



Bild: © airtightjunkies.de

(1) Leckagesuche bei Druckdifferenz gilt als zuverlässige Methode zur Ortung von Luftleckagen.

Achtung, hier zieht's

Für das Aufspüren von Undichtheiten an der luftdichten Ebene gibt es viele Wege – entscheidend ist die Zugänglichkeit

Leckagen, in denen sich konvektive Luftströmungen entwickeln, sollten am besten schon während der Bauphase geortet und nachgebessert werden. Aber auch nach der Fertigstellung (v. a. bei aufgetretenen Schäden) deckt das Blower-Door-Verfahren (bzw. die Differenzdruckmessung) Undichtheiten auf. Zur konkreten Ortung und Einordnung können dann mehrere Verfahren eingesetzt werden. Die folgenden Seiten zeigen das schrittweise Vorgehen bei der Leckageortung mit und ohne technische Hilfsmittel.

■ Von Holger Merkel

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) schreibt vor, eine gewisse Dichtheit von Gebäuden zu gewährleisten – nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik. Zur Überprüfung der Dichtheit werden Blower-Door-Tests ausgeführt.

Als Grundlage einer Differenzdruckmessung nennt die EnEV derzeit die DIN EN

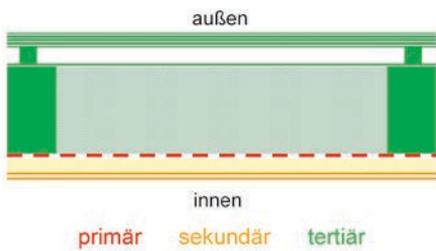
13829 [1]. Diese ist zwar offiziell zurückgezogen und durch die DIN EN ISO 9972 [2] ersetzt; da sich die aktuelle EnEV aber auf sie bezieht, hat sie bis zu deren Novellierung Gültigkeit. Doch auch falls die Messung nicht zum Nachweis der EnEV-Grenzwerte dient, wird eine der beiden genannten Normen in der Regel dem Messprozedere zugrunde gelegt.

Beide Normen benennen die Leckagesuche als Bestandteil der Messung. Punkt 5.3 listet die Verfahrensschritte auf, darunter die „vorausgehende Prüfung“:

„(...) ungefähr beinahe der höchsten für die Messung vorgesehenen Druckdifferenz (ist) die gesamte Gebäudehülle auf große Leckagen und fehlerhafte provisorische Abdichtungen zu untersuchen. Wenn solche Leckagen gefunden werden, sind sie zu protokollieren (...).“ [3]

Hierbei ist zunächst zu kontrollieren, ob die zulässigen Abdichtungen der Gebäudepräparation während der Messung standhalten.

Die Größe einer Leckage und somit die Frage, ob sie für den Blower-Door-Prüfbericht relevant ist, ist nicht das einzige Kri-



(2) Die Wahl der Mittel zur Leckagesuche hängt auch von ihrer Lage zur vorgesehenen luftdichten Ebene ab. Eine primäre Leckage betrifft direkt die luftdichte Ebene, die sekundären werden auch als Lufttrittsstellen bezeichnet.

Bild: © Jahn nach Forschungsinitiative Zukunft Bau, Band F 3012 [4]

Auf Seite 27 des Berichts findet sich eine Unterscheidung der Leckagen u. a. aufgrund ihrer Lage im Bauteil (Bild 2). Hier wird zwischen primären, sekundären und tertiären Leckagen unterschieden, abhängig von ihrer Lage zur „planmäßig vorgesehenen Luftdichtheitsschicht“. Dies definiert letzten Endes auch die Wahl der Mittel für die Leckagesuche.

Leckagesuche als Bauschadensprävention

terium; auch kleine Undichtheiten können zu großen Schäden führen. Daher hat der Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e. V. (FLiB) ein Forschungsvorhaben mit mehreren Arbeitsgruppen aus Theoretikern und Praktikern initiiert. Sie beschäftigten sich mit der Frage: Unter welchen Bedingungen ist eine Leckage groß bzw. gefährlich? Die Forschungsergebnisse sind im Abschlussbericht [4] zu dem Projekt abrufbar. Projektleiter Dr. Klaus Vogel hat die Ergebnisse zudem in mehreren Vorträgen und Interviews erläutert und die Frage erörtert: Wann ist eine Leckage gefährlich [5]?

