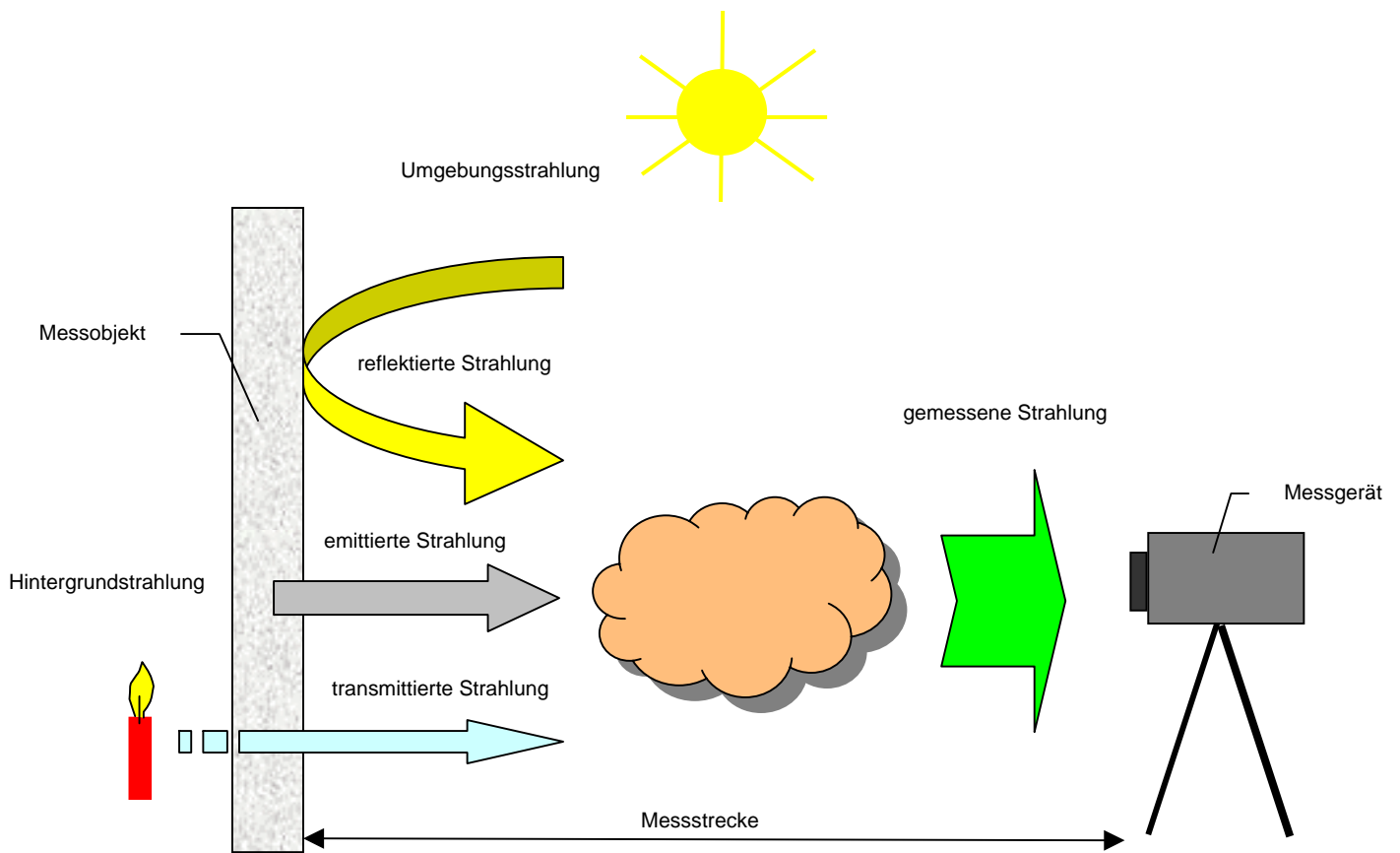
### **IR-Thermografie: Sichtbarmachen von Oberflächentemperaturen**

Eine ideale Untersuchungsmethode zum Auffinden von Wärmebrücken bietet die Infrarotthermografie.

Als Infrarotstrahlung wird der im elektromagnetischen Spektrum an das sichtbare rote Licht (Wellenlänge ca. 760nm) anschließende Bereich bis zu einer Wellenlänge von etwa 1mm bezeichnet, wobei nur Teile dieses Wellenlängenbereiches für die technische Temperaturmessung von Bedeutung sind.

