

DIN EN ISO 9972



ICS 91.120.10

Ersatz für
DIN EN ISO 9972:2015-12

**Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden –
Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden –
Differenzdruckverfahren (ISO 9972:2015);
Deutsche Fassung EN ISO 9972:2015**

Thermal performance of buildings –
Determination of air permeability of buildings –
Fan pressurization method (ISO 9972:2015);
German version EN ISO 9972:2015

Performance thermique des bâtiments –
Détermination de la perméabilité à l'air des bâtiments –
Méthode de pressurisation par ventilateur (ISO 9972:2015);
Version allemande EN ISO 9972:2015

Gesamtumfang 60 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)



Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 9972:2015) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 163 „Thermal performance and energy use in the built environment“, Unterkomitee SC 1 „Test and measurement methods“, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 89 „Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen“ (Sekretariat: SIS, Schweden) unter deutscher Mitwirkung erstellt.

Der für die deutsche Mitarbeit zuständige Arbeitsausschuss ist der als Spiegelausschuss zu diesem Projekt eingesetzte Arbeitsausschuss NA 005-56-93 AA „Luftdichtheit“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Der nationale Anhang ist in folgende Teile untergliedert:

- a) Nationaler Anhang NA (normativ) „Ergänzende nationale Festlegungen“;
- b) Nationaler Anhang NB (informativ) „Stichprobenmessung“;
- c) Nationaler Anhang NC (informativ) „Ausgleichsrechnung und Fehlerrechnung“;
- d) Nationaler Anhang ND (informativ) „Literaturhinweise“.

Der nationale Anhang NA (normativ) „Ergänzende nationale Festlegungen“ legt ergänzende nationale Festlegungen fest und ist nur gemeinsam mit dem Hauptteil der DIN EN ISO anwendbar.

Der nationale Anhang NB (informativ) „Stichprobenmessung“ beschreibt eine Möglichkeit der Auswertung von Stichprobenmessungen unabhängig vom Hauptteil der DIN EN ISO.

Der nationale Anhang NC (informativ) „Ausgleichsrechnung und Fehlerrechnung“ bietet eine optionale Alternative zur Empfehlung in Anhang C des Hauptteils der DIN EN ISO.

Der nationale Anhang ND (informativ) „Literaturhinweise“ verweist auf nationale Dokumente im Zusammenhang mit der DIN EN ISO.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 7345 siehe DIN EN ISO 7345

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 9972:2015-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aktualisierung des Nationalen Vorworts und Nationalen Anhangs;
- b) redaktionelle Änderungen.

Frühere Ausgaben

DIN EN 13829: 2001-02
DIN EN ISO 9972: 2015-12

Nationaler Anhang NA (normativ)

Ergänzende nationale Festlegungen

NA.1 Allgemeines

Der nationale Anhang ist nur gemeinsam mit dem Hauptteil der Norm anwendbar und beschreibt ergänzende nationale Festlegungen für das Messverfahren für die Überprüfung der Luftdichtheit aufgrund von öffentlich-rechtlichen Anforderungen. Insbesondere beschreibt er im Abschnitt NA.5 die nationalen Anforderungen der Gebäudevorbereitung für Verfahren 3 dieser Norm.

ANMERKUNG Luftdurchlässigkeitsmessungen für andere Anwendungen, z. B. für die Abnahme der Arbeit einzelner Gewerke, oder für die Ursachenklärung bei Bauschäden, entsprechen oft nicht den Anforderungen dieser Norm, z. B. im Hinblick auf den Messzeitpunkt oder die Gebäudevorbereitung.

NA.2 Symbole und Abkürzungen

NA.2.1 zu 3.2 Symbole

Für den nationalen Anhang gelten außer den Symbolen aus 3.2 dieser Norm auch die nachfolgend aufgeführten Symbole:

Symbol	Größe	Einheit
A_{NRF}	Netto-Raumfläche	m^2
h_R	Raumhöhe (R: Raum)	m
n_{L50}	Netto-Luftwechselrate bei 50 Pa (L: Luft)	h^{-1}
n_{L50A}	Netto-Luftwechselrate bei 50 Pa bei abschnittswiseiger Messung (A: Abschnitt)	h^{-1}
n_{L50G}	Netto-Luftwechselrate bei 50 Pa bei Schutzdruck (G: Guard Zone)	h^{-1}
n_{L50S}	Netto-Luftwechselrate bei 50 Pa für das durch die Stichprobe repräsentierte Gebäude bzw. den repräsentierten Gebäudeteil (S: Stichprobe)	h^{-1}
N_{min}	Mindestumfang der Stichprobe	—
q_{50A}	Leckagestrom bei 50 Pa bei abschnittswiseiger Messung	m^3/h
q_{50G}	Leckagestrom bei 50 Pa mit Schutzdruck (G: Guard Zone)	m^3/h
q_{E50A}	Luftdurchlässigkeit bei 50 Pa bei abschnittswiseiger Messung (E: envelope)	$m^3/(h \cdot m^2)$
q_{E50S}	Luftdurchlässigkeit bei 50 Pa für das durch die Stichprobe repräsentierte Gebäude bzw. den repräsentierten Gebäudeteil	$m^3/(h \cdot m^2)$
q_{env}	Luftvolumenstrom durch die Gebäudehülle (env: envelope)	m^3/h
V_L	Luftvolumen	m^3

NA.2.2 Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
ALD	Außenbauteil-Luftdurchlass (früher: Außenwand-Luftdurchlass, davor: Außenluftdurchlass)
ATD	Index für Außenbauteil-Luftdurchlass (en: Air Transfer Device)
BaRL	Bauaufsichtliche Richtlinie zur Lüftung fensterloser Küchen, Bäder und Toiletten

NA.3 zu 5.1.2 Messumfang

In die Messung sind alle Räume einzubeziehen, die innerhalb der wärmeübertragenden Umfassungsfläche liegen, d. h. die Messung umfasst alle beheizten oder gekühlten (thermisch konditionierten) Räume. Dazu zählen auch Räume innerhalb der thermischen Gebäudehülle, in denen keine Heizquelle installiert ist, weil sie durch angrenzende Räume indirekt mit beheizt werden.

Bei Gebäuden, für die eine energetische Bewertung nach DIN V 18599 durchgeführt wurde, umfasst der zu untersuchende Gebäudeteil alle Räume innerhalb der Systemgrenzen bzw. Bilanzgrenzen nach DIN V 18599-2.

Räume, die nur von außen zugänglich sind und deshalb nicht durch Öffnen von Innentüren in den Messumfang einbezogen werden können, dürfen von der Messung ausgenommen werden, sofern das Luftvolumen dieser Räume zusammen nicht mehr als 5 % des Luftvolumens nach Abschnitt NA.8 beträgt. In anderen Fällen ist nach Abschnitt NA.10 vorzugehen.

Nebenräume, für die z. B. aus Sicherheitsgründen eine nicht verschließbare Lüftungsöffnung vorgeschrieben ist, z. B. Heizräume, Batterieräume, Aufstellräume von Kälteanlagen, werden von der Messung ausgeschlossen, indem die Türen zu diesen Räumen geschlossen werden.

Die Berechnung der Bezugsgrößen in Fällen, bei denen einzelne Räume von der Messung ausgenommen werden, ist in Abschnitt NA.8 beschrieben.

NA.4 zu 5.1.3 Messzeitpunkt

Nach 5.1.3 kann die Messung erst stattfinden nachdem die Gebäudehülle fertiggestellt ist, d. h. die Prüfung der Gebäudehülle kann erst stattfinden, wenn die Luftdichtheit der Gebäudehülle inklusive aller Durchdringungen fertig gestellt ist.

Luftdichtheitsschichten müssen so befestigt bzw. mechanisch gesichert sein, dass sie durch die Messung nicht beschädigt werden.

ANMERKUNG 1 Im Hinblick auf gegebenenfalls notwendige Nachbesserungen der Luftdichtheit ist es sinnvoll, einen Zeitpunkt zu wählen, an dem die Luftdichtheitsschicht weitgehend zugänglich ist. Um einen möglichst frühen Messzeitpunkt zu ermöglichen, ist es nach Tabelle NA.2, Nr.9 zulässig, die Messung durchzuführen, auch wenn bestimmte technische Einrichtungen noch nicht eingebaut sind.

ANMERKUNG 2 Gewisse Materialien und Verbindungsmittel der Luftdichtheitsschichten benötigen Aushärte- und Abbindezeiten.

ANMERKUNG 3 Bei Luftdichtheitsschichten aus Bahnen verhindert eine zum Zeitpunkt der Messung schon angebrachte Lattung ein Abreißen der Bahnen.

NA.5 zu 5.2 Vorbereitung

NA.5.1 Allgemeines

Die Gebäudevorbereitung für eine messtechnische Prüfung erfolgt nach 5.2.1, Verfahren 3, dieser Norm. Für das Verfahren 3 werden die nachfolgend und in den Tabellen NA.1 bis NA.3 beschriebenen Festlegungen getroffen.

NA.5.2 zu 5.2.2 Heizungs-, Lüftungs- und Klima-Anlagen und weitere haustechnische Anlagen

Zusätzlich zu den in 5.2.2 aufgeführten Anlagen wird empfohlen, auch raumluftunabhängige Heizungsanlagen auszuschalten, um Gefährdungen durch Abgase zu vermeiden.

ANMERKUNG Um Fehlalarme zu vermeiden kann es sinnvoll sein, Rauchmeldeanlagen usw. während der Messung auszuschalten.

NA.5.3 zu 5.2.3 Absichtlich vorhandene Öffnungen in der Gebäudehülle

Die Vorbereitung von absichtlich vorhandenen Öffnungen in der Gebäudehülle erfolgt nach Verfahren 3 der Tabelle 1. Die folgenden nationalen Festlegungen wurden so gewählt, dass das Messergebnis in die Infiltrationsberechnung nach DIN V 18599-2:2018-09, 6.3.1.2, übernommen werden kann. Bei freier Lüftung über Außenbauteil-Luftdurchlässe ist $f_{\text{ATD}} = 1$, weil der Volumenstrom über die Luftdurchlässe im Messergebnis nach dieser Norm schon enthalten ist.

Fenster, Außentüren und Luken in der Umfassungsfläche des zu untersuchenden Gebäudeteils sind zu schließen.

Öffnungen in der Gebäudehülle, die nicht zur Lüftung vorgesehen sind, z. B. ein in der Außentür eingebauter Briefkasten, sind zu schließen.

Öffnungen, die nach diesem Abschnitt zu schließen sind, aber keine Vorrichtung zum Schließen aufweisen, bleiben unverändert (z. B. Briefeinwurfschlitze).

Öffnungen für freie Lüftung sind zu schließen (z. B. verschließbare Außenbauteil-Luftdurchlässe für freie Lüftung).

Öffnungen von ventilatorgestützten Lüftungs- und Klimaanlage, die bei bestimmungsgemäßem Betrieb während der Heizzeit ununterbrochen in Betrieb sind, werden abgedichtet, sofern sie nicht durch (Jalousie-) Klappen in Außen- und Fortluft verschlossen sind. Folgendes ist abzudichten:

- die Hauptleitungen vor oder hinter den Ventilatoren
- oder die Außen- und Fortluftdurchlässe
- oder alle einzelnen Zu- und Abluftdurchlässe.

Bei Abluftanlagen nach DIN 1946-6 sind außerdem die Außenbauteil-Luftdurchlässe abzudichten bzw. zu schließen.

Ventilatorgestützte Anlagen, die während der Heizzeit nur zeitweise in Betrieb sind, werden nach 5.2.2 dieser Norm ausgeschaltet.

Feuer- und Rauchschutzvorrichtungen müssen sich in ihrer üblichen Nutzungsstellung befinden.

Weitere Festlegungen und Beispiele für die Gebäudepräparation sind in Tabelle NA.1 bis Tabelle NA.3 enthalten.

Tabelle NA.1 — Präparation von Bauteilen der Gebäudehülle

Nr.	Bauteil, Öffnung, Einbau usw.	Präparation nach Verfahren 3
1	Außentüren, Fenster, Dachflächenfenster	Schließen
2	Innentüren	Öffnen
3	Aufzugtüren	Schließen (Bleiben geschlossen)
4	Fenster in Räumen außerhalb des zu untersuchenden Gebäudeteils	Schließen (falls zugänglich)
5	Klappen, Türen, Luken zu Abstellräumen, Abseiten, Spitzböden innerhalb der Systemgrenze	Öffnen
6	Klappen, Türen, Luken zu Gebäudebereichen außerhalb der Systemgrenze (z. B. Garage, Abstellraum, Abseite, Spitzboden)	Schließen
7	Tür zum unbeheizten, d. h. außerhalb der Systemgrenze liegenden, Keller, Kellerflur, Kellertreppenabgang	Schließen
8	Schlüssellocher	keine Maßnahme
9	Einbauten in der abgehängten Decke	keine Maßnahme

ANMERKUNG Schließen $\hat{=}$ zu $\hat{=}$ verschlossen: eine Öffnung mit der an der Öffnung vorhandenen Schließvorrichtung in die geschlossene Stellung bringen, ohne die Luftdichtheit der Öffnung zusätzlich zu erhöhen. Falls keine Schließvorrichtung vorhanden ist, bleibt die Öffnung unverändert.

Öffnen $\hat{=}$ auf $\hat{=}$ geöffnet

Abdichten $\hat{=}$ Abkleben $\hat{=}$ Verschließen einer Öffnung mit einem angemessenen Hilfsmittel (Klebeband, Ballblase, Stopfen usw.)

Systemgrenze $\hat{=}$ Hüllfläche, die der energetischen Berechnung zugrunde gelegt wurde $\hat{=}$ wärmeübertragende Umfassungsfläche (siehe Anhang NA.3)

Externe elektronische Auslegestelle-Beuth-Hochschulbibliothekszenstrum des Landes Nordrhein-Westfalen (HBZ)-KdNr.-227109-ID:16ROYBOD2DHDFJQE8NL7XSNB.2-2019-08-19 12:40:02

Tabelle NA.2 — Präparation von Öffnungen, die nicht für die Lüftung vorgesehen sind

Nr.	Bauteil, Öffnung, Einbau usw.	Präparation nach Verfahren 3
1	Kanalbelüftungsventile	keine Maßnahme ^a
2	Leerrohre zu unbeheizten Bereichen (z. B. für nachträgliche Montage von Solaranlagen)	keine Maßnahme
3	Rolladengurtdurchführungen	keine Maßnahme
4	Klappen des Wäscheschachts zum unbeheizten Gebäudeteil	Schließen
5	Briefkastenklappen, -schlitze, Katzenklappen	Wenn schließbar, dann schließen, sonst keine Maßnahme
6	zentrale Staubsaugeranlage	keine Maßnahme
7	Fahrschachtbelüftung von Aufzügen, Rauch- und Wärmeabzug (RWA)	Wenn schließbar, dann schließen, sonst keine Maßnahme
8	Wäschetrockner im untersuchten Gebäudeteil mit Abluft nach außen	Schließen (Wäschetrockner)
9	Durchdringungen der luftdichten Ebene für Wäschetrockner, Dunstabzugshauben und Kaminöfen (wenn Geräte noch nicht vorhanden sind)	Abdichten
10	Deckel von Schächten mit Pumpen, Installationen	Schließen
11	Fugen im Absenkboden für Ladebuchten in Lagerhallen	keine Maßnahme
12	Raumluftabhängige Feuerstätten für feste Brennstoffe, Öl und Gas (Öfen, Herde, Kamine, Durchlauferhitzer)	Klappen schließen, Asche entfernen, sonst keine Maßnahme
13	Nachströmöffnung für die Ablufthaube bzw. Verbrennungsluftversorgung	Wenn schließbar, dann schließen, sonst keine Maßnahme
14	Öffnung „Zuluft“ in anlagentechnischen Räumen, wie z. B. im Heizungsraum oder Brennstofflager innerhalb der Systemgrenze	Tür schließen und betroffenen Raum nicht in die Messung einbeziehen
15	im zu untersuchenden Gebäudeteil angeordnete Hinterlüftungsöffnung von Schornsteinen	keine Maßnahme
ANMERKUNG Siehe Tabelle NA.1		
^a Darf abgedichtet werden (unter Messrandbedingungen sind diese Öffnungen selbsttätig dicht schließend)		