Die ausschließliche Suche nach großen Leckagen geht an der Realität vorbei. Oft sind es die kleinen, übersehenen Fehlstellen in Planung oder Ausführung, die zu einem Bauschaden führen. Liegen diese oberhalb der druckneutralen Zone, also im oberen Teil des Gebäudes, ist erhöhte Vorsicht geboten. Luftströmungen z. B. an Elektroinstallationsdosen der Innenwände im Dachgeschoss sind oft ein Hinweis darauf, dass der Mauerkopf nicht abgedeckt wurde bzw. die Holz- oder Trockenbauwand ohne obere Abklebung in die Dämmebene läuft. Hierbei ergibt sich im Winter eine kontinuierliche Strömung von warmer, feuchter Luft mit eventueller Kondensation und Durchfeuchtung des Bauteils.

Vorgehensweise bei der Leckageortung

Zu Beginn der Suche steht die Frage nach der Konstruktion des Gebäudes oder Bauteils. Jede Bauweise hat ihre spezifischen Problemzonen, was die Luftdichtheit anbelangt. Genaue Kenntnis über den Aufbau der einzelnen Bauteile ist somit unerlässlich. Bei Mauerwerk ist es wichtig zu wissen, welcher Stein verwendet wurde, ob er verklebt oder vermörtelt wurde und ob die Stoßfugen offen sind. Im Holzbau dagegen spielt es eine Rolle, wie die Bauteile verbunden sind, ob es eine Installationsebene gibt und wie Durchdringungen ausgeführt wurden. Erhellende Erkenntnisse schafft oft ein Blick in den unausgebauten Spitzboden oder in Abseiten. Auch die Kenntnis der Position von Installationsschächten ist für eine genaue Beurteilung unabdingbar.

Große Vorsicht ist geboten bei Verkleidungen jeglicher Art, v. a. bei Vorwandinstallationen und falls der Mauerwerksputz durch Ausbauplatten ersetzt wurde. Beherrtes Klopfen liefert hier die gewünschte Information.



(3) Bei dieser Baustellensituation fehlt der Glattstrich hinter dem Spülkasten. Dies zeigt sich bei späterer Leckagesuche durch eine Störung an der Drückerklappe.

Bilder: © airtight-junkies.de



(4) Das Messgerät zeigt links den Gebäudedruck in Pascal und rechts den Volumenstrom bezogen auf 50 Pascal. Geteilt durch 2 ergibt das in etwa die äquivalente Leckagefläche in Quadratzentimetern.



(5) Die Messung der natürlichen Druckdifferenz bei geschlossenem Gebläse liefert wertvolle Hinweise v. a. bei Leckagen, die sich im oberen Teil des Gebäudes befinden. Zeigt das Messgerät mehr als 5 Pascal, wird die Messung nach Norm nicht durchgeführt.

Die meisten Leckagesuchen werden bei 50 Pascal Unterdruck durchgeführt. Bei Unterdruck sind Luftströmungen in den meisten Fällen besser fühl- und darstellbar. Viele Blower-Door-Messgeräte zeigen dabei sowohl den Gebäudedruck, als auch die in etwa geförderte Luftmenge in Kubikmeter an, meistens sogar gleich den n_{50} -Wert. Teilt man nun die geförderte Luftmenge durch zwei, erhält man grob die äquivalente Leckagefläche in Quadratzentimetern. Das ermöglicht eine erste Vorstellung von der Leckage. Zeigt das Messgerät beispielsweise 595 m^3 Volumenstrom bei 50 Pascal, ergibt sich eine Leckagefläche von ca. $297,5 \text{ cm}^2$. Das entspricht einer runden Öffnung mit ca. 19,5 cm Durchmesser.

