

nenfalls undichte Stellen zu erkennen, geht es beim Tracergasverfahren darum, den tatsächlichen Luftwechsel eines Gebäudes oder Raumes unter realen Bedingungen zu messen. Dazu wird ein in der Atmosphäre nur gering vorhandenes Gas in hoher Konzentration in den Raum eingebracht. Mit dem sich einstellenden Luftwechsel entfernt sich das Gas nach und nach wieder aus dem Raum. Über die Geschwindigkeit, mit der die Konzentration des Gases abfällt, lässt sich die Luftwechselrate errechnen. Bei einer Variante wird das Gas dem Raum kontinuierlich zugeführt. Dann ergibt sich die Luftwechselrate aus dem pro Minute eingeblasenen Gasvolumen und der sich einstellenden Konzentration.

Bei natürlich belüfteten Gebäuden ist die Luftwechselrate bekanntlich sehr stark von den äußeren Bedingungen abhängig, etwa Temperatur und Windgeschwindigkeit. Eine einmalige Messung nach dem Tracergasverfahren liefert daher zwar Anhaltspunkte, aber kein zuverlässiges Bild über langfristig wirksame Luftwechsel. Auch ein Vergleich von verschiedenen Gebäuden ist nicht möglich. Bei Gebäuden mit kontrollierter Lüftung lässt sich dagegen durch einen Tracergastest überprüfen, ob in allen Räumen die geplanten Luftwechselzahlen erreicht werden oder ob Infiltrationen vorliegen.

#### 4.6.7 Leckagesuche

Hat man mit dem Blower-Door-Verfahren festgestellt, dass undichte Stellen in der Gebäudehülle vorhanden sind, gibt es verschiedene Methoden, sie aufzuspüren. Die meisten beruhen auf dem Nachweis einer Luftströmung, die durch Druckunterschiede zwischen innen und außen hervorgerufen wird. Sie werden deshalb normalerweise im Zuge einer Blower-Door-Prüfung durchgeführt.

##### THERMO-ANEMOMETER UND FLÜGELRAD-ANEMOMETER

Die Leckageortung mit Anemometern beruht darauf, dass im Bereich von Undichtigkeiten hohe Luftgeschwindigkeiten wahrnehmbar sind. Anemometer messen diese Strömungsgeschwindigkeit, wobei im bauphysikalischen Einsatz 2 Typen mit unterschiedlichen Messprinzipien gebräuchlich sind: Thermo-Anemometer besitzen in ihrer Messspitze einen beheizten Draht, dessen elektrischer Widerstand temperaturabhängig ist. Kühlt er sich durch vorüberstreichende Luft ab, kann über die Veränderung des Widerstandes die abgeführte Wärmemenge und damit die Luftgeschwindigkeit automatisch errechnet werden. Flügelrad-Anemometer messen die Luftgeschwindigkeit mechanisch. Sie verfügen über ein



Bild 4-54  
Einbau einer  
Blower Door  
in den Rahmen  
einer Balkontür  
(IEMB/BBP)

drehbar gelagertes Rad mit schräg angestellten Flügeln, das durch die hindurchströmende Luft in Rotation versetzt wird.

##### RAUCH- ODER NEBELGENERATOR

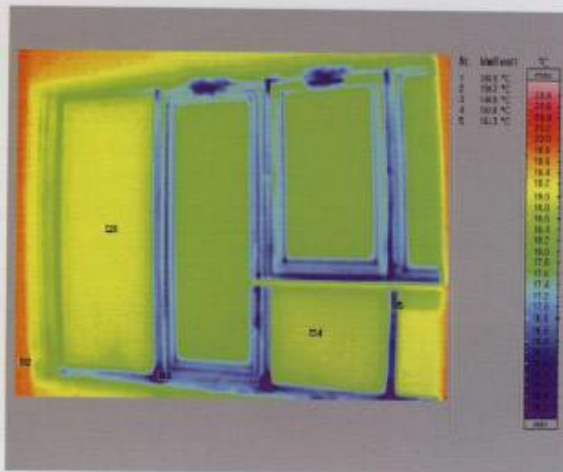
Rauchröhrchen geben einen gleichmäßigen Schwebrauch ab, der Luftströmungen im Bereich von Undichtigkeiten sichtbar macht. Insbesondere bei unklaren Situationen im Bestand können auch größere Nebelgeneratoren im Raum verwendet werden. Außen kann man dann erkennen, wo der Nebel durch Undichtigkeiten austritt.

##### THERMOGRAFIE

Stellt man in einem Raum einen Unterdruck her, wird Außenluft durch Undichtigkeiten in den Innenraum gezogen. Ist die Außenluft mindestens 5–10 K kälter als die Luft im Raum, sind hochauflösende Thermografiekameras in der Lage, sowohl die sich dadurch einstellende Abkühlung der angrenzenden Bauteile wie auch den kalten Luftstrom selbst abzubilden. Die Auswertung der Bilder erfordert allerdings eine gewisse Erfahrung, da sich neben Leckagen auch andere Effekte wie Wärmebrücken auf die Bauteiltemperaturen auswirken. Eine Hilfestellung geben Temperaturdifferenzbilder. Sie entstehen durch die rechnerische Überlagerungen zweier Aufnahmen, von denen die eine mit künstlichem Unterdruck und die andere ohne aufgenommen wurde. Dadurch wird erkennbar, welche Temperaturänderungen direkt durch die erzwungene Luftströmung ausgelöst werden [4-79].



**Bild 4-55**  
Innenaufnahme eines Leichtbau-Außenwandelementes, nachdem 5 min lang ein Unterdruck von 50 Pa erzeugt wurde. Kaltluft strömt durch die Funktionsfugen und die unteren Abschlüsse der Kopplungsprofile ein. Gut erkennbar ist auch die einströmende Luft an den Lüftungselementen im oberen Rahmenprofil (BBP)



**ULTRASCHALL-DETEKTOR**

Verschiedene technische Branchen nutzen hochfrequente Schallwellen, um kleinste Undichtigkeiten in Bauteilen zu erkennen. Über die Fenster- und Fassadenbranche hat dieses Prinzip auch Einzug ins Bauwesen gehalten. Es ist denkbar einfach: Mit einem Sender werden die Ultraschallwellen auf das zu untersuchende Bauteil abgestrahlt. Besteht eine durch-

gehende Undichtigkeit, treten sie auf der gegenüberliegenden Seite wieder aus, wo sie von einem Sensor registriert werden können. Dieser stellt die gemessene Intensität auf einer Pegelanzeige dar oder signalisiert sie akustisch in einem Kopfhörer. Durch das Abtasten der Fläche mit dem Sensor kann die Stelle mit der höchsten Intensität bestimmt und die genaue Lage der Leckage geortet werden. Gegenüber den drei anderen Verfahren hat der Ultraschall den Vorteil, dass er nicht auf eine Druckdifferenz zwischen innen und außen angewiesen ist. Er kann daher ohne aufwendige Hilfsmaßnahmen, unabhängig vom Blower-Door-Test, durchgeführt werden. Die notwendige Messtechnik, bestehend aus Sender und Empfänger, kostet ca. 1.100 €.

**4.7 Verminderung oder Eliminierung von Wärmebrücken**

**4.7.1 Grundlagen und Bedeutung**

Wärmebrücken sind Stellen in der Gebäudehülle, die gegenüber der ungestörten Fläche einen erhöhten Wärmedurchgang aufweisen. Ausgehend von der Ur-



**Bild 4-56**  
An Stellen, die nicht ebenerdig zugänglich sind, kann der Ultraschallsender mit einem Teleskopstab am Gebäude befestigt werden (FCSM)