Tabelle NA.3 — Präparation von Bauteilen der Lüftung

Nr.	Zuordnung	Bauteil, Öffnung, Einbau etc.	Präparation nach Verfahren 3
1	freie Lüftung	Außenbauteil-Luftdurchlässe (ALD) ^a für die freie Lüftung	Wenn schließbar, dann schließen, sonst keine Maßnahme
2		Außenbauteil-Luftdurchlässe (ALD) ^a als Nachströmöffnung für Entlüftungsanlagen nach DIN 18017-3 oder BaRL	Wenn schließbar, dann schließen, sonst keine Maßnahme
3	Bauteile für ventilatorgestützte Lüftung oder Klimatisierung, die <u>permanent</u> betrieben werden ^b	Einzelventilatoren, Abluftdurchlässe sowie Außenbauteil-Luftdurchlässe (ALD) für Abluftanlagen nach DIN 1946-6	Abdichten bzw. schließen ^c
4		Zuluftventilatoren (z. B. zur Schalldämmlüftung) zur Belüftung einzelner Räume	Abdichten
5		Zu- und Abluftdurchlässe oder Außen- und Fortluftdurchlässe von Zu- und Abluftanlagen zur Wohnungslüftung nach DIN 1946-6	Abdichten
6		RLT-Anlagen im Nichtwohnungsbau, die während der Heizzeit ständig in Betrieb sind	Abdichten oder Jalousieklappen schließen ^c
7	Bauteile für ventilatorgestützte Lüftung oder Klimatisierung, die <u>zeitweise</u> genutzt werden ^b	Einzelventilatoren, Abluftdurchlässe für Entlüftungsanlagen nach DIN 18017-3 oder BaRL	Wenn schließbar, dann schließen, sonst keine Maßnahme
8		RLT-Anlagen im Nichtwohnungsbau	Ausschalten
9		sonstige Anlagen mit Ventilatoren, die während der Heizzeit nicht ununterbrochen im Betrieb sind	Ausschalten
<p>ANMERKUNG Permanent: \triangleq bestimmungsgemäße Nutzung über 24 h. 7 Tage während der Heizperiode (z. B. Wohnungslüftungsanlage); diese Lüftungssysteme werden üblicherweise als RLT Anlagen in der Primärenergiebedarfsberechnung berücksichtigt.</p> <p>Zeitweise \triangleq bestimmungsgemäß nicht permanenter Betrieb während der Heizperiode</p> <p>BaRL \triangleq Bauaufsichtliche Richtlinie zur Lüftung fensterloser Küchen, Bäder und Toiletten</p> <p>Weitere Erläuterungen siehe Tabelle NA.1.</p>			
<p>^a Dazu zählen auch in der Fensterfuge montierte Fensterfalzlüfter.</p> <p>^b Soweit die jeweilige technische Einrichtung (z. B. RLT, Wohnungslüftungsanlage, Ventilator) zum Messzeitpunkt noch nicht eingebaut ist, wird die dafür vorgesehene Öffnung abgedichtet.</p> <p>^c Wird der Anforderungswert bei Verschließen nicht erreicht, muss abgedichtet werden.</p>			

Externe elektronische Auslegestelle-Beuth-Hochschulbibliothekszenentrum des Landes Nordrhein-Westfalen (HBZ)-KdNr.-227109-ID.16ROYBOD2DHDFFQF8NL7XSNB.2-2019-08-19 12:40:02

NA.5.4 zu 5.2.4 Öffnungen innerhalb des untersuchten Gebäudeteils und 5.2.5 Luftfördereinrichtung

Damit sich das/der zu prüfende Gebäude oder Gebäudeteil wie eine Zone verhält, muss die Anordnung der Luftfördereinrichtung bzw. -einrichtungen und das Öffnen der Innentüren so erfolgen, dass innen ein gleichmäßiger Druck erreicht wird. Druckunterschiede innen dürfen nicht mehr als 10 % der Druckdifferenz zwischen innen und außen betragen.

ANMERKUNG 1 Insbesondere bei großen oder komplexen Gebäuden besteht das Risiko, dass diese Bedingung nicht erfüllt ist. Sie kann überprüft werden, indem während der vorausgehenden Prüfung die Druckunterschiede zwischen verschiedenen Räumen gemessen werden.

ANMERKUNG 2 Der maximale Volumenstrom eines typischen Gebläses von 7 000 m³/h erzeugt an einer Türöffnung mit einer Öffnungsfläche von 2 m² einen Druckabfall von 1 Pa bis 2 Pa. Bei einem Gebäudedruck von 50 Pa ist das akzeptabel. Beim doppelten Volumenstrom entsteht der vierfache Druckabfall – bei diesem Beispiel rund 6 Pa. Damit ist die Anforderung von nicht mehr als 10 % nicht erfüllt.

NA.6 zu 5.3.1 Vorausgehende Prüfung

Bei der vorausgehenden Prüfung nach 5.3.1 ist zusätzlich zu prüfen, ob unzulässige provisorische Abdichtungen vorhanden sind. Unzulässige provisorische Abdichtungen müssen entfernt werden.

Um das Ausmaß von Undichtheiten beurteilen zu können, empfiehlt es sich, die vorausgehende Prüfung immer bei der gleichen Druckdifferenz von 50 Pa Unterdruck durchzuführen. Wird die Vorprüfung bei 50 Pa durchgeführt, ist sicherzustellen, dass sich bei der höchsten gemessenen Druckdifferenz keine Änderungen an den provisorisch abgedichteten Öffnungen ergeben.

NA.7 zu 5.3.4 Differenzdruck-Messreihe

Bei Messungen im Zusammenhang mit öffentlich-rechtlichen Anforderungen in Deutschland muss sowohl eine Messreihe bei Unter- als auch eine Messreihe bei Überdruck durchgeführt und in die Auswertung einbezogen werden.

Die Differenzdruck-Messreihe muss immer bis zu einem Gebäudedruck von mindestens 50 Pa durchgeführt werden. Messungen, die nach 5.3.4 im Bereich zwischen 25 Pa und 50 Pa durchgeführt werden, erfüllen nicht die Anforderungen dieser Norm.

Bei windbedingten Druckschwankungen wird empfohlen, mehr als 5 Messpunkte aufzunehmen und den Messbereich nach oben über 50 Pa auszudehnen (siehe 5.3.4).

NA.8 zu 5.1.2 Messumfang und 6.1 Bezugsgrößen

NA.8.1 Allgemeines

Den Vorgaben der DIN V 18599-2 entsprechend gelten für die Bezugsgrößen die nachfolgend beschriebenen Ergänzungen zu Abschnitt 6.1.

NA.8.2 Luftvolumen

Das Luftvolumen V_L des zu untersuchenden Gebäudeteils ist mit dem Netto-Rauminhalt des zu untersuchenden Gebäudeteils nach DIN 277-1:2016-01 identisch. **Es ergibt sich als Produkt aus der Nettoraumfläche und der mittleren lichten Raumhöhe. Auch bei noch nicht fertiggestellten Gebäuden sind die geplanten Fertigmaße anzusetzen.**

ANMERKUNG Die Nettoraumfläche wurde in früheren Ausgaben von DIN 277-1 als Nettogrundfläche bezeichnet.

Nicht zum Luftvolumen gehören z. B. die Volumina in abgehängten Decken (unabhängig von Ausführungsart und Material), in Hohlraumböden und in Hohlräumen, die nicht zur Nettoraumfläche zählen (z. B. nicht zugänglicher Dremmel).

$$V_L = \sum_{i=1}^N A_{\text{NRF}i} \cdot h_{\text{R}i} \tag{NA.1}$$

Dabei ist

- N die Anzahl der Räume;
- $A_{\text{NRF}i}$ die Nettoraumfläche des Raumes i nach DIN 277-1;
- $h_{\text{R}i}$ mittlere lichte Raumhöhe des Raumes i , von der Oberkante des Fertig-Fußbodens bis zur Unterkante der Decke bzw. abgehängten Decke.

Volumenanteile von Räumen, die nach Abschnitt NA.3 oder 5.2.4 nicht in die Messung einbezogen werden, obwohl sie innerhalb der wärmeübertragenden Umfassungsfläche liegen, werden bei der Ermittlung des Luftvolumens nicht abgezogen, sofern das Luftvolumen dieser Räume zusammen nicht mehr als 5 % des Luftvolumens des gesamten zu untersuchenden Gebäudeteils beträgt. Wird der maximale Anteil von 5 % überschritten, wird das Volumen aller Räume, die nicht in die Messung einbezogen werden, abgezogen.

NA.8.3 Hüllfläche

Die Hüllfläche A_E wird nach 6.1.2 ermittelt.

Bei großen Gebäuden mit einer Länge von mindestens 30 m, einer Breite von mindestens 30 m und einer Höhe von mindestens 15 m darf die Hüllfläche nach DIN V 18599-1:2018-09 als Bezugsgröße herangezogen werden, ohne dass dadurch das Ergebnis signifikant verändert wird (Fehler ca. 5 %).

Hüllflächenanteile von Räumen, die nach Abschnitt NA.3 oder 5.2.4 nicht in die Messung einbezogen werden, obwohl sie innerhalb der wärmeübertragenden Umfassungsfläche liegen, werden bei der Ermittlung der Hüllfläche nicht abgezogen.

NA.9 zu 6.3 Abgeleitete Größen

NA.9.1 Allgemeines

Aus der nationalen Bezugsgröße Luftvolumen ergibt sich die abgeleitete Größe Netto-Luftwechselrate bei 50 Pa n_{L50} . Diese und die Luftdurchlässigkeit bei 50 Pa q_{E50} sind zunächst für Unter- und Überdruck gesondert zu ermitteln. Das Gesamtergebnis, insbesondere bei Nachweisgrößen nach öffentlich-rechtlichen Anforderungen, ergibt sich als arithmetischer Mittelwert der Ergebnisse für Unter- und Überdruck.

NA.9.2 Netto-Luftwechselrate bei 50 Pa

Bei jeder Messung ist die Netto-Luftwechselrate bei 50 Pa, n_{L50} , zu ermitteln. Sie ergibt sich nach Gleichung (NA.2).

$$n_{L50} = \frac{q_{50}}{V_L} \quad (\text{NA.2})$$

Dabei ist

q_{50} der Leckagestrom bei 50 Pa nach 6.2 als Mittelwert aus Unter- und Überdruckmessung;

V_L das Luftvolumen nach NA.8.1.

NA.10 zu 5.1.2 Messumfang

NA.10.1 Allgemeines

Ein Nachweis der Luftdichtheit darf wahlweise mit einer gewöhnlichen Messung des Gesamtgebäudes als eine Zone erbracht werden oder mit einer der drei nachfolgend beschriebenen Messmethoden: „einfache abschnittsweise Messung“, „Schutzdruckmessung des Gesamtgebäudes“ oder „abschnittsweise Schutzdruckmessung“. Die drei nachfolgend beschriebenen Methoden stellen also Optionen dar, die das nach 5.1.2 mögliche separate Messen von einzelnen Teilen des Gebäudes ermöglichen. Die allgemeinen Abschnitte dieser Norm und des nationalen Anhangs, z. B. zur Gebäudevorbereitung und zur vorausgehenden Prüfung, gelten auch für diese optionalen Messmethoden.

Eine abschnittsweise Messung ist erforderlich, wenn es keine bzw. keine ausreichend großen Öffnungen zwischen verschiedenen Gebäudeteilen gibt, so dass sich das Gebäude nicht entsprechend 5.2.4 als eine Zone verhält und die Druckunterschiede innerhalb des Gebäudes die Anforderungen nach NA.5.4 verletzen. Beispiele dafür sind Einfamilienhäuser mit einer Einliegerwohnung, die nur von außen erschlossen ist, oder Mehrfamilienhäuser mit Laubengangerschließung.

ANMERKUNG Eine abschnittsweise Messung kann z. B. bei großen Gebäuden sinnvoll sein, wenn die verfügbare Gebläseleistung der Luftfördereinrichtung nicht ausreicht, das Gebäude mit einer Messung zu untersuchen, oder wenn verschiedene Gebäudeteile zu verschiedenen Zeiten fertiggestellt werden.

NA.10.2 Einfache abschnittsweise Messung

Eine abschnittsweise Messung erfolgt, indem verschiedene Gebäudeteile nacheinander gemessen werden und aus den Ergebnissen der Gebäudeteile das Ergebnis für das gesamte Gebäude berechnet wird (siehe Bild NA.1).

ANMERKUNG Der bei der Messung eines Gebäudeteils bestimmte Leckagestrom enthält auch Luftströmungen durch „innere Leckagen“, also solche zwischen dem gemessenen und den nicht gemessenen Gebäudeteilen. Der Leckagestrom ist daher nicht ohne weiteres geeignet, die Infiltration von Außenluft, z. B. für die Energiekennwertberechnung nach DIN V 18599-2 oder für die Auslegung der Lüftung nach DIN 1946-6 abzuschätzen.

Wird ein Gebäude abschnittsweise untersucht, muss es so unterteilt werden, dass jeder im Messumfang nach Abschnitt NA.3 enthaltene Raum in genau einem untersuchten Gebäudeteil enthalten ist (alle Räume müssen gemessen werden, jeder Raum darf nur einmal gemessen werden).

Die Messung jedes Gebäudeteils erfolgt nach Abschnitt 5 und Abschnitt NA.7, die Auswertung nach Abschnitt 6 dieser Norm.

Der Leckagestrom für das gesamte Gebäude ergibt sich folgendermaßen aus den Leckageströmen der Gebäudeteile:

$$q_{50A} = \sum_{i=1}^N q_{50i} \quad (\text{NA.3})$$

Dabei ist

- q_{50A} der Leckagestrom bei 50 Pa für das gesamte Gebäude bei abschnittsweiser Messung;
- N die Anzahl der Gebäudeteile;
- q_{50i} der Leckagestrom bei 50 Pa für den Gebäudeteil i .

Der Leckagestrom bei abschnittsweiser Messung ist wegen der inneren Leckagen meist größer als der Leckagestrom q_{50} des Gesamtgebäudes:

$$q_{50A} \geq q_{50} \quad (\text{NA.4})$$

Für die Nettoluftwechselrate gilt:

$$n_{L50A} = \frac{q_{50A}}{V_L} \quad (\text{NA.5})$$

Dabei ist

- n_{L50A} die Netto-Luftwechselrate bei 50 Pa für das gesamte Gebäude bei abschnittsweiser Messung;
- V_L das Luftvolumen des Gebäudes nach NA.8.1.

Für die Luftdurchlässigkeit gilt:

$$q_{E50A} = \frac{q_{50A}}{A_E} \quad (\text{NA.6})$$

Dabei ist

- q_{E50A} die Luftdurchlässigkeit bei 50 Pa für das gesamte Gebäude bei abschnittsweiser Messung;
- A_E die Hüllfläche des Gebäudes nach NA.8.3.

Sofern das Ergebnis dieser abschnittsweisen Messung einen vorgegebenen Grenzwert nicht überschreitet, ist die Luftdichtheitsanforderung an das Gebäude eingehalten. Da im Ergebnis innere Leckagen (Leckagen zwischen verschiedenen Gebäudeteilen) enthalten sind, ist es bei einer Überschreitung des Grenzwertes möglich, dass die Anforderungen dennoch eingehalten sind. Um dies zu überprüfen, sind folgende Vorgehensweisen möglich:

- provisorische Abdichtung von inneren Leckagen, d. h. der Leckagen zwischen verschiedenen Gebäudeteilen,
- Bereitstellung von zusätzlichen oder größeren Luftfördereinrichtungen und Messung des Gesamtgebäudes oder größerer Gebäudeteile,
- Schutzdruckmessungen nach NA.10.3.

Der Prüfbericht der abschnittswisen Messung eines Gebäudes muss für jeden Gebäudeteil die nach Abschnitt 7 geforderten Angaben und außerdem die hier beschriebene Auswertung für das Gesamtgebäude enthalten. Bei Ermittlung der Luftdurchlässigkeit bzw. Netto-Luftwechselrate für das Gesamtgebäude ist die Ermittlung von abgeleiteten Größen pro Gebäudeabschnitt nicht notwendig.

NA.10.3 Schutzdruckmessung

NA.10.3.1 Allgemeines

Bei einer Schutzdruckmessung eines Gebäudeteils werden ein oder mehrere andere Gebäudeteile auf den gleichen Druck gebracht, so dass keine Luftströmungen zwischen dem untersuchten Gebäudeteil und dem oder den mit Schutzdruck beaufschlagten Gebäudeteilen stattfindet. Der allgemeine Fall ist unter NA.10.3.3 beschrieben. Ein Sonderfall ist die unter NA.10.3.2 beschriebene Schutzdruckmessung des Gesamtgebäudes.

