

Erfahrungen aus der Luftdichtheitsmessung großer Gebäude

Eine gute Luftdichtheit der Gebäudehülle ist ein wichtiger Bestandteil zur Verbesserung der energetischen Qualität von Gebäuden. In Deutschland ist die Luftdichtheit der Gebäudehülle bereits seit Mitte der 1990er Jahre in der Normgebung verankert. Neben Einfamilienhäusern werden seit einigen Jahren auch größere Gebäude wie Verwaltungsgebäude, Hallen, Schulen, Altenheime, Produktionsstätten und Lagerhallen erfolgreich gemessen. Auch in den Nachbarländern wird vermehrt Augenmerk auf eine definierte und kontrollierte Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle gelegt. Große Gebäude mit mehr als 4000 m³ Innenvolumen rücken zunehmend in den Fokus.

Die DIN EN 13829 „Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden“ bezeichnet Gebäude, deren Volumen größer als ca. 4000 m³ ist, als große Gebäude. Während der Luftdichtheitsmessung muss die Messeinrichtung mindestens einen Druckunterschied von 25 Pa erzeugen, bei kleineren Gebäuden sind 50 Pa zwingend, um eine Messung normgerecht durchführen zu können. Trotz dieses Hinweises in der Norm ist es jedoch sinnvoll, auch bei großen Gebäuden 50 Pa Druckdifferenz zu erreichen, da es die Leckageortung erheblich erleichtert.

Anforderungen an die Luftdichtheit

Die Luftdichtheitsanforderungen an große Gebäude entsprechen in Deutschland zurzeit denen kleiner Gebäude. Die bekannteste Anforderung an die Luftdichtheit bei einem definierten Druckunterschied von 50 Pa zwischen Gebäudeinnerem und außen ist die Luftwechselrate n_{50} (h⁻¹). Sie beschreibt, wie häufig das Luftvolumen eines Gebäudes bei 50 Pa ausgetauscht werden darf. Grenzwerte für die Luftwechselrate sind in der in der Energieeinsparverordnung (EnEV) und der DIN 4108-7 festgelegt:

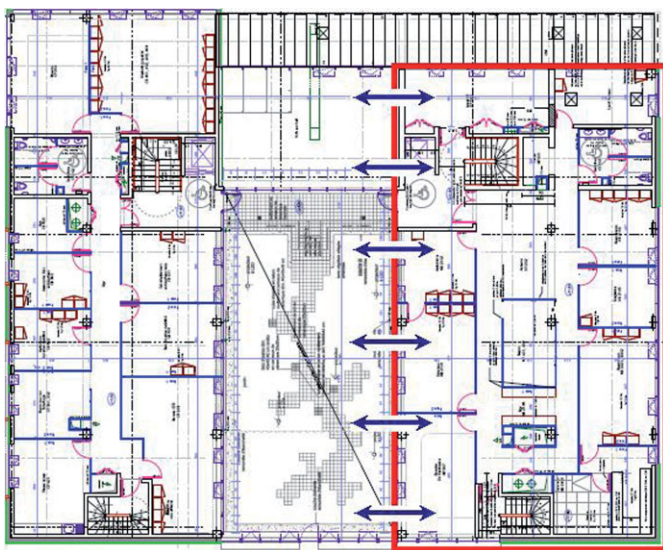


Bild 1. Messung eines Gebäudeteils (rote Markierung) mit internen Leckagen
(Grafik: Wigwam, Frankreich)

$n_{50} \leq 3,0 \text{ h}^{-1}$ für Gebäude ohne raumluftechnische Anlagen
und

$n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$ für Gebäude mit raumluftechnischen Anlagen.

Weniger bekannt ist der empfohlene Grenzwert aus der DIN 4108-7, q_{50} (m³/(h · m²)). Er beschreibt, wie viel Luft pro Stunde (m³/h) bei einer Druckdifferenz von 50 Pa pro m² Gebäudehüllfläche einströmen darf:

$q_{50} \leq 3,0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ (Leckagestrom pro Stunde und pro m² Gebäudehüllfläche)

Die EnEV fordert zudem, dass die wärmeübertragende Umfassungsfläche einschließlich der Fugen dauerhaft luftundurchlässig abgedichtet ist. Ein Grenzwert für die Bauteilanschlussfugen ist in der DIN 4108-2 hinterlegt.