Jeder Körper mit einer Temperatur über dem absoluten Nullpunkt sendet Infrarotstrahlung aus, und zwar umso mehr, je wärmer er ist. Die rechnerischen Zusammenhänge sind soweit bekannt, dass man - mit gewissen Einschränkungen - aus der Messung der von einem Körper ausgestrahlten Infrarotstrahlung auf seine Temperatur an der Oberfläche rückrechnen kann. Diese Aufgabe übernimmt in der Thermografie die Wärmebildkamera, die ähnlich einer „normalen“ Digitalkamera je nach Auflösung eine gewisse Anzahl von Punkten aufnimmt. Im Unterschied zur Digitalfotografie werden allerdings keine Farb- sondern Temperaturinformationen gespeichert. Bei der Thermografie kommt neben der optischen Auflösung (Anzahl der Punkte) auch der thermischen Auflösung eine hohe Bedeutung zu. So können gute Geräte Temperaturunterschiede von wenigen hundertstel Grad wahrnehmen.

Die Messanordnung einer Infrarot-Strahlungstemperaturmessung ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt.



**Abbildung 1:** Schematische Darstellung der Messanordnung einer Thermografie

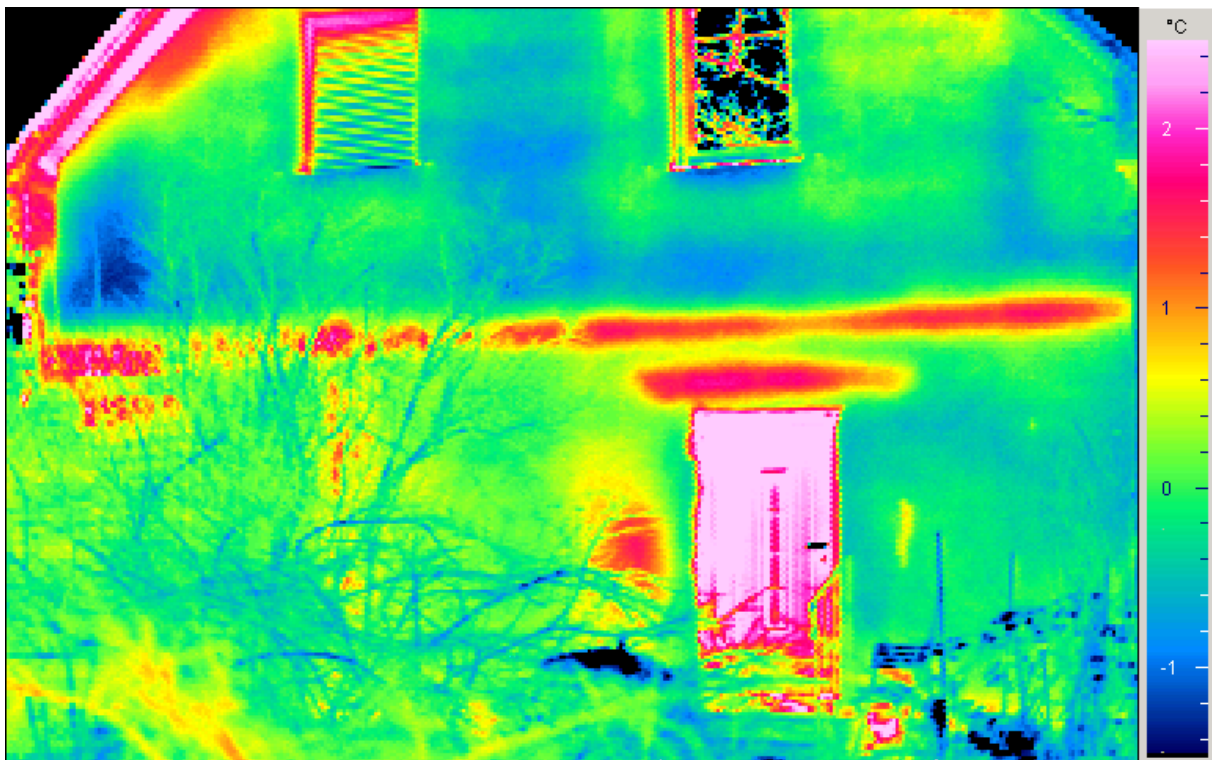
Die physikalisch bedingten Besonderheiten der Thermografie gegenüber berührenden Temperaturmessverfahren werden in Abbildung 1 ersichtlich:

- Das Messobjekt muss vom Messgerät aus sichtbar sein.
- Der Einfluss der Störstrahlungen (Hintergrundstrahlung, Umgebungsstrahlung) kann ein erhebliches Ausmaß annehmen, bis hin zur Unbrauchbarkeit der Messung.
- Einfluss der Messstrecke
- Einflüsse durch das Messgerät
- Einflüsse durch das Messobjekt selbst

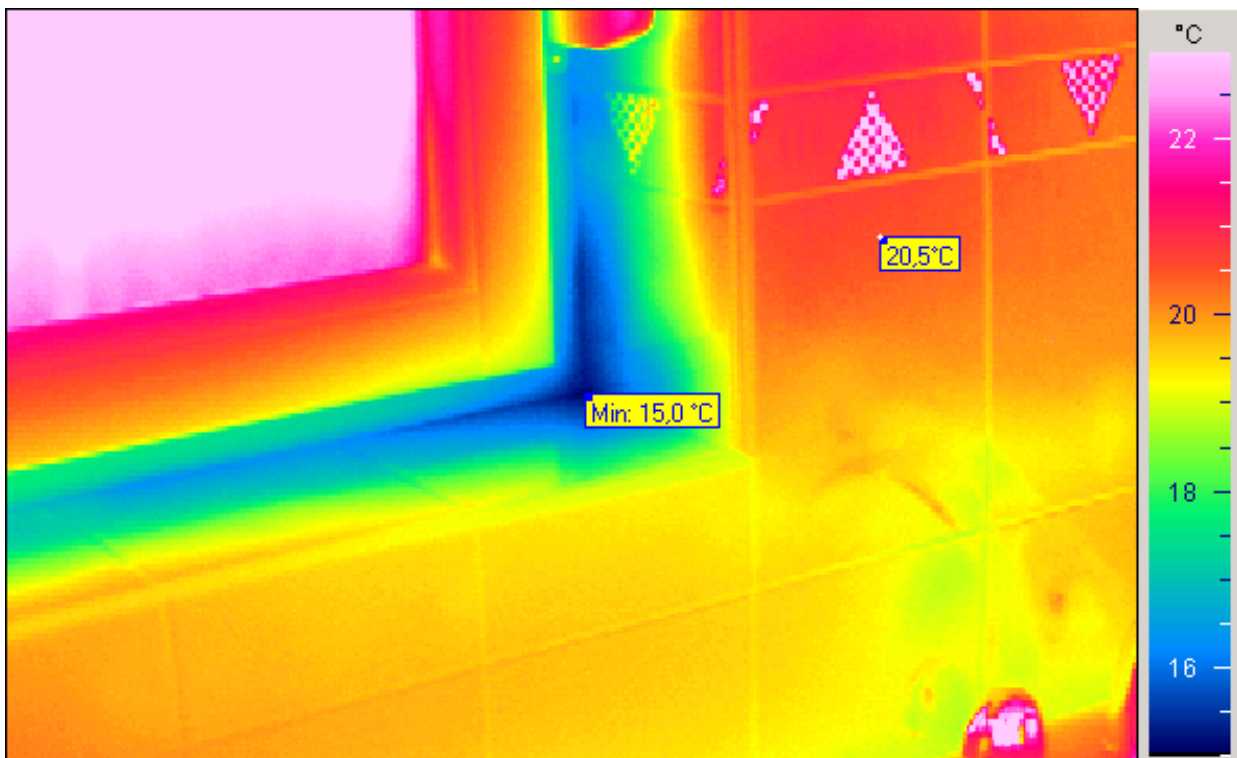
Da nur aus der emittierten Strahlung des Objekts auf die Temperatur geschlossen werden kann, ist es die Aufgabe des ausgebildeten und erfahrenen Thermografen, das Messergebnis unter Berücksichtigung aller Störeinflüsse zu beurteilen.

Prinzipiell unterscheidet man je nach Standort des Messgerätes in Außen- und Innenthermografie. Während das Messgerät bei der Außenthermografie auf der Außen-(Kalt-)seite steht und erhöhte Temperaturen auf Schwachstellen hinweisen, wird bei der Innenthermografie auf der warmen Innenseite eines Gebäudes nach Stellen mit kühlen Oberflächen Ausschau gehalten.

Wichtigste Voraussetzung für eine Untersuchung mittels Wärmebildkamera ist eine ausreichende Temperaturdifferenz zwischen Innenraum und Außenbereich ( $> 15^{\circ}\text{K}$ )! Diese Temperaturdifferenzen findet man in der Regel nur in der kalten Jahreszeit vor.