NA.10.3.2 Schutzdruckmessung des Gesamtgebäudes

Bei Gebäuden, die sich wegen unzureichend großer Öffnungen zwischen verschiedenen Gebäudeteilen nicht als eine Zone verhalten, empfiehlt sich die folgende Verfahrensweise:

In jedem Gebäudeteil wird eine Messeinrichtung entsprechend Abschnitt 5 installiert. Zusätzlich werden Messgeräte für die Differenzdrücke zwischen den Gebäudeteilen eingebaut. Beim Aufnehmen der Differenzdruck-Messreihe nach Abschnitt 5 dieser Norm werden die Luftfördereinrichtungen bei jedem Messpunkt so eingestellt, dass alle Differenzdrücke innerhalb des Gebäudes Null betragen.

ANMERKUNG 1 Ungenauer wäre die Vorgehensweise, alle Luftfördereinrichtungen auf den gleichen Druck im Gebäude abzugleichen.

Die Auswertung nach Abschnitt 6 wird bis zur Gleichung (3) für Unterdruck bzw. Gleichung (4) für Überdruck für jeden Gebäudeteil separat durchgeführt. Für jeden Messpunkt ergibt sich der Luftvolumenstrom durch die gesamte Gebäudehülle q_{env} aus der Summe der einzelnen Messwerte an allen Luftfördereinrichtungen:

$$q_{env} = \sum_{i=1}^N q_{env,i} \quad (NA.7)$$

Dabei ist

- q_{env} der Luftvolumenstrom durch die Gebäudehülle (en: envelope) des Gesamtgebäudes;
- N die Anzahl der Gebäudeteile;
- $q_{env,i}$ der Luftvolumenstrom durch die Gebäudehülle des Gebäudeteils i , ermittelt nach Abschnitt 6, Gleichung (3) bzw. Gleichung (4).

Die weitere Auswertung ab Gleichung (5) erfolgt für das Gesamtgebäude.

ANMERKUNG 2 Eine Schutzdruckmessung des Gesamtgebäudes ist nur bei einer kleinen Anzahl von Gebäudeteilen praktikabel.

ANMERKUNG 3 Sofern die inneren Leckagen nicht zu groß sind, kann mit dieser Messmethode auch die Luftdurchlässigkeit bzw. die Luftwechselrate bei 50 Pa der einzelnen Gebäudeteile ermittelt werden, indem die komplette Auswertung nach Abschnitt 6 für jeden Gebäudeteil separat durchgeführt wird.

NA.10.3.3 Abschnittsweise Schutzdruckmessung

Die in den Messergebnissen der einfachen abschnittswisen Messung nach NA.10.2 enthaltenen Leckageströme durch innere Leckagen können indirekt gemessen werden. In zwei Gebäudeteile wird jeweils eine Messeinrichtung nach Abschnitt 5 eingebaut und zusätzlich der Differenzdruck zwischen den beiden Gebäudeteilen gemessen.

Die Messung erfolgt nach Abschnitt 5 dieser Norm, wobei für jeden Punkt der Differenzdruckmessreihe nach 5.3.4 der Differenzdruck zwischen beiden Gebäudeteilen auf Null abgeglichen wird. Die Berechnung des Leckagestroms nach Abschnitt 6 erfolgt für beide Gebäudeteile getrennt. Der Leckagestrom zwischen den beiden Gebäudeteilen ergibt sich nach Gleichung (NA.8) bzw. Gleichung (NA.9):

$$q_{50ij} = q_{50i} - q_{50Gij} \tag{NA.8}$$

$$q_{50ji} = q_{50j} - q_{50Gji} \tag{NA.9}$$

Dabei ist

- q_{50ij} der Leckagestrom zwischen Gebäudeteil *i* und Gebäudeteil *j*;
- q_{50i} der Leckagestrom der einfachen abschnittswisen Messung des Gebäudeteils *i*;
- q_{50Gij} der Leckagestrom des Gebäudeteils *i* bei Schutzdruck in Gebäudeteil *j* (en: Guard Zone).

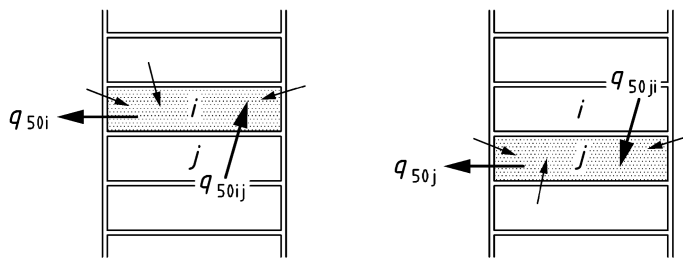


Bild NA.1 — Einfache abschnittsweise Messung am Beispiel von zwei übereinander angeordneten Wohnungen

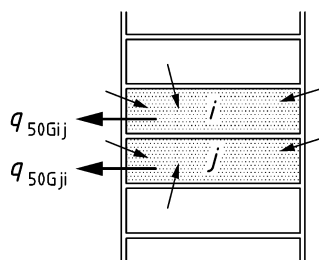


Bild NA.2 — Schutzdruckmessung am Beispiel von zwei übereinander angeordneten Wohnungen

ANMERKUNG Die Ergebnisse nach Gleichung (NA.8) und Gleichung (NA.9) unterscheiden sich häufig nicht nur durch das Vorzeichen der Druckdifferenz, sondern auch aufgrund von Messfehlern.

Wenn sich die Leckageströme der beiden Gebäudeteile um mehr als den Faktor 3 unterscheiden, wird wegen der höheren Messgenauigkeit nur der Gebäudeteil mit dem kleineren Leckagestrom ausgewertet. Falls der Leckagestrom bei Gebäudeteil *j* der kleinere ist, gilt also statt Gleichung (NA.8)

$$q_{50ij} = q_{50ji} = q_{50j} - q_{50Gji} \tag{NA.10}$$

Falls q_{50j} mehr als 3-mal so groß ist wie q_{50i} , wird Gleichung (NA.9) durch Gleichung (NA.11) ersetzt:

$$q_{50ji} = q_{50ij} = q_{50i} - q_{50Gij} \quad (\text{NA.11})$$

Der Leckagestrom des Gebäudes durch Leckagen nach außen ergibt sich zu

$$q_{50} = q_{50A} - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N q_{50ij} \quad (\text{NA.12})$$

Dabei ist

q_{50A} der Leckagestrom bei 50 Pa für das gesamte Gebäude bei abschnittsweiser Messung nach Gleichung (NA.3);

N die Anzahl der Gebäudeteile;

$q_{50ii} = 0$ (gilt für den Fall, dass $i = j$).

Der Leckagestrom zwischen zwei Gebäudeteilen, die nicht aneinandergrenzen und auch nicht auf andere Weise, z. B. durch einen Schacht, verbunden sind, kann vernachlässigt werden. Auch sonst ist es nicht erforderlich, für alle Kombinationen zweier Gebäudeteile die Schutzdruckmessung durchzuführen. Es empfiehlt sich, durch Messung von besonders leckageverdächtigen Trennflächen die wesentlichen Korrekturterme gegenüber der einfachen abschnittsweisen Messung zu ermitteln.

Messtechnisch nicht ermittelte Korrekturterme q_{50ij} werden zu Null gesetzt.

ANMERKUNG 1 Bei großen inneren Leckageströmen ergibt sich in Gleichung (NA.12) eine „Differenz zweier großer Zahlen“. Das Ergebnis ist dann sehr ungenau.

ANMERKUNG 2 Durch Schutzdruckmessungen und entsprechende Auswertung kann auch der Leckagestrom nach außen für einen einzelnen Gebäudeteil ermittelt werden. Im Prinzip können so z. B. erhöhte Anforderungen an einzelne Gebäudeteile überprüft werden.

NA.11 zu 7 Prüfbericht

Bei Messungen zur Überprüfung einer Luftdichtheitsanforderung müssen sowohl die Anforderung im Prüfbericht als auch die Basis der Anforderung (z. B. Gesetz, Verordnung, vertragliche Vereinbarung einer Norm) beschrieben werden.

Bei der Überprüfung einer Luftdichtheitsanforderung bleibt der Messfehler unberücksichtigt, d. h. er wird weder zum Messergebnis addiert, noch davon subtrahiert.

ANMERKUNG Eine Empfehlung zur Berechnung des Messfehlers enthält Abschnitt NC.3.

Nationaler Anhang NB (informativ)

Stichprobenmessung

NB.1 Allgemeines

Bei der Überprüfung von Luftdichtheitsanforderungen wird normalerweise entsprechend Abschnitt NA.3 das gesamte Gebäude untersucht. Regelwerke, die Luftdichtheitsanforderungen festlegen, insbesondere Gesetze und Verordnungen, können davon Ausnahmen nach diesem Anhang zulassen, so dass nicht alle Gebäudeteile gemessen werden müssen, sondern nur eine nach diesem Anhang festgelegte Stichprobe.

Dieser Anhang darf nur angewandt werden, wenn seine Anwendung in der jeweiligen Luftdichtheitsanforderung ausdrücklich zugelassen wird. Wenn eine Vorgehensweise nach diesem Anhang gewählt wird, ist wie folgt zu verfahren.

NB.2 Mindestumfang der Stichprobe

Der Mindestumfang der Stichprobe N_{\min} kann in dem Luftdichtheitsregelwerk, z. B. in dem Gesetz, das die Messung nach diesem Anhang zulässt, festgelegt sein. Falls es dort keine Festlegung gibt, beträgt der Mindestumfang der Stichprobe $N_{\min} = 12$.

NB.3 Bauliche Voraussetzungen

Die Messung von Stichproben nach diesem Anhang ist zulässig in Gebäuden mit mehr als N_{\min} nur von außen erschlossenen gleichartigen Nutzeinheiten, z. B. Wohnungen (Laubengangerschließung).

NB.4 Auswahl der Stichprobe

Von den nur von außen erschlossenen gleichartigen Nutzeinheiten in einem Gebäude muss nur ein Teil (Stichprobe) untersucht werden. Diese Stichprobe ist vor Beginn der Messungen nach den folgenden Kriterien festzulegen.

- Die Stichprobe umfasst mindestens N_{\min} Nutzeinheiten (siehe NB.2).
- Die Hüllfläche der Stichprobe nach außen, d.h. der von der Stichprobe erfasste Teil der wärmeübertragenden Umfassungsfläche des Gebäudes, beträgt mindestens 20 % der gesamten Hüllfläche des Gebäudes A_E nach NA.8.2, bzw. 20 % der Hüllfläche aller nur von außen erschlossener gleichartiger Nutzeinheiten.
- Jeweils mindestens 3 der untersuchten Nutzeinheiten müssen sich im obersten betroffenen Geschoss und im untersten betroffenen Geschoss befinden. Wenn es im jeweiligen Geschoss nur 1 bzw. 2 Nutzeinheiten gibt, sind diese 1 bzw. 2 Nutzeinheiten in die Stichprobe einzubeziehen.
- Die Stichprobe ist so festzulegen, dass alle vorhandenen Bauweisen und Bauelemente angemessen repräsentiert sind. Beispielsweise sind in einem Gebäude mit massiven Außenbauteilen und Außenbauteilen in Holzbauweise die untersuchten Nutzeinheiten so auszuwählen, dass beide Bauweisen etwa entsprechend ihrer Anteile in das Ergebnis einfließen. Entsprechendes gilt z. B., wenn Terrassentüren teilweise als Anschlagtüren, teilweise als Schiebetüren ausgebildet sind.

Zusätzlich zu der Stichprobe von nur von außen erschlossenen gleichartigen Nutzeinheiten sind durch die Luftdurchlässigkeitsmessungen zu untersuchen:

- alle Nutzeinheiten, die von Fluren oder Treppenhäusern erschlossen werden, die innerhalb der wärmeübertragenden Umfassungsfläche liegen,
- alle Gebäudeteile innerhalb der wärmeübertragenden Umfassungsfläche, die für andere Nutzungen vorgesehen sind, als die Nutzeinheiten der Stichprobenmessung.

Ansonsten gelten die Festlegungen und Ausnahmen nach Abschnitt NA.3.

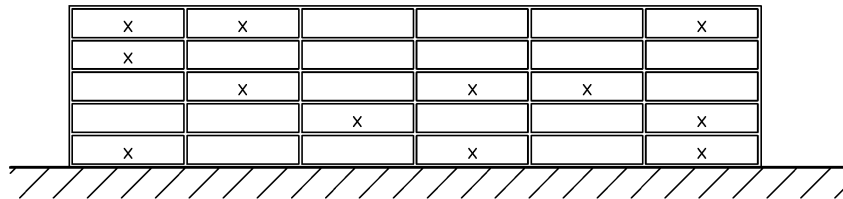


Bild NB.1 — Beispiel für eine Stichprobe in einem Wohngebäude mit ausschließlich Laubengangschließung: mindestens 12 Wohnungen, davon mindestens 3 im EG und mindestens 3 im DG

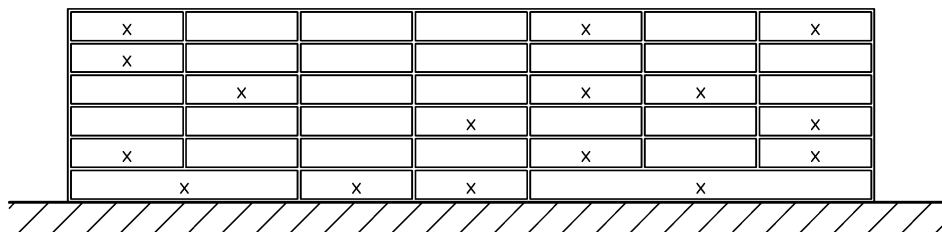


Bild NB.2 — Beispiel für eine Stichprobe in einem Gebäude mit Gewerbeeinheiten im EG und Wohnungen mit Laubengangschließung in den oberen Geschossen: alle Gewerbeeinheiten müssen in die Messung einbezogen werden.

NB.5 Durchführung der Messung

Die Messung wird für jede Nutzeinheit der Stichprobe und für weitere ggf. zu untersuchende Gebäudeteile nach Abschnitt 5, Abschnitt NA. 7 und Abschnitt NA.10 durchgeführt.

Es ist **nicht zulässig, innere Leckagen provisorisch abzudichten.**

Zulässig sind auch Schutzdruckmessungen nach NA.10.3.3.

NB.6 Auswertung

Die Auswertung wird für jede Nutzeinheit der Stichprobe und für weitere ggf. zu untersuchende Gebäudeteile nach Abschnitt 6 durchgeführt.

Die mittlere Netto-Luftwechselrate für den Teil des Gebäudes mit nur von außen erschlossenen gleichartigen Nutzeinheiten ergibt sich folgendermaßen aus den Leckageströmen der Stichprobe:

$$n_{L50S} = \frac{\sum_{i=1}^N q_{50i}}{\sum_{i=1}^N V_{Li}} \tag{NB.1}$$

Dabei ist

- n_{L50S} die mittlere Netto-Luftwechselrate bei 50 Pa für das Gebäude bzw. den Gebäudeteil mit gleichartigen Nutzeneinheiten, das bzw. der durch die Stichprobe repräsentiert wird;
- N die Anzahl der Nutzeneinheiten in der Stichprobe, mindestens N_{\min} ;
- V_{Li} das Luftvolumen der Nutzeneinheit i .

Für die mittlere Luftdurchlässigkeit gilt:

$$q_{E50S} = \frac{\sum_{i=1}^N q_{50i}}{\sum_{i=1}^N A_{E,i}} \quad (\text{NB.2})$$

Dabei ist

- q_{E50S} die mittlere Luftdurchlässigkeit bei 50 Pa für das Gebäude bzw. den Gebäudeteil mit gleichartigen Nutzeneinheiten, das bzw. der durch die Stichprobe repräsentiert wird;
- $A_{E,i}$ die Hüllfläche der Nutzeneinheit i nach außen, ohne Trennflächen zu anderen Gebäudeteilen.

ANMERKUNG Die Abschätzungen der mittleren Netto-Luftwechselrate n_{L50S} und der mittleren Luftdurchlässigkeit q_{E50S} entsprechen unterschiedlichen Leckageströmen, weil die Gewichtung im einen Fall mit dem Volumen, im anderen mit der Hüllfläche erfolgt.