Wenn man bereits eine Messreihe im zu prüfenden Objekt durchgeführt hat, sagt die Steigung der Geraden bzw. Kurve aus, ob es sich eher um kleine oder große Leckagen handelt. Liegt der Strömungsexponent bei 0,5, handelt es sich eher um große Leckagen (turbulente Strömung), liegt er vielmehr bei 1, können wir von vielen kleineren Leckagen ausgehen (laminare Strömung). Die Wahrheit liegt natürlich in einer Kombination von beiden. Liegt er unter 0,5 oder über 1, kann man davon ausgehen, dass sich das Gebäude während der Messung verändert. So können beispielsweise Lücken an Folienstößen bei unterschiedlichen Drücken ihren Querschnitt ändern.

Auch die natürliche Druckdifferenz kann Hinweise v. a. auf die Lage der Leckagen liefern. Zeigt das Messgerät bei verschlossenem Gebläse einen unerklärbar hohen Wert, v. a. bei tiefen Außentemperaturen, lässt sich aufgrund des Kamineffekts auf offene Stellen im oberen Teil des Gebäudes schließen. Gerade in Mehrfamilienhäusern oder Bürogebäuden ist die Ursache oft auch eine noch nicht für die Messung abgedichtete Aufzugschachtrauchung..

Einsatz von Hilfsmitteln zur Ortung der Leckage

Die DIN EN ISO 9972 [2] nennt im Anhang E einige Hilfsmittel, mit denen die Lage von Leckagen festgestellt werden kann:

- sukzessives Abkleben
- Anwendung einer Infrarotkamera

- Anwendung von Rauch
- Anwendung eines Anemometers

Bevor diese technischen Vorrichtungen zum Einsatz kommen, empfehle ich zuerst den Gebrauch der menschlichen Sinne:

Bei der Sichtkontrolle fallen dem erfahrenen Leckagesucher Unzulänglichkeiten in der Verarbeitung sofort ins Auge.

Defekte bzw. nicht verschlossene Abwasserleitungen und Siphons irritieren auch sonst eher unempfindliche Nasen.

Das Baustellenradio sollte ausgeschaltet und Maschinen kurz abgeschaltet werden – und schon ergibt sich bei einigen Gebäuden ein Reigen von Pfeif- und Strömungsgeräuschen.

Und nicht zuletzt die menschliche Haut: In anderen Bereichen als Scharlatanerie gebrandmarkt, ist das „Handauflegen“ ein zuverlässiger Indikator für Leckagen.

Auch die künftig anzuwendende Norm DIN EN ISO 9972 verweist auf den Einsatz menschlicher Sinne:

„Weiterhin ist es möglich, den Luftstrom um Bauteile herum usw. an der Gebäudehülle mit den Fingern zu fühlen; dieses Verfahren ist jedoch aufgrund der individuellen Schwankungen nicht einheitlich (...)“ [6]

Anemometer

Mit dem Anemometer können Windströmungen und deren Geschwindigkeit relativ genau lokalisiert werden. Es gibt jedoch zwei Nachteile:

1. Wer ausschließlich mit einem Anemometer Leckageortung betreibt, sollte etwas Zeit mitbringen, da er jede infrage kommende Stelle „abturnen“ muss.
2. Eine mögliche Fehlerquelle ergibt sich durch falsche Positionierung des Messfühlers, schon ein leichtes Verdrehen kann das Messergebnis beeinträchtigen.

Auch hier ist die Gefahr von Fehlinterpretationen groß. Der angezeigte Wert in Meter pro Sekunde ist stark vom Düseneffekt abhängig und sollte immer gemeinsam mit der Größe der Leckage gesehen werden.



Bilder: © airrightjunkies.de

(6) Luftströmungen sind gut mit der Hand fühlbar. Oft finden sich Leckagen an den Bauteilübergängen zwischen verschiedenen Materialien – hier bei der Messung einer Halle.



(7) Das Anemometer dient v. a. zur genauen Lokalisierung und Dokumentation bereits gefundener Leckagen. Auch die genaue Strömungsrichtung ist oft ausschlaggebend.



(8) Bei von innen nicht zugänglichen Leckagen wird Theaternebel erzeugt. Die Austrittsstellen lassen bei cleverer Anwendung auf Strömungswege schließen.