Auch die Vorgehensweise, spezielle Luftdichtheitsanforderungen an die Gebäudehülle zu stellen, ist heute schon gängige Praxis. Die Passivhausbauweise verlangt Luftwechselraten von < 0,6 h⁻¹. In den Bereichen des Brandschutzes mit Brandvermeidungsanlagen (Intertisierung) in großen Lagerhallen und in der Reinraumtechnik wird mit Luftwechselraten teilweise weit unter 0,1 h⁻¹ gearbeitet.

Festlegung des Prüfumfangs

Bei großen Gebäuden wird häufig diskutiert, ob das Gebäude statt als Ganzes auch in Teilen (z. B. brandabschnittsweise) gemessen werden kann. Grundsätzlich sind beide Varianten denkbar. Nach der DIN EN 13829 (Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden) umfasst der zu untersuchende Gebäudeteil alle absichtlich beheizten, gekühlten oder mechanisch belüfteten Räume. Es ist jedoch auch möglich, in Absprache mit dem Auftraggeber Teile des Gebäudes separat zu messen. Die Grenzwerte für die Luftwechselrate (n_{50}) in der EnEV beziehen sich auf das beheizte oder gekühlte Luftvolumen des Gebäudes. Wird das Gebäude abschnittsweise gemessen, muss bei der Beurteilung der Messergebnisse berücksichtigt werden, dass die so gemessene Luftdurchlässigkeit auch Strömungen durch Undichtheiten in benachbarte, beheizte Gebäudeteile (interne Leckagen) enthalten kann.

Abschätzung des Leckagestroms durch große Öffnungen in der Gebäudehülle

Sind in der Gebäudehülle große bleibende Öffnungen wie z. B. die Rauchabzugsöffnung im Fahrstuhlschacht (Bild 3) oder – bei der Messung von Gebäudeteilen – große interne Leckagen vorhanden, kann der Volumenstrom durch diese Öffnungen bei einer Druckdifferenz von 50 Pa grob abgeschätzt werden:



Bild 2. Interne Leckage – Kabeldurchführung in den benachbarten Gebäudeteil



Bild 3. Rauchabzugsöffnung im Fahrstuhlschacht

$$V_{50} \text{ (m}^3/\text{h)} \approx \text{Leckagegröße (cm}^2) \cdot 2$$

Die Grundlage für die Abschätzungsformel ist die Strömung durch ein rundes Loch mit scharfen Kanten in einer dünnen Platte bei einer Druckdifferenz von 50 Pa und einer Dichte der Luft bei 20 °C.

Beispiel: Durch die Entrauchungsöffnung (25 cm × 25 cm) strömt bei 50 Pa ein Volumenstrom von ca. 1250 m³/h. ($V_{50} \approx 25 \text{ cm} \cdot 25 \text{ cm} \cdot 2 \approx 1250 \text{ m}^3/\text{h}$).

Festlegung der Gebläseanzahl

Die Anzahl der notwendigen Gebläse zur Messung der Luftdurchlässigkeit ist von der geforderten Luftdichtheit des Gebäudes und dessen zugehöriger Bezugsgröße (Innenvolumen (V), Nettogrundfläche (A_F) bzw. Hüllfläche (A_E)) abhängig. Der Bedarf an Gebläsen kann wie folgt kalkuliert werden:

1. Feststellung der *Luftdichtheitsanforderung* an das Gebäude: n_{50} , q_{50} oder w_{50}
2. Ermittlung der zugehörigen *Bezugsgröße* (V, A_E, oder A_F) des Gebäudes
3. Ermittlung des *erforderlichen Luftvolumenstroms* ($V_{50, \text{erforderlich}}$), der von der Messeinrichtung zum Nachweis der Luftdichtheitsanforderung mindestens gefördert werden muss. Er ergibt sich aus der Luftdichtheitsanforderung und der zugehörigen Bezugsgröße des Gebäudes.
4. Kalkulation der *Gebläseanzahl*
Aus dem erforderlichen Luftvolumenstrom ($V_{50, \text{erforderlich}}$) und der Förderleistung einer Minnea-

polis BlowerDoor von ca. 7200 m³/h wird die Anzahl der Gebläse ermittelt, die mindestens zur Verfügung gestellt werden müssen.