Bei einem Gebäude, das ausschließlich nur von außen erschlossene gleichartige Nutzeneinheiten aufweist, gilt die Anforderung an das Gebäude als eingehalten, sofern das Ergebnis nach Gleichung (NB.1) bzw. Gleichung (NB.2) den vorgegebenen Grenzwert nicht überschreitet.

Sofern es neben dem durch die Stichprobenmessung repräsentierten Gebäudeteil weitere untersuchte Gebäudeteile gibt, berechnet sich die Netto-Luftwechselrate für das gesamte Gebäude nach Gleichung (NB.3) und die Luftdurchlässigkeit nach Gleichung (NB.4):

$$n_{L50A} = \frac{1}{V_L} \left(V_{LS} \cdot n_{L50S} + \sum_{i=1}^M q_{50i} \right) \quad (\text{NB.3})$$

$$q_{E50A} = \frac{1}{A_E} \left(A_{ES} \cdot q_{E50S} + \sum_{i=1}^M q_{50i} \right) \quad (\text{NB.4})$$

Dabei ist

- n_{L50A} die Netto-Luftwechselrate bei 50 Pa für das gesamte Gebäude (abschnittsweise Messung);
- V_L das Luftvolumen des gesamten Gebäudes;
- V_{LS} das Luftvolumen des durch Stichprobenmessung repräsentierten Gebäudeteils;
- M die Anzahl der weiteren Gebäudeteile;
- q_{50i} der Leckagestrom des weiteren Gebäudeteils i .
- q_{E50A} Luftdurchlässigkeit bei 50 Pa für das gesamte Gebäude (abschnittsweise Messung);
- A_E Hüllfläche des gesamten Gebäudes nach 6.1.2;
- A_{ES} Hüllfläche des durch Stichprobenmessung repräsentierten Gebäudeteils.

Sofern das Ergebnis nach Gleichung (NB.3) bzw. Gleichung (NB.4) den vorgegebenen Grenzwert nicht überschreitet, ist die Anforderung an das Gebäude eingehalten.

NB.7 Prüfbericht

Der Prüfbericht der Stichprobenmessung muss für jeden untersuchten Gebäudeteil die nach Abschnitt 7 geforderten Angaben und außerdem die hier beschriebene Auswertung für das Gesamtgebäude enthalten.

Nationaler Anhang NC (informativ)

Ausgleichsrechnung und Fehlerrechnung

NC.1 Allgemeines

Den Anwendern dieser Norm, insbesondere Softwareentwicklern, wird empfohlen, die nachfolgend beschriebene Ausgleichsrechnung und Fehlerrechnung zu implementieren.

NC.2 Ausgleichsrechnung

Die im informativen Anhang C dieser Norm beschriebene Ausgleichsrechnung ergibt nicht die beste Näherung für die Messwerte, sondern die beste Näherung für die Logarithmen der Messwerte. Messwerte bei kleinem Druck erhalten durch das Logarithmieren einen stärkeren Einfluss auf das Ergebnis als Werte bei großem Druck. Um dem entgegenzuwirken und die kleinste quadratische Abweichung für die eigentlichen Messwerte zu erhalten, müssen die Messdaten bei der Ausgleichsrechnung mit dem Quadrat des Volumenstroms gewichtet werden:

Für jeden Messpunkt i werden die Daten logarithmiert:

$$x_i = \ln(\Delta p_i) \quad (\text{NC.1})$$

$$y_i = \ln(q_i) \quad \text{für } i = 1 \dots, N \quad (\text{NC.2})$$

Dabei ist

N die Gesamtzahl der Messpunkte.

Gleichung (5) wird damit zu Gleichung (NC.3).

$$y = \ln(C) + nx \quad (\text{NC.3})$$

Das jeweilige Gewicht ist das Quadrat des Volumenstroms

$$g_i = q_i^2 \quad (\text{NC.4})$$

Es werden die gewichteten Mittelwerte berechnet:

$$\bar{x} = \frac{\sum_i (g_i x_i)}{\sum_i g_i} \quad (\text{NC.5})$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_i (g_i y_i)}{\sum_i g_i} \quad (\text{NC.6})$$

$$s_x^2 = \frac{N}{N-1} \frac{\sum_i g_i (x_i - \bar{x})^2}{\sum_i g_i} \quad (\text{NC.7})$$

$$s_y^2 = \frac{N}{N-1} \frac{\sum_i g_i (y_i - \bar{y})^2}{\sum_i g_i} \quad (\text{NC.8})$$

$$s_{xy} = \frac{N}{N-1} \frac{\sum_i g_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_i g_i} \quad (\text{NC.9})$$

Der Strömungsexponent n und der Strömungskoeffizient C ergeben sich dann zu:

$$n = \frac{s_{xy}}{s_x^2} = \frac{\sum_i g_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_i g_i (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{NC.10})$$

$$\ln(C) = \bar{y} - n\bar{x} \quad (\text{NC.11})$$

$$C = e^{\bar{y} - n\bar{x}} \quad (\text{NC.12})$$

Das Bestimmtheitsmaß r^2 ergibt sich zu

$$r^2 = \frac{s_{xy}^2}{s_x^2 s_y^2} \quad (\text{NC.13})$$

Die im Bericht enthaltene Leckagekurve muss sowohl die Messpunkte als auch die durch Ausgleichsrechnung berechnete Ausgleichskurve enthalten.

ANMERKUNG 1 Es ist sinnvoll, die Daten für die Leckagekurve, d.h. Messpunkte und Ausgleichskurve, auf Normbedingungen (20 °C, 1,013 · 10⁵ Pa) umzurechnen, so dass der Volumenstrom in der Grafik mit dem im Text des Messberichts angegebenen Ergebnis übereinstimmt.

ANMERKUNG 2 Es ist sinnvoll, die Leckagekurve im nicht-logarithmischen Maßstab darzustellen, weil dann anhand der Krümmung der Ausgleichskurve der Leckageexponent beurteilt werden kann.

NC.3 Fehlerrechnung

NC.3.1 Allgemein

Im Prüfbericht wird der Messfehler in Prozent ($\pm t$ %) ohne Nachkommastelle angegeben.

Der Rechengang für die Berechnung des Messfehlers ist in Anhang C nicht vollständig angegeben. Deshalb wird nachfolgend ein Rechengang beschrieben, der insbesondere auch die Ungenauigkeit der Messgeräte berücksichtigt.

NC.3.2 Messfehler des Leckagestroms bei 50 Pa q_{50} für Unter- bzw. Überdruck

Die Gesamtunsicherheit s (in Prozent) des Leckagestroms bei 50 Pa q_{50} wird nach folgendem Ansatz berechnet:

$$s = \max(\sqrt{a^2 + b^2 + e^2}, d) + g \quad (\text{NC.14})$$

Dabei ist

- s der prozentuale Fehler des Leckagestroms;
- a der prozentuale Fehler des Leckagestroms aufgrund des Fehlers der Volumenstrommessung;
- b der prozentuale Fehler des Leckagestroms aufgrund des Fehlers der Gebäudedruckmessung;
- d der prozentuale statistische Fehler des Leckagestroms;
- e der prozentuale Fehler des Leckagestroms aufgrund des Fehlers der Dichtekorrektur;
- g der prozentuale Fehler des Leckagestroms aufgrund einer evtl. vorhandenen Ventilcharakteristik.

Die Einzelfehler werden nach den folgenden Abschnitten ermittelt.

NC.3.2.1 Prozentualer Fehler aufgrund des Fehlers der Volumenstrommessung

Hier kann direkt der vom Hersteller angegebene prozentuale Fehler der Volumenstrommesseinrichtung eingesetzt werden. Dieser darf nach 4.2.3 nicht größer als 7 % sein.

BEISPIEL $a = 0,07$

NC.3.2.2 Prozentualer Fehler aufgrund des Fehlers der Gebäudedruckmessung

Aufgrund des Fehlerfortpflanzungsgesetzes geht in die Berechnung nicht der prozentuale Fehler der Gebäudedruckmessung ein, sondern nur das n-fache dieses Wertes.

Es wird nicht der in der Messung ermittelte Strömungsexponent n eingesetzt, sondern ein Standardwert von $n = 0,65$.

Der Fehler der Gebäudedruckmessung setzt sich zusammen aus dem eigentlichen Messfehler des Gebäudedrucks und dem Fehler der Messung der natürlichen Druckdifferenz.

$$b = 0,65 \cdot \frac{\sqrt{e(50 \text{ Pa})^2 + e(p_0)^2}}{50 \text{ Pa}} \tag{NC.15}$$

Dabei ist

- $e(50 \text{ Pa})$ der Fehler in Pa der Druckmessung bei 50 Pa, Standardwert 1 Pa;
- $e(p_0)$ der Fehler der Messung der natürlichen Druckdifferenz.

Böiger Wind führt dazu, dass die natürliche Druckdifferenz während der Messung schwankt. Als Messfehler der natürlichen Druckdifferenz kann das Maximum folgender Werte angesetzt werden:

- der Betrag der halben Differenz der natürlichen Druckdifferenz vor und nach der Messung,
- die Hälfte des Staudrucks des Windes.

$$e(p_0) = \max\left(\left|\frac{\Delta p_{0,1} - \Delta p_{0,2}}{2}\right|, \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{2} v^2\right) \tag{NC.16}$$

Dabei ist

- v die Windgeschwindigkeit auf Höhe des Objektes, wahlweise:
 - direkt messen oder
 - aus der Windstärke in Beaufort die meteorologische Windgeschwindigkeit ableiten, diese halbiert ergibt v .

Insgesamt ergibt sich

$$b = 0,65 \cdot \frac{\sqrt{e(50 \text{ Pa})^2 + \max\left(\left|\frac{\Delta p_{0,1} - \Delta p_{0,2}}{2}\right|, \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{2} v^2\right)^2}}{50 \text{ Pa}} \tag{NC.17}$$

Nach 4.2.2 muss das Druckmessgerät folgende Anforderung erfüllen:

$$e(\Delta p) \leq 1 \text{ Pa}$$

BEISPIEL Windstärke 3 Bft, met. Windgeschwindigkeit entsprechend 4,5 m/s nach Tabelle D.1, natürliche Druckdifferenz vor und nach der Messung 1,7 Pa bzw. 0,9 Pa.

$$v \approx 2 \text{ m/s}$$

$$p_{st} = 0,5 \cdot 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(2 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 0,6 \cdot 4 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{m}^3 \cdot \text{s}^2} = 2,4 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 2,4 \text{ Pa}$$

$$b = 0,65 \cdot \frac{\sqrt{(1 \text{ Pa})^2 + \max\left(\left|\frac{1,7 - 0,9}{2}\right| \text{ Pa}, \frac{1}{2} \cdot 2,4 \text{ Pa}\right)^2}}{50 \text{ Pa}} = 0,65 \frac{\sqrt{1 \text{ Pa}^2 + \max(0,4 \text{ Pa}, 1,2 \text{ Pa})^2}}{50 \text{ Pa}}$$

$$b = 0,65 \cdot \frac{\sqrt{1 \text{ Pa}^2 + 1,44 \text{ Pa}^2}}{50 \text{ Pa}} = 2 \%$$

ANMERKUNG Der Fehler des Druckmessgerätes für den Gebäudedruck liegt schon bei kleineren Windgeschwindigkeiten in der Größenordnung des windbedingten Fehlers.

NC.3.2.3 Prozentualer statistischer Fehler des Leckagestroms

Die Berechnung des statistischen Fehlers erfolgt nach Anhang C ab Gleichung (C.10). Sofern die Ausgleichsrechnung nach Anhang NC.2 erfolgt, wird die Standardabweichung abweichend von Gleichung (C.11) nach Gleichung (NC.18) berechnet:

$$s_{\ln(C)} = s_n \left(\frac{\sum_i (g_i x_i^2)}{\sum_i g_i} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{NC.18})$$

Für die ab Gleichung (C.12) benötigte Vertrauensgrenze nach Tabelle C.1 wird eine Wahrscheinlichkeit von $P = 0,95$ angesetzt.

Ab Gleichung (C.15) wird für x der Logarithmus der Bezugsdruckdifferenz angesetzt, also $x = \ln(50)$.

Die Länge des Vertrauensintervalls für den Leckagestrom q nach Gleichung (C.17) dieser Norm wird halbiert und durch q geteilt, um d zu erhalten. Somit ergibt sich

$$d = \frac{1}{2} (e^{I_y \ln(\Delta p)} - e^{-I_y \ln(\Delta p)}) \quad (\text{NC.19})$$

NC.3.2.4 Prozentualer Fehler aufgrund des Fehlers der Dichtekorrektur

Falls entweder der tatsächliche barometrische Druck während der Messung oder der sich aufgrund der geographischen Höhe ergebende mittlere Luftdruck angegeben und eingerechnet wird:

$$e = 2 \%$$

andernfalls

$$e = 5 \%$$

Der Vorteil einer Messung bei Unter- und Überdruck wird im Faktor g (siehe NC.3.2.5) berücksichtigt.

ANMERKUNG 1 Laut Norm darf der Luftdruck unberücksichtigt bleiben. Bei einer Messung in 1 000 m Höhe ist der Fehler bei der Dichte-Berechnung 10 %. Der Messfehler dürfte bei etwa 7 % liegen.

ANMERKUNG 2 Die relative Luftfeuchtigkeit darf bei der Berechnung der Dichte unberücksichtigt bleiben. Der Fehler liegt unter 1 % (z. B. 0,9 % bei 100 % r.F. bei 20 °C).

ANMERKUNG 3 Der Einfluss der dynamischen Viskosität bleibt nach dieser Norm unberücksichtigt. Beispielrechnungen ergeben für eine Unterdruckmessung Fehler zwischen -1,5 % und 3,4 %. Der Fehler ist kleiner, wenn bei Unter- und Überdruck gemessen wird.

NC.3.2.5 Prozentualer Fehler aufgrund einer möglichen Ventilcharakteristik

Die Messergebnisse bei Unter- und Überdruck unterscheiden sich häufig. Deshalb schreibt Abschnitt NA.7 je eine Messreihe bei Unter- und bei Überdruck vor. In diesem Fall gilt

$$g = 0 \%$$

Falls bei einer Messung „in Anlehnung“ an diese Norm nur bei Unter- oder Überdruck gemessen wird, gilt

$$g = 7 \%$$

NC.3.3 Messfehler des Mittelwertes des Leckagestroms q

Der Leckagestrom q_{50} ergibt sich als Mittelwert aus den beiden Einzelergebnissen $q_{50,U}$ bei Unterdruck und $q_{50,O}$ bei Überdruck (overpressure). Für den Messfehler des Leckagestroms gilt:

$$s_{ges} = \frac{s_U q_{50,U} + s_O q_{50,O}}{2 \cdot q_{50}} \tag{NC.20}$$

Dabei ist

- s_{ges} der Fehler des Mittelwertes q_{50} ;
- s_U der Fehler der Unterdruckmessung;
- s_O der Fehler der Überdruckmessung.

NC.3.4 Messfehler der abgeleiteten Größen

Die Gesamtunsicherheit t (in Prozent) einer abgeleiteten Größe (n_{L50} oder q_{E50}) kann nach folgendem Ansatz berechnet werden:

$$t = \sqrt{s^2 + f^2} \tag{NC.21}$$

Dabei ist

- t der prozentualer Fehler der abgeleiteten Größe;
- f der prozentualer Fehler der Bezugsgröße (V_L oder A_E)

Mit der Berechnung der geometrischen Größen ist kein Messfehler verbunden. Auch wenn die Maßtoleranzen beim Bauen berücksichtigt werden, ergibt sich kein wesentlicher Fehler. Es gibt jedoch Zweifelsfälle über die Anrechenbarkeit bestimmter Flächen und Volumina, die zu einer Differenz der Rechenergebnisse durch verschiedene sachkundige Bearbeiter führen. Dies wird durch den Parameter f berücksichtigt:

$$f = 3 \%$$

Externe elektronische Auslegestelle-Beuth-Hochschulbibliothekszentrum des Landes Nordrhein-Westfalen (HBZ)-KdNr.-227109-ID.16ROYBOD2DHDJQEBNL7XSNB.2-2019-08-19 12:40:02

NC.3.5 Resultierender Gesamtfehler

Bei Windstille dominiert mit 7 % der Fehler der Volumenstrommessung. Der Fehler der Luftwechselrate bei 50 Pa beträgt dann etwa 8 %. Bis Windstärke 4 beträgt der Gesamtmessfehler meist nicht mehr als 10 %.