Bild: © airtight-junkies.de

(9) Diffuse Leckagen lassen sich mit großflächigen Abklebungen am besten lokalisieren. Alte Holzbalkendecken sind oft durchströmt. Dies zeigt sich an den Fugen der Dielenböden. Durch Blower-Door-Messung mit und ohne Abklebung (sukzessives Abkleben) lässt sich auch die Leckagefläche quantifizieren.

Rauchröhrchen

Ähnlich ist es mit Rauchröhrchen. Deren Bedeutung hat in den letzten Jahren etwas abgenommen, da sie zum einen Säuredampf abgeben, was im Innenraum verpöht ist, und v. a. die Atemwege des Anwenders schädigen können. Zum anderen sollte man auf ätzende Rückstände achten.

Vielfach überschätzt: die Anwendung von Rauch

Durch Fernsehberichte und Online-Videos ist der Einsatz von Nebel für die Leckagesuche allgemein bekannt. Es ist allerdings wenig zielführend, das gesamte Gebäude zu vernebeln, da der Nebel immer Löcher findet und sich unkontrolliert ausbreitet. Handelt es sich um eine Konstruktion mit weiter außen gelagerter luftdichter Schicht wie z. B. von innen sichtbare Brettstapel, ist die Anwendung von Nebel unschlagbar.

Für die Leckortung mit Rauchgas stehen Aggregate in unterschiedlichen Größen zur Verfügung. Ausschlaggebend für den Erfolg ist, die Strömungswege vorauszuahnen und mit dem Nebel zu verifizieren bzw. zu dokumentieren. Dafür eignen sich eher kleinere Geräte, die eine punktgenaue Anwendung zulassen.

Die fraglichen Stellen werden bei Überdruck nacheinander von innen mit Rauch beaufschlagt, je nach Strömungswegen und Hohlräumen kann die Prozedur etwas Zeit in Anspruch nehmen. Eine zweite Person ist bei vielen Konstruktionen unerlässlich. Stellenweise ist auch eine Anwendung

bei Unterdruck sinnvoll, meistens sind dabei jedoch die bereits genannten Mittel wirtschaftlicher.

Sukzessives Abkleben

Beim sukzessiven Abkleben wird ein Teil der Hülle oder eines Bauteils mit einer luftdichten Folie abgedichtet. Das Aufblähen der Folie bei Unterdruck zeigt eine diffuse Strömung durch die vielen Fugen des Bauteils, dessen einzelne Fugen keine nennenswerten Strömungen erkennen lassen. Anwendungsbeispiel: alte Holzfußböden bei Sanierungen oder Brettstapelkonstruktionen. Ebenso können einzelne Fehlstellen mit und ohne Abkleben gemessen werden, um die Luftmenge zu bestimmen, die durch sie hindurch fließt.

Infrarotkamera/ Thermografie

Die Infrarotkamera zählt zum Standard. Für einfache Leckagesuchen bei größeren Temperaturdifferenzen zwischen innen und außen genügen mittlerweile einfachere Geräte, die sich auch für den ausschließlichen Einsatz bei Differenzdruckmessungen rechnen. Natürlich gilt: Je leistungsfähiger die Kamera, desto mehr ist sie auch bei geringeren Temperaturdifferenzen einsetzbar. Durch Infrarotaufnahmen vor Anlegen des Unterdrucks und nachträglichen Vergleich der Aufnahmen erhält man zusätzliche Hinweise auf Leckagen. Erweiterte Systeme arbeiten hier mit Infrarot-Subtraktion bzw. Differenzthermografie.

Der große Vorteil der Thermografie ist das Arbeiten auf Distanz. Gerade bei großen Gebäuden oder hohen Räumen ergibt sich hier ein rationellerer Ablauf. Ich warne jedoch vor zu schneller Fehlinterpretation der gewonnenen Aufnahmen. Vielmehr empfehle ich die Verifizierung solcher auf Distanz erstellten Visualisierungen aus der Nähe.



Bild: © airtight-junkies.de

(10) Leckagen können mit Thermografie auch über größere Distanzen geortet werden. Dies ist v. a. bei großen Deckenhöhen und mangelnder Zugänglichkeit wichtig wie bei dieser Industriehalle. Auf dem Foto: Energieberater Thomas Kretzschmar, der in der internen Arbeitsgruppe des FLiB (Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e. V.) zur Leckagebewertung mitgearbeitet hat.