Beispiel: Für ein Gebäude mit einer Luftdichtheitsanforderung von $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$ und einem Innenvolumen $V = 25000 \text{ m}^3$ errechnet sich der erforderliche Luftvolumenstrom bei 50 Pa ($V_{50, \text{erforderlich}}$) wie folgt:

$$V_{50, \text{erforderlich}} = n_{50} \cdot V = 1,5 \text{ h}^{-1} \cdot 25000 \text{ m}^3 = 37500 \text{ m}^3/\text{h}$$

Für dieses Gebäude muss ein Volumenstrom von 37500 m³/h gefördert werden, um die Anforderungen an die Luftdichtheit des Gebäudes nachweisen zu können. Mit Hilfe der Förderleistung einer Minneapolis BlowerDoor von ca. 7200 m³/h bei 50 Pa wird die Gebläseanzahl berechnet:

$$\text{Gebläseanzahl} = V_{50, \text{erforderlich}} / V_{50, \text{Gebläse}} = 37500 \text{ m}^3/\text{h} / 7200 \text{ m}^3/\text{h} \approx 5$$

Für dieses Gebäude werden 5 Minneapolis BlowerDoor Gebläse benötigt, um die Luftdichtheit nachweisen zu können.

Falls es bleibende große Öffnungen (z. B. Rauchabzugsöffnung im Fahrstuhlschacht) in der Gebäudehülle gibt, ist der zusätzliche Volumenstrom durch diese Öffnungen bei der Bestimmung der Gebläseanzahl zu berücksichtigen.

Baubegehung vor der Messung

Damit die Luftdichtheitsmessung reibungsfrei ablaufen kann, ist es dringend zu empfehlen, sich 1 bis 2 Wochen vor dem Test das Prüfobjekt mit einem Verantwortlichen der Baustelle anzusehen. Auf folgende Punkte sollte geachtet werden:

- Sind die Arbeiten an der Luftdichtheitsebene abgeschlossen?
Häufig sind es gerade die großen unverschlossenen Öffnungen, wie z. B. die Installationsschächte (Bild 4), an denen die Messung scheitern kann.
- Sind vorbereitende Maßnahmen zum Einbau der Geräte notwendig?
Es ist zu klären, ob genügend große Öffnungen zum Einbau der Messgeräte vorhanden sind. Gelegentlich ist es von Vorteil, wenn eine Sonderkonstruktion zum Einbau der Geräte erstellt wird.
- Ist eine Lüftungsanlage vorhanden und kann sie zur Messung abgedichtet werden?
Oft ist es ratsam, dass Fachpersonal die Lüftungsanlagen für die Luftdichtheitsmessung abdichtet, da die Anlagen häufig sehr groß und unüberschaubar sind. Soll das Gebäude in mehrere Messabschnitte aufgeteilt werden und gehen die Leitungen der Lüftungsanlage über diese Abschnitte hinaus, müssen die Rohrleitungen am Übergang zum benachbarten Gebäudeteil abgedichtet werden (Bild 5), damit das Messergebnis nicht verfälscht wird.
- Sind Öffnungen in der Gebäudehülle abzudichten?
Beim Gebäuderundgang können vorhandene Öffnungen (z. B. fehlende Türelemente) in der Gebäudehülle