ANMERKUNG Verglichen mit der zurückgezogenen Vorgängernorm DIN EN 13829:2001-02 enthält diese Norm strengere Genauigkeitsanforderungen an das Thermometer und an das Druckmessgerät für den Gebäudedruck. Dies wirkt sich auf den Gesamtfehler fast nicht aus: Die Messunsicherheit nach DIN EN 13829 von 2 Pa für den Gebäudedruck führt zu einem Messfehler von 2,6 % der Luftwechselrate bei 50 Pa, der Messfehler von 1 K des Thermometers führt, abhängig vom Messprinzip der Volumenstrommessung, zu einem Messfehler der Luftwechselrate bei 50 Pa von typisch 0,2 %, maximal 0,3 %.

Nationaler Anhang ND (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 7345, *Wärmeverhalten von Gebäuden und Baustoffen — Physikalische Größen und Definitionen*

DIN 277-1:2016-01, *Grundflächen und Rauminhalte im Bauwesen — Teil 1: Hochbau*

DIN 18017-3, *Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster — Teil 3: Lüftung mit Ventilatoren*

DIN 1946-6, *Raumluftechnik — Teil 6: Lüftung von Wohnungen — Allgemeine Anforderungen, Anforderungen an die Auslegung, Ausführung, Inbetriebnahme und Übergabe sowie Instandhaltung*

DIN V 18599-1, *Energetische Bewertung von Gebäuden — Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung — Teil 1: Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger*

DIN V 18599-2, *Energetische Bewertung von Gebäuden — Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung — Teil 2: Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen*

Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V. (FLiB): *Beiblatt zur DIN EN 13829*, Berlin 2015

Joachim Zeller: *Messung der Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle*, in FLiB Buch, Band 1, Gebäude-Luftdichtheit. Berlin, 2. Auflage 2012

Deutsche Fassung

Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden —
Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden —
Differenzdruckverfahren
(ISO 9972:2015)

Thermal performance of buildings —
Determination of air permeability of buildings —
Fan pressurization method
(ISO 9972:2015)

Performance thermique des bâtiments —
Détermination de la perméabilité à l'air des bâtiments —
Méthode de pressurisation par ventilateur
(ISO 9972:2015)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 20. Juni 2015 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen.....	7
3 Begriffe und Symbole	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Symbole	8
4 Geräte.....	10
4.1 Allgemeines	10
4.2 Ausrüstung.....	10
4.2.1 Luftfördereinrichtung.....	10
4.2.2 Druckmessgerät.....	10
4.2.3 Volumenstrom-Messgerät	10
4.2.4 Temperatur-Messgerät.....	10
5 Messverfahren	10
5.1 Messbedingungen.....	10
5.1.1 Allgemeines	10
5.1.2 Messumfang.....	11
5.1.3 Messzeitpunkt.....	11
5.2 Vorbereitung.....	12
5.2.1 Verfahren zur Vorbereitung des Gebäudes	12
5.2.2 Heizungs-, Lüftungs- und Klima-Anlagen und weitere haustechnische Anlagen.....	12
5.2.3 Absichtlich vorhandene Öffnungen in der Gebäudehülle.....	12
5.2.4 Öffnungen innerhalb des untersuchten Gebäudeteils	14
5.2.5 Luftfördereinrichtung.....	14
5.2.6 Druckmessvorrichtungen.....	14
5.3 Verfahrensschritte	14
5.3.1 Vorausgehende Prüfung.....	14
5.3.2 Temperatur- und Windbedingungen	15
5.3.3 Natürliche Druckdifferenz	15
5.3.4 Differenzdruck-Messreihe	15
6 Auswertung.....	16
6.1 Bezugsgrößen	16
6.1.1 Innenvolumen.....	16
6.1.2 Hüllfläche.....	16
6.1.3 Nettogrundfläche.....	17
6.2 Berechnung des Leckagestroms.....	17
6.3 Abgeleitete Größen	20
6.3.1 Allgemeines	20
6.3.2 Luftwechselrate bei Bezugsdruckdifferenz	20
6.3.3 Luftdurchlässigkeit.....	20
6.3.4 Spezifischer Leckagestrom (Grundfläche).....	20

6.3.5	Effektive Leckagefläche.....	21
6.3.6	Spezifische effektive Leckagefläche (Hülle)	21
6.3.7	Spezifische effektive Leckagefläche (Grundfläche)	21
7	Prüfbericht.....	21
8	Unsicherheit.....	22
8.1	Allgemeines	22
8.2	Bezugsgröße.....	23
8.3	Gesamtunsicherheit	23
Anhang A (informativ) Beschreibung der Ausrüstung zur Erzeugung von Überdruck in Gebäuden.....		
A.1	Allgemeines	24
A.2	Ventilator mit Luftkanalsystem	24
A.3	Blower-Door	25
A.4	Ventilatoren von raumluftechnischen Anlagen.....	25
Anhang B (informativ) Abhängigkeit der Dichte der Luft von Temperatur, Taupunkt und Luftdruck.....		
Anhang C (informativ) Empfohlenes Verfahren zur Abschätzung der Unsicherheit abgeleiteter Größen.....		
Anhang D (informativ) Windstärkeskala nach Beaufort (Auszug)		
Anhang E (informativ) Feststellen der Lage der Leckagen		

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 9972:2015) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 163 „Thermal performance and energy use in the built environment“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 89 „Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom SIS gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis März 2016, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2016 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 13829:2000.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 9972:2015 wurde vom CEN als EN ISO 9972:2015 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von ISO Technischen Komitees durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der WTO-Grundsätze zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: Foreword - Supplementary information.

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/TC 163, *Thermal performance and energy use in the built environment*, Unterkomitee SC 1, *Test and measurement methods*.

Diese dritte Ausgabe ersetzt die zweite Ausgabe (ISO 9972:2006), welche technisch überarbeitet wurde.

Einleitung

Das Differenzdruckverfahren ist dafür vorgesehen, die Luftdurchlässigkeit der Hülle von Gebäuden oder von Gebäudeteilen zu charakterisieren. Es kann z. B. angewendet werden:

- a) um die Luftdurchlässigkeit eines Gebäudes oder Gebäudeteils zu messen, um auf die Erfüllung einer Anforderung an die Luftdichtheit hin zu prüfen;
- b) um die relative Luftdurchlässigkeit verschiedener gleichartiger Gebäude oder Gebäudeteile miteinander zu vergleichen; und
- c) um die Verringerung der Luftleckage zu bestimmen, die durch einzelne, nacheinander ausgeführte Verbesserungsmaßnahmen an einem bestehenden Gebäude oder Gebäudeteil erreicht wurde.

Das Differenzdruckverfahren misst nicht die Luftinfiltrationsrate eines Gebäudes. Die Ergebnisse dieses Verfahrens können dazu verwendet werden, die Luftinfiltrationsrate und die sich daraus ergebende Wärmelast rechnerisch abzuschätzen.

Zur direkten Messung der Luftinfiltrationsrate stehen andere Verfahren zur Verfügung, z. B. das Indikatorgasverfahren. Eine einzelne Indikatorgasmessung liefert allerdings nur beschränkte Informationen zur Wirksamkeit der Lüftung und Infiltration in Gebäuden.

Das Differenzdruckverfahren ist geeignet für Messungen des Luftstroms von außen nach innen durch das Bauteil hindurch oder umgekehrt. Messungen des Luftstroms von außen in das Bauteil hinein und wieder zurück nach außen sind damit nicht möglich.

Die ordnungsgemäße Anwendung der vorliegenden Internationalen Norm setzt die Kenntnis der Grundsätze der Messung von Luftvolumenströmen und Drücken voraus. Ideale Bedingungen für die in dieser Internationalen Norm beschriebene Prüfung sind geringe Temperaturdifferenzen und geringe Windgeschwindigkeiten. Hinsichtlich der Feldmessungen muss beachtet werden, dass die Feldbedingungen vom Idealfall abweichen können. Dennoch sind starke Winde und große Temperaturunterschiede zwischen innen und außen zu vermeiden.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm ist für die Messung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden oder Gebäudeteilen vor Ort vorgesehen. Sie legt die Anwendung von mechanisch erzeugtem Über- oder Unterdruck in Gebäuden oder Gebäudeteilen fest. Sie beschreibt die Messung der Luftvolumenströme in Abhängigkeit von verschiedenen statischen Druckdifferenzen zwischen innen und außen.

Die vorliegende Internationale Norm dient der Messung der Luftleckage der Gebäudehülle von Einzonen-Gebäuden. Für die Anwendung dieser Internationalen Norm können zahlreiche Mehrzonen-Gebäude als Einzonen-Gebäude behandelt werden, indem Innentüren geöffnet werden oder in angrenzenden Zonen gleiche Drücke erzeugt werden.

Die Internationale Norm behandelt nicht die Ermittlung der Luftdurchlässigkeit einzelner Bauteile.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 7345, *Thermal insulation — Physical quantities and definitions*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 7345 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

Leckagestrom

Luftvolumenstrom durch die Gebäudehülle

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Luftbewegung umfasst die Strömung durch Fugen, Risse und poröse Oberflächen oder eine Kombination daraus und wird durch die in dieser Internationalen Norm angewendete Luftfördereinrichtung verursacht (siehe Abschnitt 4).

3.1.2

Gebäudehülle

Grenze oder Sperre, die das Innere des zu prüfenden Gebäudes oder Gebäudeteils von der äußeren Umgebung oder einem anderen Gebäude oder Gebäudeteil trennt

3.1.3

Luftwechselrate

auf das Innenvolumen bezogener Leckagestrom durch die Gebäudehülle

3.1.4

Luftdurchlässigkeit

auf die Hüllfläche bezogener Leckagestrom durch die Gebäudehülle

3.1.5

Luftdurchlässigkeit

spezifischer Leckagestrom

<Hülle> hüllflächenbezogener Leckagestrom bei der Bezugsdruckdifferenz über die Gebäudehülle

3.1.6

spezifischer Leckagestrom

<Grundfläche> nettogrundflächenbezogener Leckagestrom bei der Bezugsdruckdifferenz über die Gebäudehülle

3.1.7

effektive Leckagefläche

Leckagefläche, berechnet für die Bezugsdruckdifferenz über die Gebäudehülle

3.1.8

spezifische effektive Leckagefläche

<Hülle> hüllflächenbezogene Leckagefläche bei der Bezugsdruckdifferenz über die Gebäudehülle

3.1.9

spezifische effektive Leckagefläche

<Grundfläche> nettogrundflächenbezogene Leckagefläche bei der Bezugsdruckdifferenz über die Gebäudehülle

3.1.10

Schließen einer Öffnung

Öffnung mit der an der Öffnung vorhandenen Schließvorrichtung in die geschlossene Stellung bringen, ohne die Luftdichtheit der Öffnung zusätzlich zu erhöhen

Anmerkung 1 zum Begriff: Sofern es nicht möglich ist, die Öffnung zu verschließen (d. h. ohne Schließvorrichtung), bleibt sie geöffnet.

3.1.11

Abdichten einer Öffnung

hermetisches Verschließen einer Öffnung mit den angemessenen Hilfsmitteln (Klebstoff, aufblasbarer Ballon, Stopfen usw.)

3.2 Symbole

Symbol	Größe	Einheit
A_E	Hüllfläche	m^2
A_F	Grundfläche	m^2
ELA_{pr}	effektive Leckagefläche bei der Bezugsdruckdifferenz	m^2
ELA_{Epr}	spezifische effektive hüllflächenbezogene Leckagefläche bei der Bezugsdruckdifferenz	m^2/m^2
ELA_{Fpr}	spezifische effektive grundflächenbezogene Leckagefläche bei der Bezugsdruckdifferenz	m^2/m^2
C_{env}	Strömungskoeffizient	$m^3/(h \cdot Pa^n)$
C_L	Leckagekoeffizient	$m^3/(h \cdot Pa^n)$
n_{pr}	Luftwechselrate bei der Bezugsdruckdifferenz	h^{-1}

Symbol	Größe	Einheit
p	Druck	Pa
p_{bar}	unkorrigierter Luftdruck	Pa
p_v	Wasserdampfpartialdruck	Pa
p_{vs}	Wasserdampfsättigungsdruck	Pa
q_{50}	Leckagestrom bei 50 Pa	m ³ /h
q_{Epr}	Luftdurchlässigkeit bei der Bezugsdruckdifferenz über der Gebäudehülle	m ³ /(h·m ²)
q_{Fpr}	spezifischer grundflächenbezogener Leckagestrom bei der Bezugsdruckdifferenz über die Gebäudehülle	m ³ /(h·m ²)
q_m	gemessener Volumenstrom	m ³ /h
q_{pr}	Leckagestrom bei der Bezugsdruckdifferenz	m ³ /h
q_r	abgelesener Volumenstrom	m ³ /h
V	Innenvolumen	m ³
Δp	erzeugte Druckdifferenz	Pa
Δp_0	natürliche Druckdifferenz (Mittelwert)	Pa
$\Delta p_{0,1}; \Delta p_{0,2}$	natürliche Druckdifferenz vor und nach der Prüfung (Luftfördereinrichtung geschlossen)	Pa
$\Delta p_{0+}; \Delta p_{0-}$	Mittelwert aus den positiven bzw. den negativen Werten der natürlichen Druckdifferenz (wobei + und – für Überdruck bzw. Unterdruck über die Gebäudehülle stehen)	Pa
Δp_m	gemessene Druckdifferenz	Pa
Δp_r	Bezugsdruckdifferenz	Pa
φ	relative Luftfeuchte	—
T_0	absolute Temperatur unter Normbedingungen	K
T_e	absolute Temperatur der Außenluft	K
T_{int}	absolute Temperatur der Innenluft	K
θ	Celsiustemperatur	°C
ρ	Dichte der Luft	kg/m ³
ρ_0	Dichte der Luft unter Normbedingungen	kg/m ³
ρ_e	Dichte der Außenluft	kg/m ³
ρ_{int}	Dichte der Innenluft	kg/m ³

4 Geräte

4.1 Allgemeines

Die folgende Gerätebeschreibung ist allgemein gehalten. Jede Ausrüstungskonfiguration, die nach den gleichen Grundsätzen funktioniert und mit der das Prüfverfahren innerhalb der zulässigen Toleranzen durchgeführt werden kann, ist zulässig. Beispiele für üblicherweise angewendete Ausrüstungskonfigurationen werden in Anhang A angegeben.

Die regelmäßige Kalibrierung des für dieses Prüfverfahren angewendeten Messsystems entsprechend den Spezifikationen des Herstellers oder genormten Qualitätssicherungssystemen ist erforderlich.

4.2 Ausrüstung

4.2.1 Luftfördereinrichtung

Gerät, das einen bestimmten Bereich von Über- und Unterdruckdifferenzen über die Gebäudehülle oder einem Teil davon erzeugen kann. Für den Zeitraum, der erforderlich ist, um die Ablesewerte des Volumenstroms zu erhalten, muss das System bei jeder Druckdifferenz einen konstanten Luftstrom liefern.

4.2.2 Druckmessgerät

Instrument, das in der Lage ist, Druckdifferenzen mit einer Genauigkeit von ± 1 Pa im Bereich von 0 Pa bis 100 Pa zu messen.

4.2.3 Volumenstrom-Messgerät

Gerät, das in der Lage ist, Luftvolumenströme mit einer Genauigkeit von ± 7 % des Messwerts zu messen.

Sorgfalt ist geboten, wenn das der Messung des Volumenstroms zugrunde liegende Prinzip auf einer Blende beruht. Der abgelesene Volumenstrom ist entsprechend der Dichte der Luft zu korrigieren [siehe Gleichung (2)].

4.2.4 Temperatur-Messgerät

Instrument, das in der Lage ist, die Temperatur mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5$ K zu messen.

5 Messverfahren

5.1 Messbedingungen

5.1.1 Allgemeines

Es bestehen zwei Arten der Durchführung dieses Messverfahrens: Erzeugung von Unterdruck oder Überdruck im Gebäude oder Gebäudeteil. Die Luftleckage der Gebäudehülle kann unabhängig von der Art der Durchführung gemessen werden. Die Genauigkeit dieses Messverfahrens ist in hohem Maße von den angewendeten Geräten und der angewendeten Ausrüstung sowie von den Umgebungsbedingungen abhängig, unter denen die Daten gewonnen werden.

