

Druckverteilung und Nachströmwege bei BlowerDoor Messungen in großen Gebäuden

Stefanie Rolfsmeier, Paul Simons

*BlowerDoor GmbH, Zum Energie- und Umweltzentrum, D-31832 Springe, Deutschland
Tel. +49 (0) 5041 / 975-30, Fax +49 (0) 5041 / 975-44, E-Mail: info@BlowerDoor.de*

KURZFASSUNG

Bei der BlowerDoor-Messung von Gebäuden sollte sichergestellt sein, dass alle zu messenden Gebäudeteile miteinander im Luftverbund stehen, so dass das Prüfobjekt als eine Zone betrachtet werden kann. Das gilt auch für große Gebäude wie Verwaltungsgebäude, Schulen, Schwimmbäder etc. mit mehreren Geschossen und verwinkelten Grundrissen. Zu kleine Nachströmöffnungen von den Leckagen zu der Messeinrichtung können eine gleichmäßige Druckverteilung behindern. Nach der Messnorm DIN EN 13829 sollten die Druckunterschiede im Inneren bei der Luftdurchlässigkeitsmessung weniger als 10% der Gebäudedruckdifferenz betragen.

Zur Umsetzung dieser theoretischen Überlegungen in die Messpraxis werden in diesem Beitrag verschiedene Fragen behandelt. Welche messtechnischen Ansätze gibt es, um die Kenntnis über die tatsächliche Druckverteilung und damit auch die Interpretation der Messergebnisse zu verbessern? Wie sehen die Ergebnisse aus? Welche Möglichkeiten gibt es, um in kritischen Situationen trotzdem messen zu können?

Bei BlowerDoor-Messungen in Gebäuden mit großen Höhen und/oder stark gegliederten Grundrissen werden zusätzliche Messstellen in den als kritisch betrachteten Zonen angelegt. Die Druckunterschiede zwischen der BlowerDoor-Messeinrichtung und diesen Zonen werden mit Hilfe der Software TECLOG MultipleFan aufgezeichnet und können anschließend vom Messteam bewertet werden, das entsprechende Maßnahmen (z. B. offene Fenster schließen, Einbau eines zusätzlichen Messgeräts in den kritischen Gebäudeteil) einleiten kann.

SCHLÜSSELWÖRTER

BlowerDoor-Messung, große Gebäude, Nachströmöffnungen, Druckverteilung, „Ein-Zonen-Gebäude“

EINLEITUNG

Bei der BlowerDoor-Messung großer Gebäude muss sichergestellt sein, dass während des Tests im gesamten Gebäude ein gleichmäßiger, von der Messeinrichtung erzeugter Druck herrscht. Vor allem bei Hochhäusern und/oder stark strukturierten Grundrissen soll auch der Raum, der am weitesten von der Messeinrichtung entfernt ist, unter gleichen Bedingungen geprüft werden.

Dieser Beitrag stellt Möglichkeiten zur Überprüfung der gleichmäßigen Druckverteilung vor. Anhand von zwei Beispielen, einem Hochhaus und einem Gebäude mit strukturiertem Grundriss, werden zudem mögliche Druckverteilungen im Gebäude aufgezeigt.

ANFORDERUNGEN DER DIN EN 13829 ZUR DRUCKVERTEILUNG IM GEBÄUDE

Eine der Grundvoraussetzungen zur Durchführung einer Luftdurchlässigkeitsmessung nach der DIN EN 13829 ist, dass das Gebäude als „Ein-Zonen-Gebäude“ betrachtet werden kann. Alle Räume und Gebäudeteile des Prüfobjekts müssen miteinander im Luftverbund stehen, damit eine gleichmäßige Druckverteilung während der Messung sichergestellt ist. Dafür werden alle Innentüren des zu untersuchenden Gebäudes bzw. des Gebäudeteils geöffnet. In der Regel ist die Größe dieser Nachströmöffnungen (offene Innentüren) ausreichend.