Bild 4. Nicht verschlossener Installationsschacht in der Gebäudehülle

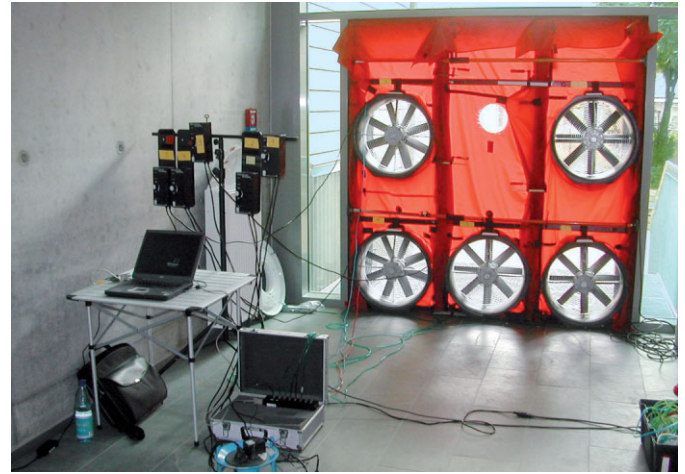


Bild 6. Zentraler Einbau der Messeinrichtung (Fotos 2–6: IngBEU)



Bild 5. Abdichtung der Leitung einer Lüftungsanlage

gesichtet werden. Auch hier ist es sinnvoll, dass Handwerker die Abdichtung dieser großen Öffnungen mit Plattenmaterialien vornehmen. Die Abklebung mit Folien und Klebebändern hält häufig nicht für die Dauer einer Messung.

Einbauort der Messeinrichtung

Die Messeinrichtung sollte möglichst zentral, z. B. im Bereich des Haupttreppenhauses, eingebaut werden. Das

vereinfacht die Steuerung und Kontrolle der Geräte. Bei der Verwendung mehrerer Ventilatoren ist auf eine ausreichende Stromversorgung zu achten. Bei dem zu untersuchenden Gebäude oder dessen Teilbereich sollte sichergestellt sein, dass alle Gebäudeteile miteinander im Luftverbund stehen und das Prüfobjekt als eine Zone betrachtet werden kann. Die Luftströmung muss sich ungehindert in alle Gebäudeteile verteilen können (Türen zu Fluren, Räumen etc. öffnen und evtl. feststellen).

Gebäudevorbereitung

Ein nicht zu unterschätzender Zeitfaktor ist die Gebäudevorbereitung, wie das Öffnen der Innentüren, das Schließen der Fenster und Außentüren sowie die temporären Abdichtungsarbeiten (Bodenabflüsse, Abflüsse im Sanitärbereich usw.). Je mehr Etagen und Einzelräume bzw. Wohnungen das Gebäude besitzt, desto mehr Laufarbeit muss geleistet werden, um das Gebäude zur Messung zu präparieren. Der Zeitaufwand kann dadurch minimiert werden, dass ausreichend Fachpersonal zur Messung eingeplant wird.

Druckdifferenz 50 Pa +/-10% in allen Gebäudeteilen

Im Anschluss an die Gebäudevorbereitung wird überprüft, ob im gesamten Gebäude eine gleichmäßige Druckverteilung erreicht wird, wenn die Messeinrichtung eine kon-

Elektro-Spezial-Messgerätebau

Das komplette Messgeräte-Programm aus einer Hand. Verlangen Sie unsere Spezial-Prospekte!

Material- und Luft-Feuchtigkeitsmesser

Temperatur-Messgeräte

Schallpegelmesser





K.P. Mündinger GmbH Elektro-Spezial-Messgerätebau
Lehenbühlstraße 9
71272 Renningen
Telefon (0 71 59) 93 67 00 Telefax (0 71 59) 93 67 07

www.aqua-boy.de
k.p.mueendinger@t-online.de



Aqua-Boy

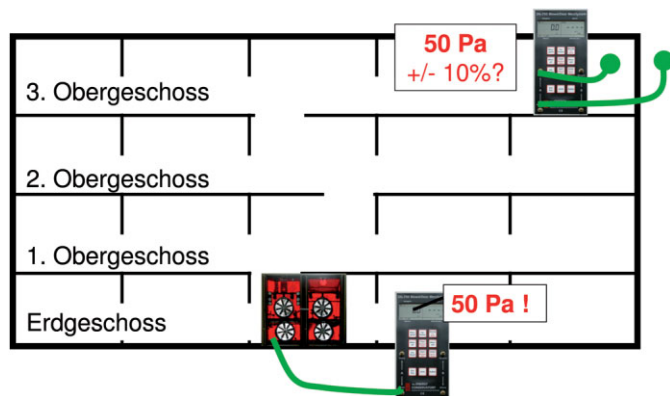


Bild 7. Überprüfung der Druckverteilung im Gebäude (Grafik: BlowerDoor GmbH)