ANMERKUNG 1 Überdruck bedeutet, dass der Druck innerhalb des Gebäudes höher ist als außerhalb. Unterdruck bedeutet, dass der Druck innerhalb des Gebäudes geringer ist als außerhalb.

ANMERKUNG 2 Wenn das Produkt aus der Differenz der Temperatur der Innenluft und der Temperatur der Außenluft, angegeben in Kelvin, multipliziert mit der Höhe, angegeben in Meter, des Gebäudes oder des gemessenen Gebäudeteiles ein Ergebnis größer als 250 mK ergibt, ist es unwahrscheinlich, dass man eine zufriedenstellende natürliche Druckdifferenz erhält (siehe 5.3.3).

ANMERKUNG 3 Wenn die Windgeschwindigkeit in Bodennähe 3 m/s oder die meteorologische Windgeschwindigkeit 6 m/s übersteigt oder wenn die Windstärke nach Beaufort 3 erreicht, ist es unwahrscheinlich, dass man eine zufriedenstellende natürliche Druckdifferenz erhält (siehe 5.3.3)^{N1}.

5.1.2 Messumfang

Der gemessene Umfang des Gebäudes oder Gebäudeteils ist vom Zweck der Prüfung abhängig und folgendermaßen festgelegt:

- a) Üblicherweise umfasst der gemessene Gebäudeteil alle absichtlich konditionierten Räume (d. h. Räume, die dafür vorgesehen sind, als Ganzes direkt oder indirekt beheizt, gekühlt und/oder belüftet zu werden).
- b) Falls das Ziel der Messung in der Erfüllung einer Anforderung an die Luftdichtheit entsprechend einer Bauordnung oder Norm besteht und der Messumfang in dieser Bauordnung oder dieser Norm festgelegt ist, muss er dieser Bauordnung oder dieser Norm entsprechen.
- c) Falls das Ziel der Messung in der Erfüllung einer Anforderung an die Luftdichtheit entsprechend einer Bauordnung oder Norm besteht und der Messumfang nicht in dieser Bauordnung oder dieser Norm festgelegt ist, muss er a) entsprechen.
- d) In Sonderfällen kann der Messumfang in Absprache mit dem Auftraggeber festgelegt werden.

Einzelne Teile eines Gebäudes können separat gemessen werden; z. B. kann jede Wohnung eines Mehrfamilienhauses für sich gemessen werden. Bei der Beurteilung der Ergebnisse muss jedoch berücksichtigt werden, dass die so gemessene Luftleckage auch Strömungen durch Lecks in angrenzende Gebäudeteile umfassen kann.

ANMERKUNG 1 Es ist möglich, dass ein Mehrfamilienhaus als Ganzes die Anforderungen an die Luftdichtheit erfüllt, jedoch eine oder mehrere einzelne Wohnungen diese nicht einhalten.

ANMERKUNG 2 Die gute Praxis verlangt die Messung der in Nachbarräumen wie Dachboden, Keller oder angrenzenden Wohnungen erzeugten Drücke, weil das Prüfverfahren Luftströme in diese Räume oder aus diesen heraus bewirken kann.

5.1.3 Messzeitpunkt

Die Messung kann erst stattfinden, nachdem die Hülle des zu prüfenden Gebäudes oder Gebäudeteils fertiggestellt ist.

ANMERKUNG Durch eine vorgezogene Luftdurchlässigkeitsmessung der Luftdichtheitsschicht des im Bauprozess befindlichen Gebäudes können Leckagen möglicherweise einfacher repariert werden als nach Fertigstellung des Gebäudes.

N1) Nationale Fußnote: Erfahrungsgemäß ist es erst mit dem Übersteigen von 3 Beaufort unwahrscheinlich, dass man eine zufriedenstellende natürliche Druckdifferenz erhält.

5.2 Vorbereitung

5.2.1 Verfahren zur Vorbereitung des Gebäudes

Die vorliegende Internationale Norm beschreibt in Abhängigkeit vom Prüfzweck verschiedene Arten von Prüfverfahren. Die Vorbereitung des Gebäudes ist abhängig vom ausgewählten Prüfverfahren.

- a) Verfahren 1 ist die Prüfung des Gebäudes im Nutzungszustand, wobei die Öffnungen für freie Lüftung geschlossen und die Öffnungen für ventilatorgestützte Lüftung oder Klimatisierung des Gesamtgebäudes abgedichtet sind.
- b) Verfahren 2 ist die Prüfung der Gebäudehülle, wobei alle absichtlich vorhandenen Öffnungen abgedichtet sowie die Türen, Fenster und Falltüren geschlossen sind.
- c) Verfahren 3 ist die Prüfung des Gebäudes zu einem bestimmten Zweck, wobei die absichtlich vorhandenen Öffnungen entsprechend den im jeweiligen Land geltenden Normen oder Richtlinien an diesen Zweck angepasst sind.

ANMERKUNG Die Auswahl des Verfahrens ist vom Zweck der Prüfung abhängig. So könnte Verfahren 1 im Kontext von Reinräumen, Verfahren 2 für den Vergleich verschiedener Bauweisen und Verfahren 3 für die Erfüllung einer Anforderung an die Luftdichtheit entsprechend einer Bauordnung oder Norm, im Kontext der Berechnung der Energieeffizienz von Gebäuden, angewendet werden.

5.2.2 Heizungs-, Lüftungs- und Klima-Anlagen und weitere haustechnische Anlagen

Sämtliche Geräte, die Luft von außen ansaugen oder nach außen ausblasen und die nicht zur bestimmungsgemäßen Erzeugung des Über(Unter-)drucks nach 5.2.5 genutzt werden, sind auszuschalten, z. B. Heizungsanlagen mit Raumluftverbund, ventilatorgestützte Lüftungs- und Klimaanlage, Dunstabzugshauben, Wäschetrockner usw. Geruchsverschlüsse in Rohrleitungssystemen sind mit Wasser zu füllen oder abzudichten.

Offene Feuerstellen sind von Asche zu reinigen.

Gefährdungen durch Abgase aus Heizungsanlagen sind durch geeignete Maßnahmen zu vermeiden. Dabei sind auch Wärmequellen in angrenzenden Wohnungen zu berücksichtigen.

5.2.3 Absichtlich vorhandene Öffnungen in der Gebäudehülle

Für Verfahren 1:

Sämtliche Fenster, Türen und Falltüren in der Gebäudehülle sind zu schließen.

Der freien Lüftung dienende Lüftungsöffnungen in der Gebäudehülle sind zu schließen.

Öffnungen für die ventilatorgestützte Lüftung oder Klimatisierung des Gesamtgebäudes sind abzudichten, d. h. Folgendes ist abzudichten:

- a) entweder die Hauptleitungen zwischen dem Ventilator und der Gebäudehülle,
- b) oder alle einzelnen Zu- und Abluftdurchlässe,
- c) oder die Öffnungen nach außen (Außen- und Fortluftdurchlässe).

Weitere absichtlich vorhandene Öffnungen in der Gebäudehülle, einschließlich zeitweise betriebener ventilatorgestützter Lüftungs- oder Klimaanlage, sind zu schließen.

Feuer- und Rauchschutzvorrichtungen müssen sich in ihrer üblichen Nutzungsstellung befinden: z. B. Feuer- und Rauchschutzvorrichtungen, die üblicherweise geschlossen sind und sich im Falle eines Feuers automatisch öffnen, bleiben geschlossen; Feuer- und Rauchschutzvorrichtungen, die üblicherweise geöffnet sind und sich im Falle eines Feuers automatisch schließen, bleiben geöffnet.

Öffnungen in der Gebäudehülle, die nicht zur Lüftung vorgesehen sind, beispielsweise ein in der Außentür oder -wand eingebauter Briefkasten, Feuerungseinrichtungen usw., sind zu schließen. Risse in der Gebäudehülle sind ausgenommen.

Es dürfen keine weiteren Maßnahmen getroffen werden, um die Luftdichtheit der Gebäudehülle zu verbessern.

Für Verfahren 2:

Sämtliche Fenster, Türen und Falltüren in der Gebäudehülle sind zu schließen.

Der freien Lüftung dienende Lüftungsöffnungen sind abzudichten. Öffnungen für die ventilatorgestützte Lüftung oder Klimatisierung sind wie für Verfahren 1 festgelegt abzudichten.

Sämtliche übrigen absichtlich vorhandenen Öffnungen in der Gebäudehülle, ausgenommen die geschlossen bleibenden Fenster, Türen und Falltüren, sind abzudichten.

Für Verfahren 3:

Die absichtlich vorhandenen Öffnungen in der Gebäudehülle sind in Abhängigkeit vom spezifischen Prüfzweck (z. B. Prüfung auf Erfüllung einer Anforderung an die Luftdichtheit entsprechend einer Bauordnung oder Norm) zu schließen, abzudichten oder zu öffnen.

Öffnungen in der Gebäudehülle, die nicht zur Lüftung vorgesehen sind, sind in Abhängigkeit vom spezifischen Prüfzweck zu schließen, abzudichten oder zu öffnen.

Für alle Verfahren:

Es sind allgemeine Beobachtungen zum Gebäudezustand zu machen. Es sind Aufzeichnungen zu Fenstern, Türen, undurchsichtigen Wänden, Dächern und Fußböden sowie zum Zustand einstellbarer Öffnungen und jeglicher Abdichtungen an absichtlich vorhandenen Öffnungen zu erstellen.

Tabelle 1 — Zustand von Öffnungen während der Messung

Klassifizierung der Öffnungen in Gebäuden	Verfahren 1 Gebäude im Nutzungszustand	Verfahren 2 Gebäudehülle	Verfahren 3 Spezifischer Zweck
Lüftungsöffnungen für freie Lüftung	geschlossen	abgedichtet	geschlossen, abgedichtet oder offen, je nach Festlegung
Öffnungen für ventilatorgestützte Lüftung oder Klimatisierung des Gesamtgebäudes	abgedichtet	abgedichtet	geschlossen, abgedichtet oder offen, je nach Festlegung
Öffnungen für ventilatorgestützte Lüftung oder Klimatisierung (nur zeitweise Nutzung)	geschlossen	abgedichtet	geschlossen, abgedichtet oder offen, je nach Festlegung
Fenster, Türen und Falltüren in der Gebäudehülle	geschlossen	geschlossen	geschlossen, abgedichtet oder offen, je nach Festlegung
Öffnungen, die nicht für die Lüftung vorgesehen sind	geschlossen	abgedichtet	geschlossen, abgedichtet oder offen, je nach Festlegung

5.2.4 Öffnungen innerhalb des untersuchten Gebäudeteils

Das/der gesamte zu prüfende Gebäude oder Gebäudeteil muss so gestaltet werden, dass es/er sich bei Druckbeaufschlagung wie eine einzelne Zone verhält.

Alle Verbindungsöffnungen (Türen, Falltüren usw.) im zu prüfenden Gebäudeteil sind zu öffnen.

Aus praktischen Gründen und zum Zwecke der Sicherheit ist es zulässig, einige Türen geschlossen zu halten, z. B. die Zugangstüren zu Aufzügen oder Hochspannungsräumen.

5.2.5 Luftfördereinrichtung

Die Luftfördereinrichtung wird an einem Fenster, einer Tür oder einer Lüftungsöffnung in die Gebäudehülle eingebaut. Es ist sicherzustellen, dass die Fugen zwischen der Luftfördereinrichtung und dem Gebäude abgedichtet sind, um jegliche Leckagen zu beseitigen.

Wenn die Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage des Gebäudes als Luftfördereinrichtung verwendet wird, sind die Ventilatoren und Drosselklappen so anzuordnen, dass die Anlage auf eine Weise Über- oder Unterdruck im Gebäude erzeugen kann, dass der gesamte nach innen oder nach außen gehende Volumenstrom gemessen werden kann (siehe A.4).

ANMERKUNG Bei der Auswahl der Einbauposition für die Luftfördereinrichtung ist sorgfältig vorzugehen. Es ist möglich, dass das/die gewählte Tür, Fenster oder Lüftungsöffnung eine große Undichtheit für das Gebäude darstellt und von der Messung wegen des Vorhandenseins der Luftfördereinrichtung ausgenommen wird.

5.2.6 Druckmessvorrichtungen

Die Druckdifferenz zwischen innen und außen wird für gewöhnlich auf der untersten Geschossebene der zu untersuchenden Gebäudehülle gemessen.

ANMERKUNG Bei hohen Gebäuden ist es gute Praxis, die Druckdifferenz gleichfalls auf der obersten Geschossebene der zu untersuchenden Gebäudehülle zu messen.

Es ist sicherzustellen, dass die innere und die äußere Druckmessstelle nicht durch die Luftfördereinrichtung beeinflusst werden. Die außen befindliche Druckmessstelle sollte vor Auswirkungen des dynamischen Drucks durch z. B. das Anbringen eines T-Stücks oder eine perforierte Schachtel geschützt werden. Besonders bei windigen Bedingungen ist es gute Praxis, die außen befindliche Druckmessstelle in einiger Entfernung vom Gebäude, jedoch nicht in unmittelbarer Nähe zu anderen Hindernissen aufzustellen.

Bei der Druckmessung dürfen die Schläuche keinen großen Temperaturunterschieden (z. B. aufgrund von Sonnenstrahlung) ausgesetzt werden.

5.3 Verfahrensschritte

5.3.1 Vorausgehende Prüfung

Die gesamte Gebäudehülle ist immer nahe der höchsten Druckdifferenz, die bei der Prüfung verwendet wird, auf große Lecks und auf das Versagen provisorisch abgedichteter Öffnungen zu prüfen. Werden solche Lecks entdeckt, sind sie ausführlich zu beschreiben.

Jede fehlende oder unzulängliche provisorische Abdichtung, z. B. bei Bestandteilen der Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik, ist bei dieser Gelegenheit zu befestigen.

5.3.2 Temperatur- und Windbedingungen

Um den Volumenstrom entsprechend der Dichte der Luft korrigieren zu können, sind direkt vor, während oder direkt nach der Messung die Innen- und die Außentemperatur zu bestimmen.

Die Windgeschwindigkeit oder Windstärke ist aufzuzeichnen. Die Bestimmung der Windstärke durch eine Sichtbewertung von Bäumen, Wasser, usw. mithilfe der Beaufortskala (siehe Tabelle D.1) ist ausreichend.

5.3.3 Natürliche Druckdifferenz

Das Druckmessgerät ist kurzzuschließen, und der Nullpunkt ist zu Beginn der Prüfung zu überprüfen oder nachzustellen.

Die Öffnung der Luftfördereinrichtung ist zeitweilig zu verschließen, und das Druckmessgerät ist anzuschließen, um die Druckdifferenz zwischen innen und außen zu messen. Die Werte der natürlichen Druckdifferenz sind für die Dauer von mindestens 30 s (mindestens zehn Werte) aufzuzeichnen und es ist zu berechnen

- der Mittelwert der Positivwerte der natürlichen Druckdifferenz, Δp_{01+} ,
- der Mittelwert der Negativwerte der natürlichen Druckdifferenz, Δp_{01-} und
- der Mittelwert aller Werte der natürlichen Druckdifferenz, Δp_{01} .

Dieser Vorgang ist am Ende der Prüfung zu wiederholen (um die Werte Δp_{02+} , Δp_{02-} und Δp_{02} zu erhalten).

Sollte der Betrag von Δp_{01+} , Δp_{01-} , Δp_{02+} oder Δp_{02-} höher als 5 Pa sein, gilt die Prüfung als nicht bestanden. Falls für solch eine Prüfung ein Prüfbericht verfasst wird, ist das Nichterfüllen der geforderten Prüfbedingungen im Bericht anzugeben.

ANMERKUNG Der Bezugspunkt für die Druckmessung (null) ist außen.

5.3.4 Differenzdruck-Messreihe

Die Abdeckung ist von der Luftfördereinrichtung abzunehmen und die Einrichtung ist einzuschalten.

Die Prüfung wird vorgenommen, indem über einen Bereich der erzeugten Druckdifferenzen in Schritten von nicht mehr als etwa 10 Pa Messungen des Volumenstroms und der Druckdifferenz zwischen innen und außen durchgeführt werden. Für jede Prüfung sind mindestens fünf etwa gleich weit voneinander entfernte Datenpunkte zwischen der kleinsten und der größten Druckdifferenz zu definieren.