Während der Messung sollen die Druckunterschiede im Gebäude kleiner als 10% der Gebäudedruckdifferenz zwischen innen und außen sein.

ÜBERPRÜFUNG DER DRUCKVERTEILUNG IM GEBÄUDE

Zur Überprüfung der Druckverteilung im Gebäude wird mit der BlowerDoor Messeinrichtung zunächst eine Gebäudedruckdifferenz von 50 Pascal hergestellt. Es gibt nun zwei Möglichkeiten zu überprüfen, ob die Druckverteilung im Gebäude gleichmäßig ist:

1. Messung der Druckdifferenz zwischen innen und außen in der kritischen Zone (z. B. weitest entfernter Raum).
2. Messung der Druckunterschiede innerhalb des Gebäudes

Beide Möglichkeiten werden hier näher vorgestellt.

Zeitpunkt der Prüfung der Druckverteilung

Der geeignete Zeitpunkt zur Kontrolle der Druckverteilung im Gebäude liegt nach dem Messaufbau sowie der Gebäudepräparation und vor der Leckageortung. Das hat den Vorteil, dass die Untersuchung der Gebäudehülle nach Leckagen unter gleichen Randbedingungen stattfindet.

Überprüfung der Druckdifferenz zwischen innen und außen in den „kritischen“ Zonen

Zur Überprüfung wird mit der BlowerDoor Messeinrichtung eine Gebäudedruckdifferenz von 50 Pascal erzeugt. Anschließend werden nacheinander die Druckdifferenzen zwischen innen und außen in den „kritischen“ Zonen (z. B. weitest entfernte Räume / Gebäudeteile) kontrolliert. Dazu wird ein zusätzliches tragbares Differenzdruckmessgerät in dem zu untersuchenden Bereich platziert. Ein Anschluss des Messgerätes endet innerhalb der Zone und der Referenzanschluss außerhalb des Gebäudes der gleichen Zone. Zur Übertragung des Außendruckes nach innen kann beispielsweise ein Kapillarröhrchen aus Metall mit Schlauchverlängerung genutzt werden. Es ist möglich, das Kapillarröhrchen in einen Fensterrahmen einzuklemmen, ohne dass sich dessen Öffnung schließt. Die sich ergebenden Druckdifferenzen werden notiert. Das Messprinzip ist in Bild 1 zu sehen.

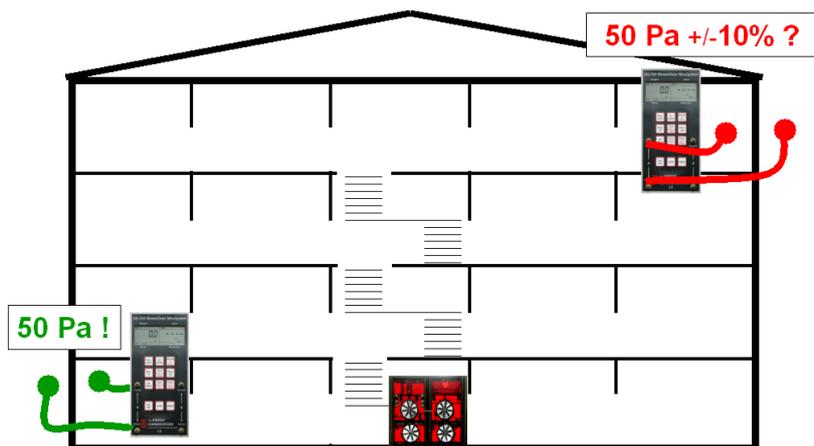


Bild 1: Messung der Druckverteilung an der Gebäudehülle

Die Druckdifferenz im betrachteten Raum darf nicht kleiner als 50 Pascal abzüglich 10 %, also 45 Pascal werden.