Bild 8. Leckageortung an höher gelegenen Bauteilen mit Hilfe des Rollgerüsts (Foto: IngBEU)

stante Druckdifferenz (möglichst 50 Pa) erzeugt. Die Druckunterschiede im Inneren sollten weniger als 10% von der gemessenen Druckdifferenz zwischen innen und außen abweichen. Diese Anforderung wird überprüft, indem die Druckunterschiede zwischen den Räumen untereinander verglichen werden oder indem mit einem separaten Messgerät die Druckdifferenz zwischen innen und außen geprüft wird (Bild 7). Hierzu wird als Verbindung nach außen eine Kupferkapillare in einen Fensterspalt eingeklemmt. Ist der Druckabfall in einem Gebäudeteil so stark, dass er den Grenzwert von 10% überschreitet, muss eines der Gebläse in diesem Bereich eingesetzt werden. Eine Ursache für einen starken Druckabfall sind verhältnismäßig viele bzw. große Leckagen in dem betreffenden Gebäudeteil. Als weitere Ursache kommen ungenügend große Strömungswege in Frage.

Leckageortung an höher gelegenen Bauteilen

Bei der anschließenden Ortung von Leckagen ist es gegebenenfalls notwendig, auch an höher gelegenen Bauteilen Luftströme zu untersuchen. Es ist zweckmäßig, schon vor der Messung mit dem Auftraggeber abzustimmen, dass dazu Rollgerüste, Hubwagen oder Leitern zur Verfügung stehen. Der Einsatz von Infrarotthermografie ist bei deutlichen Differenzen zwischen Innen- und Außentemperatur

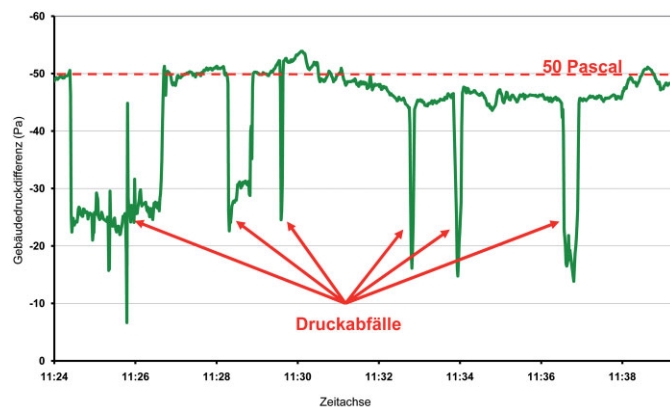


Bild 9. Abfallen der Druckdifferenz durch Öffnen von Türen und Fenstern (Grafik: BlowerDoor GmbH)

sinnvoll. Mit der Thermografie können schnell Anomalien aufgedeckt werden, die anschließend zielgerichtet auf Leckagen hin untersucht werden können.

Messunterbrechung durch ungewolltes Öffnen von Türen und Fenstern

Die Luftdichtheitsmessung kann nur durchgeführt werden, wenn zum Messzeitpunkt alle Außentüren und Fenster geschlossen bleiben. Trotz Information aller am Bau Beteiligten und der Festsetzung von regelmäßigen Messpausen, um z. B. Material ins Gebäude zu transportieren, werden diese Regelungen häufig umgangen, wenn Termindruck herrscht. In diesen Fällen ist eine Messung in der Nacht oder am Wochenende empfehlenswert.