Die kleinste Druckdifferenz muss etwa 10 Pa (d. h. mit einer zulässigen Abweichung von ± 3 Pa) oder das Fünffache des Wertes der natürlichen Druckdifferenz (Δp_{01}) betragen, je nachdem, welcher Wert höher ist.

Die höchste Druckdifferenz muss mindestens 50 Pa betragen; um die höchste Genauigkeit der berechneten Ergebnisse zu erhalten, wird jedoch empfohlen, Ablesungen bei Druckdifferenzen bis hinauf zu 100 Pa vorzunehmen.

Weil jedoch viele Nicht-Wohngebäude sehr groß sind und aufgrund der praktischen Grenzen der Kapazität transportierbarer Luftfördereinrichtungen, mit denen derartige Gebäude geprüft werden, ist eine Druckdifferenz von 50 Pa möglicherweise nicht erreichbar. In diesen Fällen sollten entweder zusätzliche Luftfördereinrichtungen oder solche mit einer höheren Kapazität eingesetzt werden (um die Gesamtkapazität zu erhöhen) und/oder die Prüfung darf bis zu der höchsten Druckdifferenz durchgeführt werden, die mit der verfügbaren Luftförderausrüstung erreichbar ist. In diesen Fällen ist die Prüfung ungültig, außer es kann

eine Druckdifferenz von 25 Pa erzielt werden. In den Fällen, in denen die höchste Druckdifferenz zwischen 25 Pa und 50 Pa beträgt, ist das im Prüfbericht deutlich zu vermerken, mit der Feststellung, dass die Anforderungen der vorliegenden Internationalen Norm nicht vollständig erfüllt wurden, sowie mit der entsprechenden Begründung. Eine alternative Lösung besteht darin, große Gebäude zu messen, indem sie in mehrere kleinere Teile untergliedert werden.

Es wird empfohlen, zwei Messreihen durchzuführen: eine bei Über- und eine bei Unterdruck. Um die Anforderungen der vorliegenden Internationalen Norm noch zu erfüllen, ist es jedoch auch zulässig, nur eine Messreihe bei entweder Über- oder Unterdruck zu erstellen.

ANMERKUNG 1 Daten bei höheren Druckdifferenzen sind genauer als solche bei geringeren. Deshalb ist es wichtig, im Falle von Messungen bei geringen Druckdifferenzen besonders sorgfältig vorzugehen.

ANMERKUNG 2 Es ist ratsam zu überprüfen, dass sich der Zustand der Gebäudehülle während der Prüfung nicht geändert hat, z. B. dass abgedichtete Öffnungen nicht undicht geworden sind oder Türen, Fenster oder Luftklappen durch den erzeugten Druck nicht aufgedrückt wurden.

6 Auswertung

6.1 Bezugsgrößen

In Abhängigkeit vom Zweck der Prüfung, der möglicherweise in der Bestimmung der Übereinstimmung mit einer Bauordnung oder Norm besteht, könnten zusätzliche Bezugsgrößen genutzt werden, wie z. B. die Hüllfläche aus Wand und Dach oder die Hüllfläche, deren Wärmeverluste in der Berechnung der Energieeffizienz der Gebäude berücksichtigt werden. Werden derartige Bezugsgrößen genutzt, sind sie im Prüfbericht zu erklären.

6.1.1 Innenvolumen

Das Innenvolumen V ist das Volumen im Gebäude oder im gemessenen Gebäudeteil.

Zur Berechnung dieses Volumens sind die Gesamttinnenmaße anzusetzen (siehe Bild 1). Für das Volumen der Innenwände oder -böden dürfen keine Subtraktionen vorgenommen werden. Für das Volumen der Hohlräume in der Gebäudehülle dürfen keine Subtraktionen vorgenommen werden.

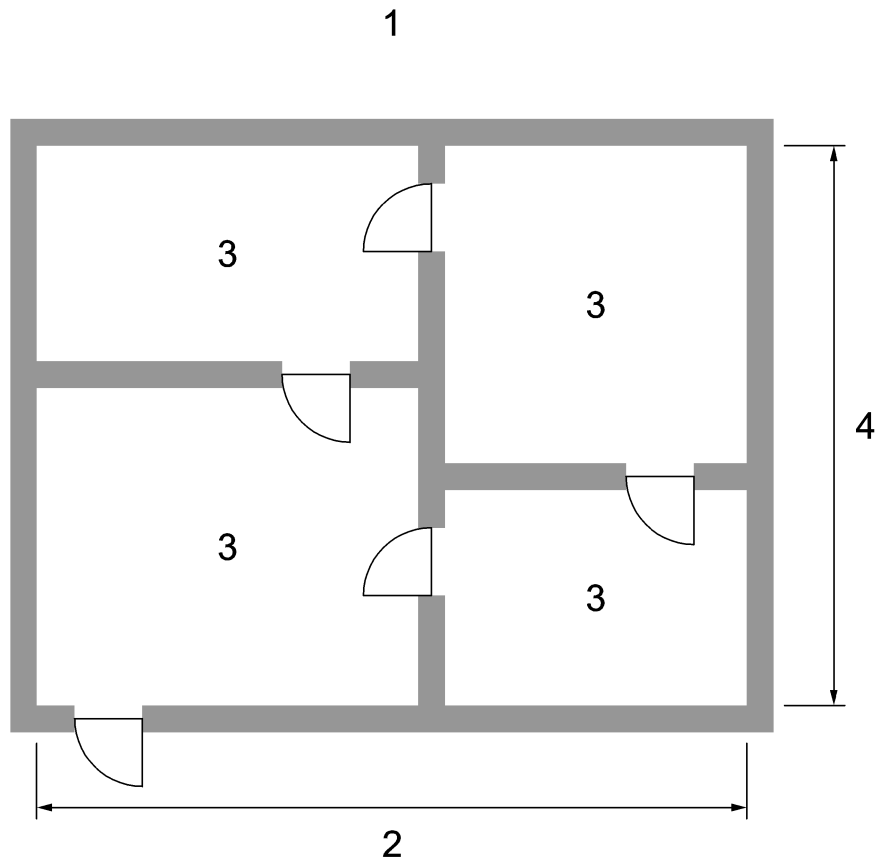
Das Volumen von Möbeln wird nicht subtrahiert.

6.1.2 Hüllfläche

Die Hüllfläche A_E des Gebäudes oder des untersuchten Gebäudeteils ist die Gesamtfläche aller Böden, Wände und Decken, die das Innenvolumen umschließen. Wände und Böden unter Erdbodenniveau sind eingeschlossen.

Um diese Fläche zu berechnen, sind die Gesamttinnenmaße heranzuziehen; z. B. darf die Grundfläche durch Multiplikation der Länge 2 mit der Länge 4 berechnet werden. Die Stirnflächen von Innenwänden, -böden und -decken, die an Außenwände, -böden und -decken grenzen, dürfen nicht abgezogen (siehe Bild 1) werden.

ANMERKUNG Im Kontext der vorliegenden Internationalen Norm zählt/zählen die Gebäudetrennwand/wände eines Reihenhauses zu dessen Hüllfläche. Die Hüllfläche einer Wohnung in einem mehrstöckigen Gebäude umfasst auch die Böden, Wände und Decken gegen angrenzende Wohnungen.



Legende

- 1 außen
- 2 Gesamtinnenbreite
- 3 innen
- 4 Gesamtinnentiefe

Bild 1 — Gesamtinnenmaße im Grundriss

6.1.3 Nettogrundfläche

Die Nettogrundfläche A_F ist die Gesamtfläche aller Böden, die zum Gebäude oder zum gemessenen Gebäudeteil gehören. Sie wird nach nationalen Regeln berechnet.

6.2 Berechnung des Leckagestroms

Nach Gleichung (1) ist für jede gemessene Druckdifferenz Δp_m der Mittelwert der natürlichen Druckdifferenz (Offset) zu subtrahieren, um die erzeugte Druckdifferenz Δp zu erhalten.

Dabei sind die Vorzeichen zu berücksichtigen.

$$\Delta p = \Delta p_m - \frac{\Delta p_{0,1} + \Delta p_{0,2}}{2} \quad (1)$$

Zuerst wird entsprechend den Herstellerangaben jeder abgelesene Volumenstrom q_r abhängig von Temperatur und Druck am Volumenstrommessgerät in den gemessenen Volumenstrom q_m umgerechnet.

$$q_m = f(q_r) \quad (2)$$

Anschließend sind für Unterdruck die Luftvolumenströme q_m in Luftvolumenströme durch die Gebäudehülle q_{env} nach Gleichung (3) umzurechnen.

$$q_{env} = q_m \left(\frac{\rho_{int}}{\rho_e} \right) \approx q_m \left(\frac{T_e}{T_{int}} \right) \quad (3)$$

Dabei ist

ρ_{int} die Dichte der Innenluft, in kg/m^3 ;

ρ_e die Dichte der Außenluft, in kg/m^3 ;

T_{int} die absolute Temperatur der Innenluft, in K;

T_e die absolute Temperatur der Außenluft, in K.

Für Überdruck sind die gemessenen Luftvolumenströme, q_m , in Luftvolumenströme durch die Gebäudehülle, q_{env} , nach Gleichung (4) umzurechnen.

$$q_{env} = q_m \left(\frac{\rho_e}{\rho_{int}} \right) \approx q_m \left(\frac{T_{int}}{T_e} \right) \quad (4)$$

In doppeltlogarithmischer Darstellung ist der Volumenstrom durch die Gebäudehülle über den entsprechenden Druckdifferenzen aufzutragen, um die Leckagekurve für sowohl Über- als auch Unterdruck zu erhalten (siehe Bild 2).

Die umgerechneten Daten werden dazu verwendet, den Strömungskoeffizienten C_{env} und den Strömungsexponenten n entsprechend Gleichung (5) nach der Methode der kleinsten Quadrate zu bestimmen:

$$q_{env} = C_{env} (\Delta p)^n \quad (5)$$

Dabei ist

n der Strömungsexponent;

Δp die erzeugte Druckdifferenz, in Pa;

q_{env} der Volumenstrom durch die Gebäudehülle, in m^3/h .

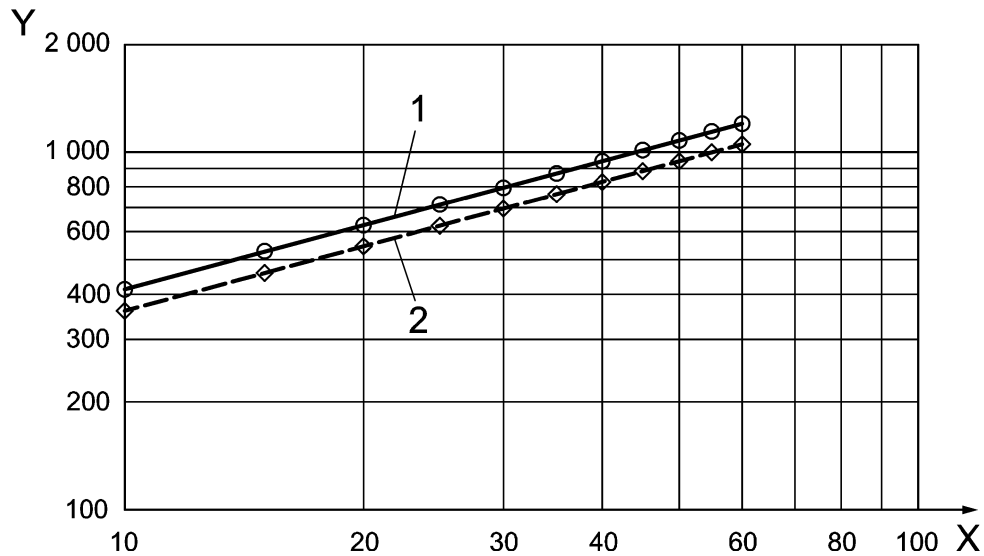
Bei der Ausgleichsrechnung nach Gleichung (5) sollten die Vertrauensintervalle des abgeleiteten Strömungskoeffizienten C_{env} und des abgeleiteten Strömungsexponenten n berechnet werden.

ANMERKUNG C_{env} und n können mit dem Verfahren nach Anhang C berechnet werden.

Weiterhin ist das Bestimmtheitsmaß (der doppeltlogarithmischen Darstellung) r^2 zu berechnen.

C_{env} , n und r^2 sind für Überdruck und Unterdruck jeweils separat zu berechnen.

Damit die Prüfergebnisse im Kontext dieser Internationalen Norm gültig sind, muss n im Bereich von 0,5 bis 1 liegen und r^2 darf 0,98 nicht unterschreiten.



Legende

- X Druckdifferenz, in Pascal
- Y Volumenstrom, in Kubikmeter je Stunde
- 1 Überdruck
- 2 Unterdruck

Bild 2 — Beispiel einer Leckagekurve

Um den Leckagekoeffizienten C_L zu bestimmen, wird der Strömungskoeffizient C_{env} auf Normbedingungen [20 °C und $1,013 \times 10^5$ Pa] korrigiert, wobei für Unterdruck Gleichung (6) und für Überdruck Gleichung (7) gilt:

$$C_L = C_{env} \left(\frac{\rho_e}{\rho_0} \right)^{1-n} \approx C_{env} \left(\frac{T_0}{T_e} \right)^{1-n} \quad (6)$$

Dabei ist

ρ_0 die Dichte der Luft unter Normbedingungen, in kg/m^3 ;

T_0 die absolute Temperatur der Luft unter Normbedingungen, in K.

$$C_L = C_{env} \left(\frac{\rho_{int}}{\rho_0} \right)^{1-n} \approx C_{env} \left(\frac{T_0}{T_{int}} \right)^{1-n} \quad (7)$$

Anhang B enthält die entsprechenden Tabellen und Gleichungen für die Abhängigkeit von ρ von Temperatur, Luftdruck und relativer Luftfeuchte. Im Allgemeinen ist der Einfluss des Luftdrucks vernachlässigbar. Wenn er berücksichtigt werden soll, ist der vor Ort gemessene unkorrigierte Luftdruck oder der Luftdruck entsprechend der Höhe über dem Meeresspiegel heranzuziehen. Die relative Luftfeuchte kann mit 0 % angenommen werden (trockene Luft).

Der Leckagestrom q_{pr} bei der Bezugsdruckdifferenz Δp_r , angegeben in m^3/h , wird nach Gleichung (8) bestimmt.

$$q_{pr} = C_L (\Delta p_r)^n \quad (8)$$

Der Bezugsdruck für den Leckagestrom beträgt üblicherweise 50 Pa, z. B.

$$q_{50} = C_L (50 \text{ Pa})^n$$

6.3 Abgeleitete Größen

6.3.1 Allgemeines

Abgeleitete Größen werden für den mittleren Leckagestrom aus Über- und Unterdruckmessung beim Bezugsdruck berechnet. Für den Fall, dass die Prüfung jedoch nur auf eine Weise durchgeführt wurde, ist der verfügbare Leckagestrom anzusetzen.

6.3.2 Luftwechselrate bei Bezugsdruckdifferenz

Die Luftwechselrate n_{pr} bei Bezugsdruckdifferenz wird nach Gleichung (9) durch Dividieren des Leckagestroms bei derselben Bezugsdruckdifferenz durch das Innenvolumen nach 6.1.1 berechnet:

$$n_{pr} = \frac{q_{pr}}{V} \quad (9)$$

Der Bezugsdruck für diese abgeleitete Größe beträgt üblicherweise 50 Pa.

BEISPIEL

$$n_{50} = \frac{q_{50}}{V}$$

6.3.3 Luftdurchlässigkeit

Die Luftdurchlässigkeit q_{Epr} bei Bezugsdifferenzdruck wird nach Gleichung (10) durch Dividieren des Leckagestroms bei derselben Bezugsdruckdifferenz durch die Hüllfläche nach 6.1.2 berechnet:

$$q_{Epr} = \frac{q_{pr}}{A_E} \quad (10)$$

Der Bezugsdruck für diese abgeleitete Größe beträgt üblicherweise 50 Pa.

BEISPIEL

$$q_{E50} = \frac{q_{50}}{A_E}$$

6.3.4 Spezifischer Leckagestrom (Grundfläche)

Der spezifische Leckagestrom (Grundfläche) q_{Fpr} bei Bezugsdifferenzdruck wird nach Gleichung (11) durch Dividieren des Leckagestroms bei derselben Bezugsdruckdifferenz durch die Grundfläche nach 6.1.3 berechnet:

$$q_{Fpr} = \frac{q_{pr}}{A_F} \quad (11)$$

Der Bezugsdruck für diese abgeleitete Größe beträgt üblicherweise 50 Pa.