Überprüfung der Druckverteilung innerhalb des Gebäudes

Zur Überprüfung wird zunächst mit der BlowerDoor Messeinrichtung eine Gebäude-druckdifferenz von 50 Pascal erzeugt. Die Druckunterschiede innerhalb eines Gebäudes werden ermittelt, indem der Druck nahe der Messeinrichtung mit dem Druck in den „kritischen“ Zonen (z. B. weitest entfernte Räume oder Gebäudeteile) verglichen wird. Dazu wird ein langer Schlauch von der Messeinrichtung bis in die „kritische“ Zone verlegt. Das Messprinzip ist in Bild 2 dargestellt.

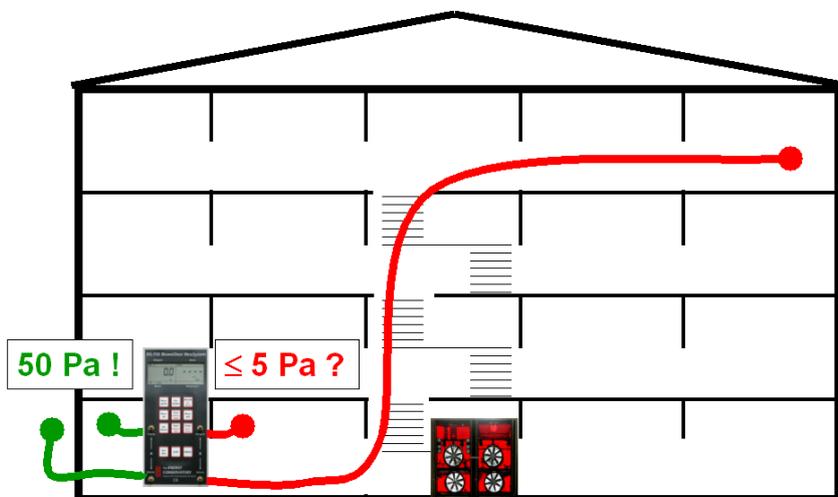


Bild 2: Messung der Druckverteilung im Gebäude

Der Druckunterschied innerhalb des Gebäudes darf nicht mehr als 10 % von der Gebäudedruckdifferenz abweichen. In diesem Fall also 10% von 50 Pascal, d. h. maximal 5 Pascal.

Natürlicher Druck

Thermik und Wind können im Gebäude schon einen Druckunterschied aufgrund der natürlichen Bedingungen erzeugen. Ist dies der Fall, so muss zuvor die natürliche Druckverteilung innerhalb des Gebäudes gemessen und bei der Bestimmung der Druckverteilung im Gebäude bei künstlichem Druck berücksichtigt werden.

LÖSUNGSANSÄTZE BEI ZU GROSSEN DRUCKUNTERSCHIEDEN IM GEBÄUDE

Wird bei der Kontrolle der Druckunterschiede im Gebäude ein zu großer Druckabfall in einer Zone festgestellt, hat das folgende Ursache: Die Nachströmöffnung in diese Zone ist zu klein bzw. die Leckagen dieser Zone sind zu groß für die vorhandene Nachströmöffnung. Durch die zusätzliche Anordnung eines oder mehrerer BlowerDoor Messgeräte in der kritischen Zone, kann in allen Bereichen der gleiche Druck erzeugt werden (Bild 3).