**Abbildung 2:** Außenthermografie eines unzureichend wärmegeämten Hauses, thermische Schwachstellen an Türüberlager und Deckenanschluss



**Abbildung 3:** Innenthermografie, Fensteranschluss

Praktische Anwendungsmöglichkeiten der Infrarotthermografie zur Bauwerks- bzw. Bauteilbeurteilung sind:

- Auffinden von konstruktionsbedingten Wärmebrücken
- Abschätzung des Sanierungsaufwandes bei Altbauten (z.B. Zustand der Fenster, Fugen, Dämmung)
- Kontrolle der Ausführung von Außendämmungen bei Neubau und Sanierung
- Auffinden von Luftundichtigkeiten (z.B. in Verbindung mit Blower-door test)
- Ortung verdeckter Konstruktionselemente (Anker, Träger, Heizungsleitungen...)
- Erkennung von feuchten Bauteilen (anhand der Verdunstungskälte)
- Überprüfung der Wirksamkeit von Horizontalabdichtungen
- Leckortung bei Leitungssystemen (Voraussetzung: Temperaturdifferenz an der Leckstelle)

Die Vorgehensweise beim qualitativen Nachweis von Wärmebrücken mittels Infrarot-Thermografie ist in der ÖNORM EN 13187 geregelt.

### **Gebäudedichtheit: Wozu?**

Neben Schwachstellen in der Wärmedämmung der Gebäudehülle führen oft auch Luftundichtheiten zu Schimmelbildung an einem Bauteil. Die kalte, eintretende Luft kühlt den Bauteil ab und es kann zum oben beschriebenen Anstieg der relativen Luftfeuchtigkeit kommen, mitunter bis zur Kondensatbildung. Neben dieser Gefahr reduzieren Luftundichtheiten im Allgemeinen die Wirkung der Wärmedämmung und erhöhen dadurch den Heizwärmebedarf. Außerdem wirken sich Zuglufterscheinungen negativ auf die subjektiv empfundene Behaglichkeit und somit auf das Wohlbefinden des Wohnungsnutzers aus.

Zur Überprüfung eines Gebäudes auf seine Luftdichtheit wird der sogenannte „Blower Door Test“ herangezogen.

### **Was passiert bei einer Blower Door Messung?**

Die in den Normen verwendete Bezeichnung für den Blower Door Test lautet Differenzdruckverfahren. Dieser Name beschreibt im wesentlichen auch schon, was bei dieser Untersuchung passiert. Ein Messgerät wird in eine Gebäudeöffnung (z.B. Fenster, Tür) eingebaut. Über einen Ventilator wird ein Druckunterschied (2 Messreihen mit Über- bzw. Unterdruck) zwischen Innenraum und Außenbereich hergestellt und der Austausch der