Bild: © BlowerDoor GmbH

(11) Mit Differenzthermografie ist eine Leckageortung durch Blower-Door und Thermografie ganzjährig einsetzbar. Veränderungen während der Messung werden bildlich dargestellt.

Ultraschall

Weitere Verfahren wie Ultraschall runden das Bild der technischen Möglichkeiten ab, die Wahl der Mittel ist dabei immer von der Aufgabenstellung abhängig. Die wichtigste Komponente bei der Leckagesuche ist in jedem Fall die Erfahrung und manchmal auch die Intuition des Anwenders.

Fazit: Das Wichtigste bei Leckageortung

Zu Beginn einer Leckagesuche steht die Frage nach der Konstruktion des Gebäudes

und nach den verwendeten Materialien. Davon hängt u. a. ab, ob bei Unter- oder Überdruck gearbeitet wird. Eine Abschätzung der Gesamtzahl bzw. -größe der Leckagen liefert Hinweise darauf, wonach eigentlich gesucht wird. Erst dann sind die

Verfahren zur Leckortung zu wählen, abhängig von den Umgebungsbedingungen und der Zugänglichkeit. ■

Literatur

[1] DIN EN 13829:2001-02 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren (ISO 9972:1996, modifiziert) (zurückgezogen)

[2] DIN EN ISO 9972:2015-12 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren (ISO 9972:2015)

[3] DIN EN 13829:2001-02 und DIN EN ISO 9972:2015-12, jeweils 5.3, S. 8 und S. 14

[4] Vogel, K.; Grün, G.; Norrefeldt, V.; Sous, S.; Zöller, M: Bewertung von Fehlstellen in Luftdichtheitsebenen – Handlungsempfehlung für Baupraktiker (Forschungsinitiative Zukunft Bau, Band F 3012). Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V., Aachener Institut für Bauschadensforschung und Angewandte Bauphysik gGmbH, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Berlin/Aachen/Valley 2016. Abrufbar unter:

https://flib.de/publikationen/forschungsbericht/FLiB_Forschungsbericht_2016.pdf

[5] Ergebnisse des Forschungsprojekts zur Leckagebewertung. pro clima TV vom 18.01.2017, abrufbar unter <https://www.youtube.com/watch?v=0XSCSDxN34A&t=82s>;

Wann ist eine Leckage gefährlich? – Leckagenbeurteilung bei Blower-Door-Messungen. pro clima TV vom 06.10.2015, abrufbar unter <https://www.youtube.com/watch?v=oEcvvRI26P0>;

Ergebnisse des Forschungsprojekts Leckagen – theCH Blower-Door-Tagung vom 18.09.2017, abrufbar unter <https://www.youtube.com/watch?v=kzUVcUopfsU>

[6] DIN EN ISO 9972:2015-12, Anhang E, S. 32

DIN 4108-7 :2011-01:Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden – Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele

Zur Person



Holger Merkel

ist Blower-Door-Messdienstleister, Fachkraft für Differenzdruckmesstechnik (HwK) und Dozent. Mit seinem Team führt er mehr als 400 Messungen im Jahr durch. Er supportet auch andere Messteams mit seinem Wissen. Sein Know-how gibt er in Vorträgen, Seminaren und Blower-Door-Ausbildungen weiter. Neu ist das deutschlandweite Zwei-Tage-Kompaktseminar, das er mit der TÜV Rheinland Akademie konzipiert hat. Bei airtight-junkies.de berichtet er u. a. über Blower-Door-Tests, Leckagen und aktuelle Anforderungen.

Kontakt

Internet: www.bionic3.de,
www.airtight-junkies.de
E-Mail: hm@bionic3.de

Minneapolis BlowerDoor

Das marktführende MessSystem für Luftdichtheit.

BlowerDoor-
UNLIMITED.de

...dein Onlineshop!



BlowerDoor GmbH
MessSysteme für Luftdichtheit

- Universeller Einsatz in allen Wohn- und Gewerbegebäuden
- Maximale Präzision
- Lange Produktlebensdauer
- 4-jährige Produktgarantie



NEU: DG-1000 mit Touch Screen
www.blowerdoor.de