Bild 9 wurde während einer Leckageortung aufgezeichnet. Zum Auffinden von Undichtheiten in der Gebäudehülle ist ein konstanter Unterdruck von ca. 50 Pa notwendig. Innerhalb eines Zeitraumes von knapp 20 min ist der Druck 6 Mal, zeitweise über Minuten, durch das Öffnen von Fenster und Türen, zusammengefallen. Anstelle von Undichtheiten wurden bei dieser Messung die Verursacher des Druckabfalls gesucht.

Aufnahme der Messreihen nach DIN EN 13829

Nach Beendigung der Leckageortung werden die Messreihen bei Unter- und Überdruck nach DIN EN 13829 aufgenommen. Die Volumenströme der einzelnen Gebläse werden zu einem Gesamtvolumenstrom addiert und anschließend in Bezug zum Gebäudedruck gesetzt. Die Ermittlung des Volumenstromes (V_{50}) und der Kennwerte (n_{50} , q_{50} oder w_{50}) geschieht mit Hilfe von Programmen zur Auswertung der Messung mit mehreren Gebläsen [5].

Messergebnisse

Die Messergebnisse großer Gebäude halten fast immer die Anforderungen an die Luftwechselraten (n_{50}) aus der EnEV ein. Die n_{50} -Werte sind häufig wesentlich niedriger als bei kleineren Gebäuden (Tab. 1). Diese scheinbar besseren Ergebnisse haben i. d. R. zwei Ursachen. Die Anzahl der Anschlusspunkte pro m^2 Hüllfläche, also mögliche kritische Punkte, sind bei großen Gebäuden meistens geringer als bei kleinen Gebäuden. Zudem ergeben sich auf-

grund des kleinen A/V-Verhältnisses (Oberfläche/Volumen-Verhältnis) bei großen Gebäuden niedrigere Luftwechselraten. Einem großen Innenvolumen steht im Verhältnis eine kleine Gebäudehüllfläche, über die die Luft eindringen oder entweichen kann, gegenüber. (Tab. 1) Auf Grund dieser Erfahrungswerte ist es sinnvoll, bei großen Gebäuden andere Grenzwerte als die in der EnEV vorgeschriebenen Luftwechselraten (n_{50}) anzusetzen. Um eine dem Einfamilienhaus (Gebäude ohne Lüftungsanlage mit einem A/V-Verhältnis von ca. 1) entsprechende Qualität der Gebäudehülle zu erreichen, sollte mindestens der empfohlene Grenzwert der Luftdurchlässigkeit aus der DIN 4108-7 mit $q_{50} \leq 3 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ angesetzt werden. In diesem Sinne sollte über weitere Grenzwerte diskutiert werden:

große Gebäude mit raumluftechnischen Anlagen:
 $q_{50} \leq 1,5 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$

große Gebäude in Passivhausbauweise:
 $q_{50} \leq 0,6 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$

Zusammenfassung

Die Luftdichtheitsmessung großer Gebäude hat in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Und das nicht nur, weil die Anforderungen an die Luftdichtheit in der EnEV verankert sind und die Passivhausbauweise die Machbarkeit energieeffizienter und architektonisch ansprechender Gebäude dokumentiert, sondern auch, weil es zunehmend Sonderanforderungen an die Gebäudehülle gibt: Beispielsweise wird für die Brandvermeidung in großen Hallen eine extrem gute Dichtheit der Gebäudehülle verlangt und in der Reinraumtechnik ist die umgebende Bauhülle definiert luftdurchlässig zu erstellen.

Die Kombination mehrerer Ventilatoren zur Messung großer Volumina ist heute europaweit gängige Praxis. Durch Zu- und Abschalten einzelner Geräte kann stufenlos jeder Volumenstrom mit einer definierten Genauigkeit erzielt werden. Auch die Möglichkeit, die Messgeräte flexibel im Gebäude verteilen zu können, falls die Druckverteilung im Gebäudeinneren nicht gleichmäßig ist, ist ein großer Vorteil dieser Messart.