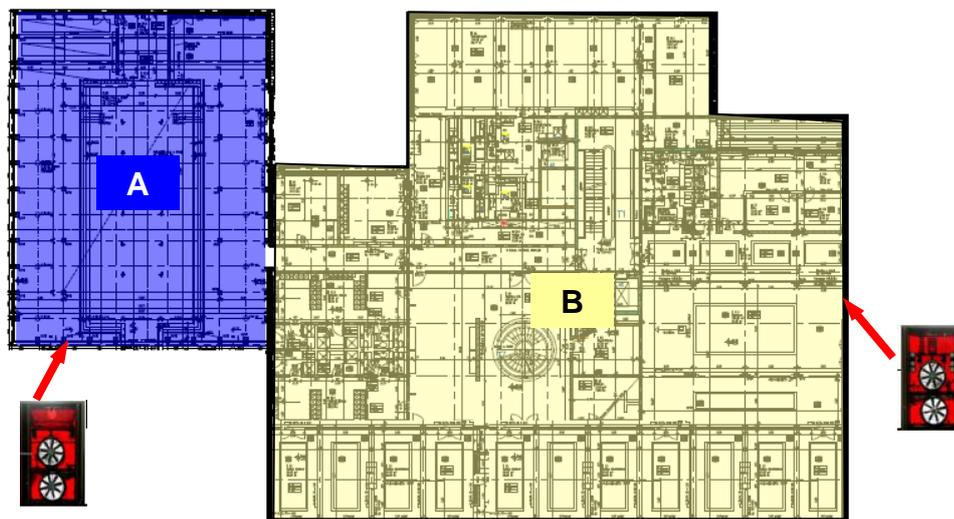


Bild 3: Verteilung der Messeinrichtung im Gebäude zur Erzeugung einer gleichmäßigen Druckverteilung

BEISPIELMESSUNGEN

Die praktische Umsetzung der Kontrolle der Druckverteilung wird anhand eines Hochhauses und eines stark gegliederten Gebäudes vorgestellt. Bei den Messungen wurden die Druckverteilungen innerhalb des Gebäudes überprüft.

Zur Messung der Gebäude sind mehrere Minneapolis BlowerDoor-Ventilatoren kombiniert worden. Die zentrale Ansteuerung der Gebläse erfolgt mit Hilfe des Steuerprogramms TECLOG MultipleFan, das auch die Möglichkeit bietet, mehrere Gebäudedruckdifferenzen sowie Innendrucke darzustellen und aufzuzeichnen.

Beispiel 1: Messung eines Hochhauses

Prüfobjekt

Im folgenden Beispiel wurde ein Hochhaus betrachtet, das im ausgebauten Zustand 22 Stockwerke haben wird. Es war eine vorgezogene Messung der Stockwerke 5 bis einschließlich 14 mit einem Innenvolumen von 31.744 m³ vorgesehen, um den Luftwechsel im Bauzustand zu bestimmen und zu ergründen, ob möglicherweise grobe systematische Fehler in der Gebäudehülle vorhanden sind (Bild 4).



Bild 4: BlowerDoor-Messung im markierten Gebäudeteil eines Hochhauses

Einbau der Messgeräte

Das Messsystem BlowerDoor MultipleFan mit 3 Ventilatoren pro Türrahmen wurde in das Treppenhaus im 5. Stock eingesetzt (Bild 5). Die Einbauöffnung für die Messgeräte wurde vom Auftraggeber aus OSB-Platten und Kanthölzern hergestellt.



Bild 5: BlowerDoor MultipleFan (3 Ventilatoren) im Treppenhaus

Gebäudepräparation

Der zu messende Gebäudebereich wurde sehr sorgfältig von den nicht zu messenden Bereichen durch temporäre Abdichtungen abgetrennt (Treppenhaus und Fahrstuhlüren mit OSB-Platten verschlossen, durchgehende Versorgungsschächte für Rohrleitungen und Kabel abgedichtet etc.).

Luftverbund

Der Luftverbund zur Herstellung einer „Zone“ wurde durch das durchgehende Treppenhaus und die Versorgungsschächte sichergestellt. Innerhalb eines Geschosses bildeten die Öffnungen für die noch nicht eingebauten Innentüren die Nachströmöffnungen.

Randbedingungen

Die Temperaturdifferenz zwischen Innen und Außen war minimal und trotz des vorhergesagten Sturmes blieb der Wind während der Messung innerhalb eines tolerierbaren Bereichs. Die natürlichen Druckdifferenzen blieben unterhalb der Anforderungen der DIN EN 13829.

Messung der Druckunterschiede

Die Druckunterschiede zwischen dem 5. und dem 14. Stockwerk sind mit einem sehr präzisen Differenzdruckmessgerät (DG-700) gemessen worden. Das Messgerät war nahe der Messeinrichtung im 5. Stock platziert. Ein Ausgang des Messkanals blieb frei, der andere wurde mit einem ca. 40 m langen Schlauch verbunden. Dieser ist über das Treppenhaus in den 14. Stock verlegt worden und lieferte den Druck aus dieser Etage (ähnlich Bild 2).