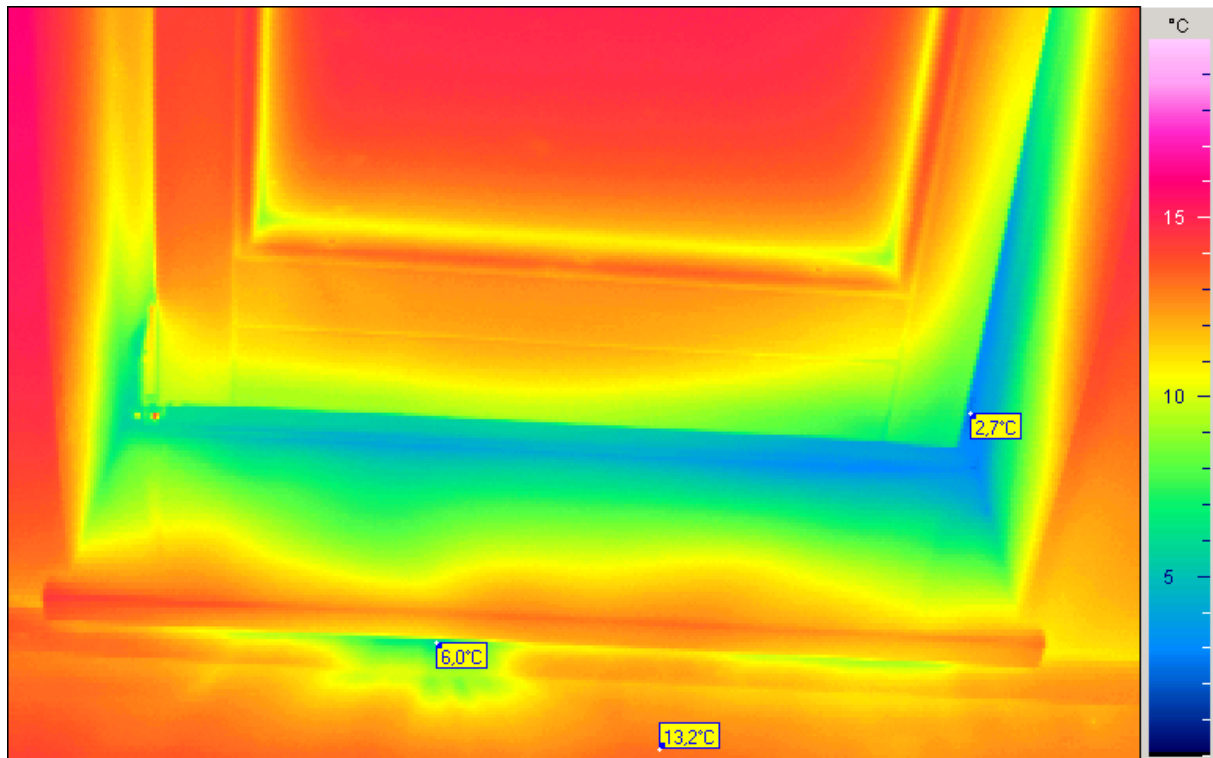
Luft pro Zeit gemessen. Das Ergebnis der Untersuchung ist die Luftwechselrate, eine Kenngröße für die Dichtheit der Gebäudehülle mit der Einheit Luftwechsel pro Stunde. Die Vorgehensweise des Differenzdruckverfahrens zur Bestimmung der Luftwechselrate ist in der ÖNORM EN 13829 festgelegt, die Grenzwerte werden in der DIN 4108-7 geregelt. Üblicherweise wird für eine Messung eine Druckdifferenz von 50 Pa aufgebaut. Der Versuchsaufbau einer Blower Door Messung ist in Abbildung 4 dargestellt.



**Abbildung 4:** Blower Door Messung

Die Ermittlung der Luftwechselrate ist ganzjährig möglich. Darüber hinaus können mit der beschriebenen Messanordnung Undichtheiten der Gebäudehülle aufgefunden bzw. nachgewiesen werden. Leckstellen können ganzjährig mit speziellen Messgeräten, die Luftstromgeschwindigkeiten messen, gefunden werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, das Gebäude bzw. den Gebäudeabschnitt zu vernebeln. Beim Aufbringen von Überdruck im Gebäudeinneren werden die Leckstellen in Form von Nebelaustritten an der Außenseite sichtbar.

Eine elegante Möglichkeit zum Auffinden von Undichtheiten in der Gebäudehülle bietet sich in der kalten Jahreszeit in Kombination mit der Infrarotthermografie. Die Abkühlung von Bauteilen, die im unmittelbaren Bereich einer Luftundichtheit liegen, werden mittels Thermografie sichtbar gemacht, wie Abbildung 5 zeigt.



**Abbildung 5:** Wärmebild einer Terrassentür mit Luftundichtheiten

### Zusammenfassung

Wärmebrücken und Luftundichtheiten bilden bauphysikalische Schwachstellen, die sich neben der Gefahr einer möglicher Schimmelbildung auch negativ auf den Heizwärmebedarf und die Behaglichkeit in Innenräumen von Gebäuden auswirken.

Das Vorliegen solcher wärmeschutztechnischer Schwachstellen ist messbar und kann daher messtechnisch nachgewiesen werden. Mit Hilfe der Infrarotthermografie können Bereiche mit niedrigeren oder erhöhten Oberflächentemperaturen visualisiert werden, die Blower Door Messung gibt mit der Luftwechselrate pro Zeit einen Kennwert für die vorliegende Gebäudedichtheit an. In Kombination dieser beiden Verfahren können darüber hinaus die Luftundichtheiten in der Gebäudehülle lokalisiert und die Grundlage für eine schnelle Behebung der Undichtheit geschaffen werden.

Für weitere Auskünfte steht ihnen gerne zur Verfügung:

Dipl.-Ing. Dr. Günther Fleischer

**ofi** – Institut für Bauschadensforschung

Arsenal Objekt 213, Franz-Grill-Str. 5, A-1030 Wien

Tel.: +43 1 7981601 320 oder 0664/5214766 Fax.: +43 1 7981601 530

mailto: [guenther.fleischer@ofi.co.at](mailto:guenther.fleischer@ofi.co.at)

<http://www.ofi.co.at>