Damit der Zeit- und Personalaufwand für die Messung in Grenzen gehalten wird, ist eine sorgfältige Vorbereitung und Organisation notwendig. Gerade bei großen Gebäuden ist eine Baustellenbegehung vor der Messung sinnvoll. Der Zustand der luftdichten Ebene kann beurteilt, die möglichen Einbauorte der Messeinrichtung können gesichtet und die temporären Abdichtungen (z. B. Lüftungsanlage) festgestellt werden. Auf Basis dieses Wissens wird der Messtermin festgelegt, der bei Termin- druck häufig auch in die Nacht oder auf das Wochenende fällt.

Die Durchführung der Messung erfordert bei der Gebäudevorbereitung und der Leckageortung (z. B. mit Rollgerüst in Hallen) mitunter viel Lauf-, Kletter- und damit Zeitaufwand. Wird diese Arbeit planmäßig auf mehrere Fachleute verteilt, erspart das Zeit und die Messdauer kann, je nach Gebäudegröße, auf einen halben bis ganzen Tag beschränkt werden. Die Ermittlung eines Kennwertes aus einer Unter- und Überdruckmessreihe wird mit spe-



Miniatur-Datenlogger zur Registrierung von Klima-Daten

ONSET bietet preisgünstige, batteriebetriebene Miniatur-Datenlogger zur Aufzeichnung des Klimas im Innen- und Aussenbereich. Sie bieten bis zu 15 Messeingänge und sind auch als Wetterstation verfügbar. Durch die digitale Speicherung der Daten ist die Übertragung an den PC zur Auswertung besonders einfach. Mit Ausnahme der Batterie fallen keinerlei Betriebskosten an.



Registrierung des Raumklimas

- integrierte Fühler für Temperatur und Luftfeuchte
- externe Messfühler anschließbar
- hohe Messgenauigkeit durch 12 Bit Auflösung
- speichert bis zu 43.000 Messwerte in einstellbaren Zeitabständen
- erfasst auch Messgrößen über externe Sensoren
- ideal für Museen, Wohnungen, Lager- und Fertigungsräumen, Bausanierung und baubiol. Untersuchungen



Klimaerfassung im Aussenbereich

- absolut robust und wetterfest
- mit internen oder externen Fühlern für Temperatur und Luftfeuchte
- hohe Zuverlässigkeit durch austauschbare Fühler
- langlebige Batterien ermöglichen 2 Jahre Aufzeichnungsdauer
- störungsfreies Auslesen über optische USB-Schnittstelle
- Vielseitig einsetzbar für Denkmalschutz, Sanierung und baubiol. Untersuchungen



Wetterstation mit intelligenten Sensoren

- absolut wetterfest
- autarke Energieversorgung über Solarpanel
- arbeitet mit einer Vielzahl intelligenter Sensoren
- Auslesen der Messwerte über Datensammler oder USB-Interface, Online-Zugriff auf Messdaten im Internet über Ethernet- oder WLAN-Interface
- Ideal für Gebäudemanagement und Wetter/Klima-Registrierung

Fordern Sie unseren Gesamtkatalog „Miniatur-Datenlogger der Hobo-Serie“ an!