Messergebnis

Der Druckunterschied zwischen dem 5. und 14. Stock bei einer Gebäudedruckdifferenz von - 50 Pascal betrug im Mittel -0,5 Pascal. Ein Auszug aus dem Messprogramm TECLOG MultipleFan in Bild 6 zeigt die Ergebnisse in Form eines Diagramms.

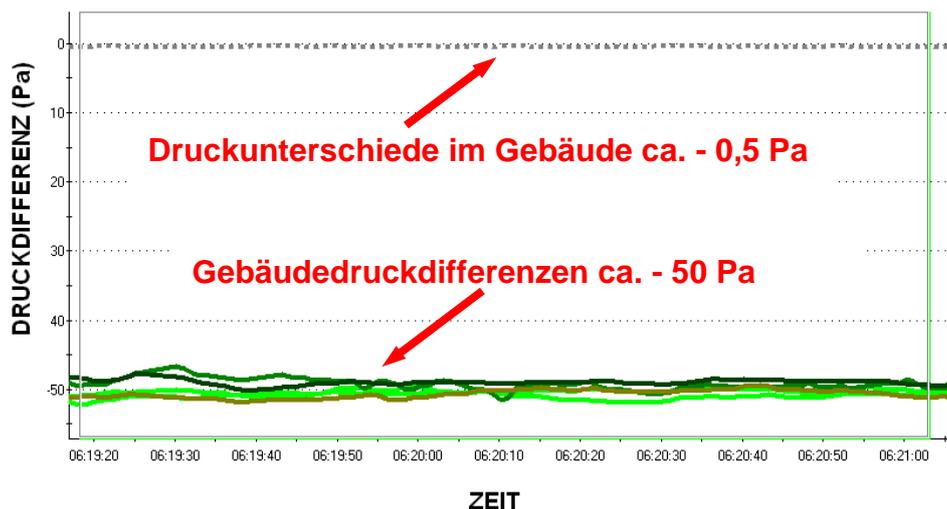


Bild 6: Auszug aus TECLOG MultipleFan: Gebäudedruckdifferenz und Innendruckverteilung

Im Diagramm sind fünf Gebäudedruckdifferenzen um die -50 Pascal (durchgezogene Linien) zu sehen, die an den vier verschiedenen Gebäudeseiten und im offenen Treppenhaus gemessen wurden. Die gestrichelte Linie zeigt die Druckverteilung im Inneren des Gebäudes ca. -0,5 Pa. Sie entspricht den Anforderungen der DIN EN 13289.

Beispiel 2: Messung eines Hotels mit strukturiertem Grundriss

Prüfobjekt

Im nächsten Beispiel ist ein Hotelkomplex dargestellt, der sich aus mehreren Quadern unterschiedlicher Größe und Höhen zusammensetzt. Auch hier wurden nur Teile des Gebäudekomplexes (Markierung A, B und C) mit einer Größe von ca. 23.000 m³ gemessen (Bild 7).

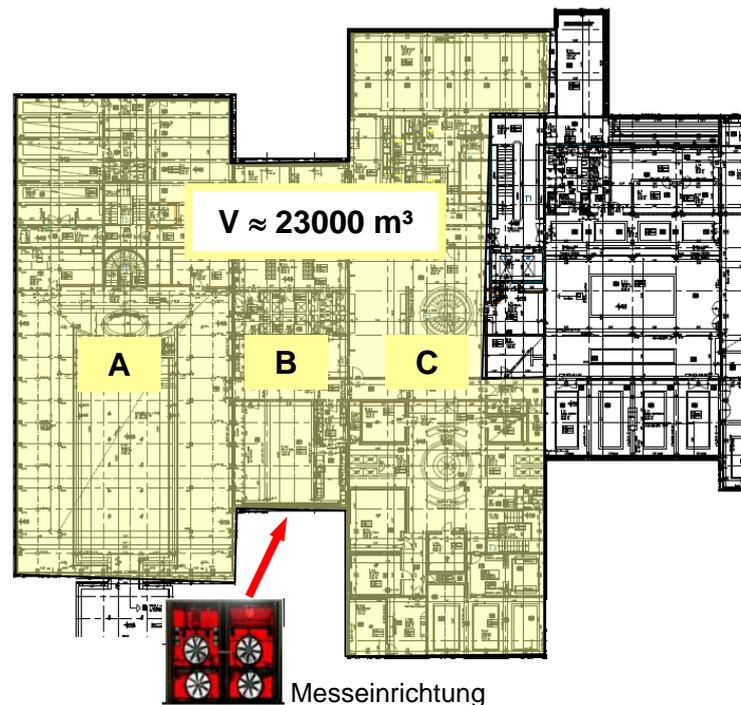


Bild 7: Teilgrundriss eines Hotels

Einbau der Messgeräte

Vier BlowerDoor-Ventilatoren wurden in Außentüren des Abschnittes B im Erdgeschoss eingesetzt.

Gebäudepräparation

Die zu messenden Zonen wurden von den nicht zu messenden Bereichen durch temporäre Abdichtungen abgetrennt (Gipskartonplatten in Türen der Geschossflure und Zimmer, Abdichtung durchgehender Schächte für Rohrleitungen und Kabel etc.).

Luftverbund

Die Gebäudeteile A (Hallenbad) und B haben einen ausreichenden Luftverbund durch diverse Öffnungen. Als kritisch wurde die Verbindung von Teil B zu Teil C eingestuft. Zwischen diesen beiden Gebäudeteilen gab es nur eine einzige Verbindung über eine Treppenhaustür im 1. OG.

Randbedingungen

Die Temperaturdifferenz zwischen Innen und Außen war minimal, ebenso der Wind. Die zulässigen natürlichen Druckdifferenzen nach DIN EN 13829 wurden nicht überschritten.

Messung der Druckunterschiede

Die Druckverteilung wurde zwischen dem Erdgeschoss (Teil B, nahe der Messeinrichtung) und dem 3. Obergeschoss (Teil C, entferntester Raum) geprüft. Die Schlauchlänge betrug 150 m.

Messergebnis

Der Druckunterschied zwischen den Gebäudeteilen B und C bei einer Gebäude-druckdifferenz von ca. - 50 Pascal betrug im Mittel ca. 0,2 Pascal. Ein Auszug aus dem Messprogramm TECLOG MultipleFan in Bild 8 zeigt die Ergebnisse in Form eines Diagramms.