synOTECH
Sensor und Meßtechnik GmbH

Synotech GmbH

Tel.: 0 24 62 / 99 19-0

Fax: 0 24 62 / 99 19-79

info@synotech.de • www.synotech.de

Tabelle 1. Messergebnisse aus den Luftdichtheitsmessungen großer Gebäude

Gebäudedaten	Bezugsgrößen	Anforderung	Messergebnis
Industriehalle Braunschweig, Deutschland Baujahr: 2002 Holzkonstruktion	$V = 47000 \text{ m}^3$	$n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ Passivhaus	$n_{50} = 0,27 \text{ h}^{-1}$ Einbau: 4 BlowerDoor-Gebläse Messung: 2 BlowerDoor-Gebläse
Bürogebäude, Hamm, Deutschland Baujahr: 2003 Massivbauweise	$V = 31500 \text{ m}^3$	$n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$	$n_{50} = 0,3 \text{ h}^{-1}$ Einbau: 3 BlowerDoor-Gebläse Messung: 2 BlowerDoor-Gebläse
Hochregallager Marl, Deutschland Baujahr: 2004 Stahlkonstruktion mit Sandwichelementen	$V = 190000 \text{ m}^3$	$n_{50} \leq 0,02 \text{ h}^{-1}$ Sondernachweis für eine Brandvermeidungsanlage	$n_{50} = 0,014 \text{ h}^{-1}$ Einbau: 2 BlowerDoor-Gebläse Messung: 1 BlowerDoor-Gebläse
Bibliothek Cottbus, Deutschland Baujahr: 2006 Glassfassade und Massivbauweise	$V = 45300 \text{ m}^3$ $A_E = 9900 \text{ m}^2$	$n_{50} \leq 1,0 \text{ h}^{-1}$ Sonderregelung aufgrund der Lüftungsanlage	$n_{50} = 0,42 \text{ h}^{-1}$ $q_{50} = 1,9 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ Einbau: 6 BlowerDoor-Gebläse Messung: 3 BlowerDoor-Gebläse
Verwaltungsgebäude Garching, Deutschland Baujahr: 2007 Massivbauweise und Glasfassade	$V = 86000 \text{ m}^3$ $A_E = 12000 \text{ m}^2$	$n_{50} \leq 3 \text{ h}^{-1}$	$n_{50} = 0,5 \text{ h}^{-1}$ $q_{50} = 3,3 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ Einbau: 10 BlowerDoor-Gebläse Messung: 7 BlowerDoor-Gebläse
Krankenhaus, Prizren, Kosovo Baujahr: 2007 Massivbauweise	$V = 12000 \text{ m}^3$ $A_E = 5000 \text{ m}^2$	$n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$	$n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ $q_{50} = 1,5 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ Einbau: 2 BlowerDoor-Gebläse Messung: 1 BlowerDoor-Gebläse
Produktionhalle Linz, Österreich Baujahr: 2008 Holzkonstruktion	$V = 160000 \text{ m}^3$	$n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$	$n_{50} = 0,08 \text{ h}^{-1}$ Einbau: 3 BlowerDoor-Gebläse
Verwaltungsgebäude Kopenhagen, Dänemark Baujahr: 2008 Glasfassade	$V = 66000 \text{ m}^3$ $A_F = 9900 \text{ m}^2$	$w_{50} \leq 1,5 \text{ l/s/m}^2$ dänische Anforderung	$w_{50} = 1,25 \text{ l/s/m}^2$ $n_{50} = 0,68 \text{ h}^{-1}$ $q_{50} = 5,7 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ Einbau: 8 BlowerDoor-Gebläse
Schwimmbad Drammen, Norwegen Baujahr: 2008 Glasfassade	$V = 68370 \text{ m}^3$	keine Angabe	$n_{50} = 0,31 \text{ h}^{-1}$ Einbau: 4 BlowerDoor-Gebläse

ziellen Programmen und Auswertehilfen durchgeführt und stellt den geringsten Aufwand bei der Messung dar.

Luftdichtheitsmessungen in großen Gebäuden sind heute gut zu bewältigen. Voraussetzung für den reibungs-freien Ablauf der Messung ist eine gute Vorbereitung und Organisation sowie die Unterstützung von kompetenten Kollegen und Partnern während der Messung.

Literatur

- [1] Norm DIN 4108-7:2001-08: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Luftdichtheit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele.
- [2] Norm DIN EN 13829:2001-02. Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren (ISO 9972:1996, modifiziert); deutsche Fassung EN 13829:2000

[3] Energieeinsparverordnung 2007 (EnEV 2007) – Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden. Bundesgesetzblatt, BGBl I Nr. 34 vom 26.7.2007, S. 1519-1563.

[4] DIN 4108-2:2003-06: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Mindestanforderungen an den Wärmeschutz.

[5] Dorschky, S. et al.: BlowerDoor Messung großer Gebäude. Bauphysik 27 (2005), H. 6, S. 378–382.

Weitere Informationen:

BlowerDoor GmbH MessSysteme für Luftdichtheit,
Energie- und Umweltzentrum 1, 31832 Springe,
Tel. (05044) 97540, Fax (05044) 97544,
info@blowerdoor.de, www.blowerdoor.de