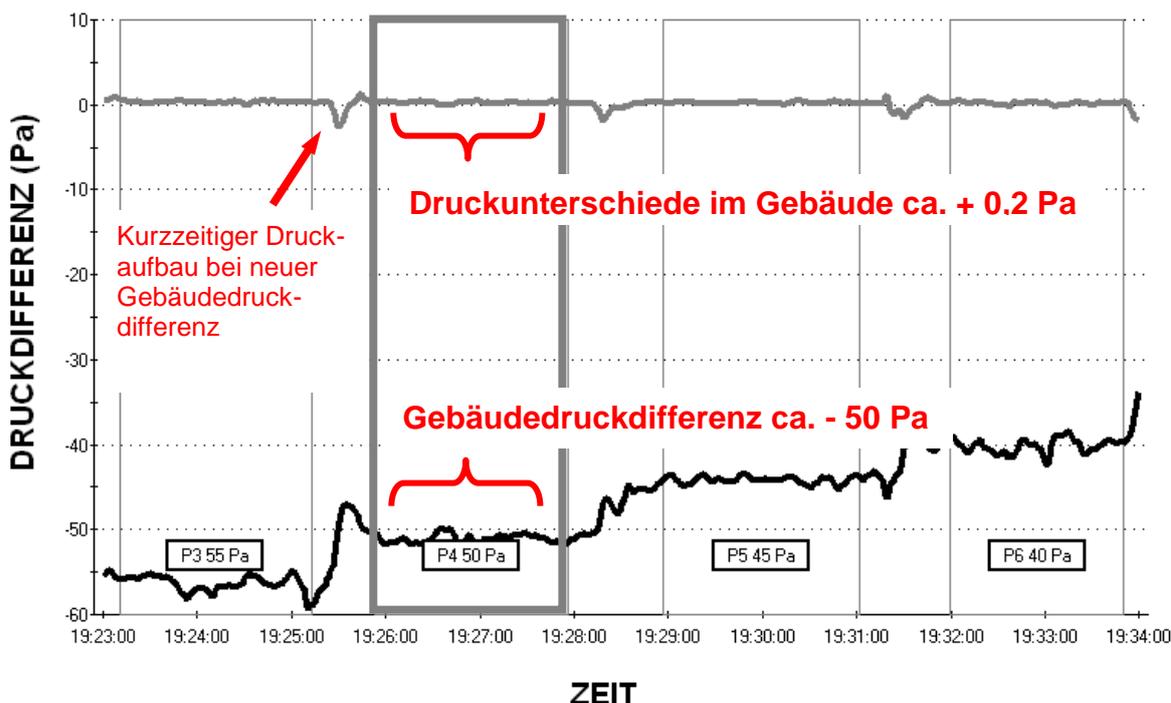


Bild 8: Auszug aus TECLOG MultipleFan: Gebäudedruckdifferenz und Innendruckverteilung

Die zunächst als kritisch, das heißt gegebenenfalls als zu klein betrachtete Nachströmöffnung, die Treppenhaustür zwischen den Abschnitten B und C, hatte für diese Messung eine ausreichende Größe. Nach einem schnellen Druckaufbau (siehe Pfeil), der sich jeweils beim Einstellen einer neuen Gebäudedruckdifferenz ergibt, stellt sich ein konstanter Druckunterschied nahe 0 Pascal ein. Die Messung konnte mit dieser Druckverteilung durchgeführt werden.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Grundvoraussetzung für die Luftdurchlässigkeitsmessung in großen Gebäuden ist eine gleichmäßige Druckverteilung im Gebäude. Dazu sind entsprechend viele Nachströmöffnungen in ausreichender Größe notwendig, um einen Luftverbund im gesamten zu untersuchenden Gebäudeteil herzustellen („Ein-Zonen-Gebäude“).

Die Druckunterschiede im Gebäude müssen messtechnisch, zum Beispiel bei einer Gebäudedruckdifferenz von 50 Pascal, überprüft werden. Zwei Verfahren stehen zur Auswahl: Die Druckdifferenz in den „kritischen“ Zonen, das heißt, in den abgelegenen Bereichen des Gebäudes, kann direkt an der Gebäudehülle zwischen innen und außen gemessen werden, oder es wird der Druckunterschied innerhalb des Gebäudes zwischen Messeinrichtung und kritischem Bereich geprüft.

Wird festgestellt das der Druckabfall in einem Gebäudeteil zu groß ist, ist es sinnvoll, dort eine oder mehrere Messeinrichtungen einzusetzen. Durch die Verteilung und den Parallelbetrieb der BlowerDoor Ventilatoren im Gebäude sorgen diese für eine gleichmäßige Druckverteilung.

Bei sehr hohen Gebäuden (z. B. Hochhäusern) muss auf eine ausgeglichene Temperaturdifferenz zwischen innen und außen geachtet werden, damit die natürliche Druckdifferenz nicht zu hoch wird. Ebenso sollte die Messung großer Gebäude bei wenig Wind oder Windstille stattfinden.

Ist es aus zeitlichen Gründen erforderlich, den Test trotz ungünstiger Witterung durchzuführen, sollte an mehreren Stellen des Gebäudes die Gebäudedruckdifferenz gemessen und zur anschließenden Auswertung gemittelt werden.