BEISPIEL

$$q_{F50} = \frac{q_{50}}{A_F}$$

6.3.5 Effektive Leckagefläche

Die effektive Leckagefläche ELA_{pr} bei der Bezugsdruckdifferenz Δp_r wird nach Gleichung (12) berechnet:

$$ELA_{pr} = \frac{1}{3600} C_L \left(\frac{\rho_0}{2} \right)^{0,5} (\Delta p_r)^{n-0,5} \quad (12)$$

Der Bezugsdruck für diese abgeleitete Größe beträgt üblicherweise 10 Pa.

6.3.6 Spezifische effektive Leckagefläche (Hülle)

Die spezifische Leckagefläche ELA_{Epr} wird nach Gleichung (13) durch Dividieren der Leckagefläche bei der Bezugsdruckdifferenz durch die Hüllfläche nach 6.1.2 berechnet:

$$ELA_{Epr} = \frac{ELA_{pr}}{A_E} \quad (13)$$

Der Bezugsdruck für diese abgeleitete Größe beträgt üblicherweise 10 Pa.

BEISPIEL

$$ELA_{E10} = \frac{ELA_{10}}{A_E}$$

6.3.7 Spezifische effektive Leckagefläche (Grundfläche)

Die spezifische Leckagefläche ELA_{Fpr} wird nach Gleichung (14) durch Dividieren der Leckagefläche bei der Bezugsdruckdifferenz durch die Grundfläche nach 6.1.3 berechnet:

$$ELA_{Fpr} = \frac{ELA_{pr}}{A_F} \quad (14)$$

Der Bezugsdruck für diese abgeleitete Größe beträgt üblicherweise 10 Pa.

BEISPIEL

$$ELA_{F10} = \frac{ELA_{10}}{A_F}$$

7 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- alle Einzelheiten, die erforderlich sind, um das geprüfte Objekt zu identifizieren: postalische Anschrift (einschließlich der Wohnungsnummer, sofern zutreffend) und geschätztes Errichtungsdatum des Gebäudes;
- Verweisung auf die vorliegende Internationale Norm, d. h. ISO 9972, und jegliche Abweichung von dieser;
- Verfahren (1, 2 oder 3) und Art der Durchführung der Prüfung (Überdruck, Unterdruck oder beides);

d) geprüftes Objekt:

- 1) Beschreibung, welche Teile des Gebäudes Gegenstand der Prüfung waren;
- 2) Innenvolumen des untersuchten Gebäudeteils;
- 3) Dokumentation von Berechnungen, sodass die angegebenen Ergebnisse verifiziert werden können;
- 4) Zustand aller Öffnungen in der Gebäudehülle: geschlossen, abgedichtet, offen usw.;
- 5) ausführliche Beschreibung von temporär abgedichteten Öffnungen, sofern vorhanden (einschließlich der Hilfsmittel);
- 6) Lage der Abdichtungen der ventilatorgestützten Lüftung, sofern vorhanden;
- 7) Art der Heizungs-, Lüftungs- und Klima-Anlage;

e) Ausrüstung und Verfahren, d. h. eingesetzte Geräte und Messtechnik;

f) Messdaten:

- 1) natürliche Druckdifferenzen $\Delta p_{0,1+}$, $\Delta p_{0,1-}$, $\Delta p_{0,2+}$, $\Delta p_{0,2-}$, $\Delta p_{0,1}$ und $\Delta p_{0,2}$ für die Prüfung mit Überdruck und die Prüfung mit Unterdruck;
- 2) Innen- und Außentemperatur;
- 3) Windgeschwindigkeit und Luftdruck, sofern dieser Teil der Berechnung ist;
- 4) Tabelle der erzeugten Druckdifferenzen und der zugehörigen Volumenströme;
- 5) Leckagekurve, für ein Beispiel siehe Bild 2;
- 6) Strömungskoeffizient C_{env} , Strömungsexponent n und Leckagekoeffizient C_L für sowohl die Über- als auch die Unterdruckprüfung;
- 7) jegliche abgeleitete Größe und die entsprechenden Bezugsgrößen entsprechend nationalen Regelungen;

g) Prüfdatum.

8 Unsicherheit

8.1 Allgemeines

Die Gesamtunsicherheit einer Prüfung mit Differenzdruck hängt von vielen Faktoren ab. Für jede abgeleitete Größe sollte ein Schätzwert ihres Vertrauensintervalls in die Datenanalyse mit einbezogen werden.

ANMERKUNG Anhang C beschreibt ein vereinfachtes Verfahren zur Abschätzung der Unsicherheit der Größen C und n . Diese Unsicherheit ist nicht die Messunsicherheit.

8.2 Bezugsgröße

Die Genauigkeit von Bezugsgrößen kann durch Fehlerfortpflanzungsrechnung abgeschätzt werden.

ANMERKUNG Typischerweise liegt die Unsicherheit zwischen 3 % und 10 %.

8.3 Gesamtunsicherheit

Die Gesamtunsicherheit der abgeleiteten Größen, die in 6.3.1 bis 6.3.7 für eine Differenzdruckmessung nach dieser Internationalen Norm beschrieben werden, kann durch Fehlerfortpflanzungsrechnung abgeschätzt werden. Diese Berechnung sollte die Unsicherheiten aller ins Endergebnis eingehenden Größen umfassen.

ANMERKUNG Unter windstillen Bedingungen liegt die Gesamtunsicherheit in den meisten Fällen unter 10 %. Unter windigen Bedingungen kann die Gesamtunsicherheit ± 20 % erreichen.

Anhang A (informativ)

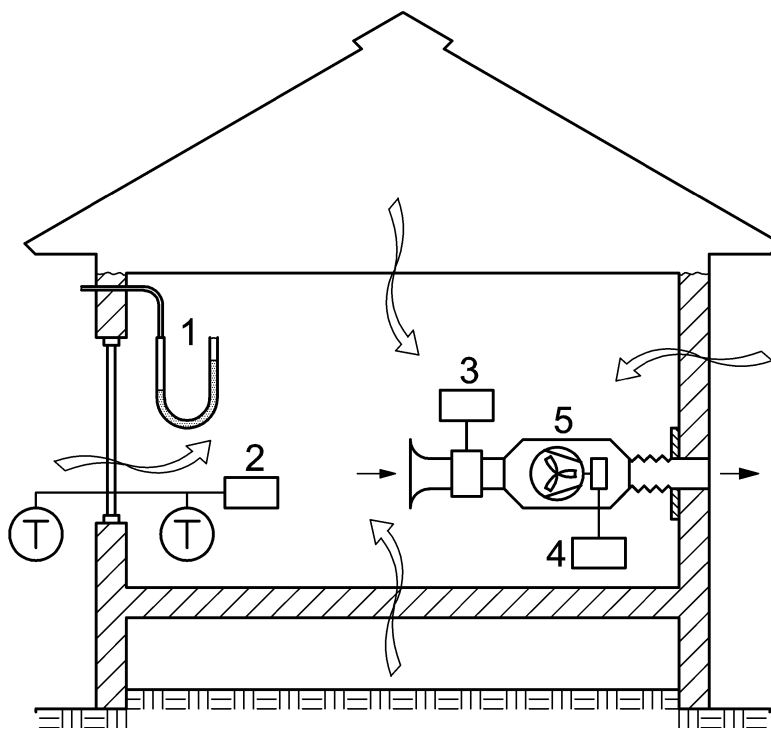
Beschreibung der Ausrüstung zur Erzeugung von Überdruck in Gebäuden

A.1 Allgemeines

Es gibt verschiedene Wege, einen Unterdruck oder Überdruck in der Gebäudehülle zu erzeugen. Die gebräuchlichsten sind in A.2 bis A.4 beschrieben.

A.2 Ventilator mit Luftkanalsystem

Eine Baugruppe aus Ventilator, Luftkanal und Luftvolumenstrom-Messgerät wird mit dem Gebäude verbunden (siehe Bild A.1). Die Größe des Luftkanals und die Kapazität des Ventilators werden so abgestimmt, dass die Strömungsgeschwindigkeit in linearer Richtung im Luftkanal in den Messbereich des Luftvolumenstrom-Messgeräts fällt.



Legende

- 1 Druckmessgerät
- 2 Temperaturmessgerät
- 3 Luftvolumenstrom-Messsystem
- 4 Ventilatorsteuerung
- 5 Ventilator

Bild A.1 — Schematische Darstellung der Messausrüstung zur Prüfung des gesamten Gebäudes

A.3 Blower-Door

Eine Blower-Door ist eine Vorrichtung zur Durchführung von Luftdurchlässigkeitsmessungen der Gebäudehülle. Die Anlage enthält eine Einrichtung zum Tür- oder Fenstereinbau eines Ventilators oder Gebläses, die so einstellbar ist, dass sie in übliche Tür- oder Fensteröffnungen passt. Der Ventilator oder das Gebläse sollte einen Motor mit variabler Drehzahl aufweisen, sodass der erforderliche Volumenstrombereich abgedeckt ist.

A.4 Ventilatoren von raumluftechnischen Anlagen

Um die Luftdurchlässigkeit großer Gebäude zu bestimmen, können möglicherweise die Ventilatoren der Gebäudelüftungsanlage zur Erzeugung von Über- oder Unterdruck im Gebäude genutzt werden. Ein Ortstermin vorab ist ratsam, um die Anzahl der Hauptzuluft- (oder -abluft-)Ventilatoren, die voraussichtliche Luftförderleistung, die Möglichkeit, die Ventilatoren mit entweder 100 % Zuluft oder 100 % Abluft zu betreiben, und die verfügbaren Mittel für die Regelung der Zuluft- (oder Abluft-)Volumenströme (z. B. durch Einstellen der Öffnungen von Drosselklappen oder Anpassen der Ventilator-Drehzahlen) zu ermitteln. Das Luftkanalsystem kann ebenfalls untersucht werden, und geeignete Orte für Messungen des Volumenstroms können ausgewählt werden.

Da es häufig schwierig ist, in einer existierenden raumluftechnischen Anlage die anerkannten Kriterien für Volumenstrom-Messungen in Luftkanälen einzuhalten, kann der Volumenstrom $q_{\text{env},s}$ auch durch konstante Injektion eines Indikatorgases in den in das Gebäude einströmenden Luftstrom bestimmt werden. Der Volumenstrom $q_{\text{env},s}$, in m^3/s (siehe Bild A.1), wird nach Gleichung (A.1) bestimmt.

$$q_{\text{env},s} = \frac{q}{w_B} \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

- q die Indikatorgas-Injektionsrate, in m^3/s ;
- w_B die Indikatorgaskonzentration, in m^3/m^3 .

Besondere Sorgfalt ist dort geboten, wo Drosselklappen und/oder Ventilator Drehzahlen üblicherweise automatisch geregelt werden (z. B. durch Gebäudeleittechnik), um sicherzustellen, dass sie entsprechend den Anforderungen der Prüfung unabhängig eingestellt werden können. Bei einigen raumluftechnischen Anlagen müssen für die Durchführung der Prüfung interne Luftgitter oder Öffnungen möglicherweise ebenfalls abgedichtet werden.

Anhang B (informativ)

Abhängigkeit der Dichte der Luft von Temperatur, Taupunkt und Luftdruck

Die Dichte der Luft ρ , in Kilogramm je Kubikmeter, bei einer Temperatur θ , in Grad Celsius, dem Luftdruck p_{bar} , in Pascal, und der relativen Luftfeuchte φ , in Prozent, kann nach Gleichung (B.1) bestimmt werden:

$$\rho = \frac{p_{\text{bar}} - 0,378\,02p_v}{287,055(\theta + 273,15)} \quad (\text{B.1})$$

Dabei ist

p_v der Wasserdampfpartialdruck in Luft, berechnet nach Gleichung (B.2):

$$p_v = \varphi p_{vs} \quad (\text{B.2})$$

Dabei ist

p_{vs} der Wasserdampfsättigungsdruck der Luft bei einer Temperatur θ , berechnet nach Gleichung (B.3):

$$p_{vs} = \exp \left[59,484\,085 - \frac{6\,790,498\,5}{\theta + 273,15} - 5,028\,02 \ln(\theta + 273,15) \right] \quad (\text{B.3})$$

Die geforderte Genauigkeit beträgt bei einem Messgerät, das die relative Luftfeuchte messen kann, $\pm 5\%$. Die relative Luftfeuchte ist bei der Überdruckprüfung außen und bei der Unterdruckprüfung innen zu messen.

Anhang C (informativ)

Empfohlenes Verfahren zur Abschätzung der Unsicherheit abgeleiteter Größen

Die vorliegende Internationale Norm enthält verschiedene abgeleitete Größen, die häufig dazu verwendet werden, die Luftdurchlässigkeit des untersuchten Gebäudes oder Gebäudeteils zu beschreiben. Das folgende Verfahren wird empfohlen: Alle abgeleiteten Größen hängen von der Abschätzung des Leckagekoeffizienten C und des Strömungsexponenten n , nach den Gleichungen (5) bis (7) ab. Für jeden Messpunkt ist eine logarithmische Umwandlung der Variablen q und Δp vorzunehmen, um C und n zu bestimmen.

$$x_i = \ln(\Delta p_i)$$

$$y_i = \ln(q_i) \quad \text{für } i = 1 \dots N$$

Dabei ist

N die Gesamtanzahl der Messpunkte. Gleichung (5) wird so zu Gleichung (C.1).

$$y = \ln(C) + n x \tag{C.1}$$

Folgende Größen sind zu berechnen:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \tag{C.2}$$

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \tag{C.3}$$

$$s_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \tag{C.4}$$

$$s_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 \tag{C.5}$$

$$s_{xy} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \tag{C.6}$$

Die besten Schätzwerte für n , $\ln(C)$ und C sind dann durch die Gleichungen (C.7) bis (C.9) gegeben:

$$n = \frac{s_{xy}}{s_x^2} \tag{C.7}$$

$$\ln(C) = \bar{y} - n\bar{x} \tag{C.8}$$

$$C = \exp(\bar{y} - n\bar{x}) \tag{C.9}$$

Eine Abschätzung der Vertrauensintervalle von C und n kann wie folgt vorgenommen werden.

Die Standardabweichung von n ist durch Gleichung (C.10) gegeben:

$$s_n = \frac{1}{s_x} \left(\frac{s_y^2 - n s_{xy}}{N - 2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{C.10})$$

Der Schätzwert der Standardabweichung von $\ln(C)$ durch Gleichung (C.11) gegeben:

$$s_{\ln(C)} = s_n \left(\frac{\sum_{i=1}^N x_i^2}{N} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{C.11})$$

Wenn $T(P, N)$ die Vertrauensgrenze der zweiseitigen Student- t -Verteilung für eine Wahrscheinlichkeit P bei N Ereignissen ist, dann ergibt sich die halbe Länge der Vertrauensintervalle für $\ln(C)$ und n bei dieser Wahrscheinlichkeit nach Gleichung (C.12) und Gleichung (C.13):

$$I_{\ln(C)} = s_{\ln(C)} T(P, N - 2) \quad (\text{C.12})$$

$$I_n = s_n T(P, N - 2) \quad (\text{C.13})$$

Die Werte der zweiseitigen Vertrauensgrenzen $T(P, N)$ für eine Student- t -Verteilung sind in Tabelle C.1 angegeben.

Das bedeutet, dass der Strömungsexponent n mit der Wahrscheinlichkeit P im Vertrauensintervall $(n - I_n, n + I_n)$ und der Leckagekoeffizient C mit der Wahrscheinlichkeit P im Vertrauensintervall nach Gleichung (C.14) liegt:

$$\{C \exp[-I_{\ln(C)}], C \exp[I_{\ln(C)}]\} \quad (\text{C.14})$$

Die geschätzte Standardabweichung gegenüber der Regressionsgeraden [Gleichung (C.1)] beim Wert x ergibt sich nach Gleichung (C.15):

$$s_y(x) = s_n \left\{ \frac{N - 1}{N} s_x^2 + (x - \bar{x})^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (\text{C.15})$$

Die halbe Länge des Vertrauensintervalls in der Abschätzung von y nach Gleichung (C.1) ergibt sich für einen beliebigen Wert x nach Gleichung (C.16):

$$I_y(x) = s_y(x) T(P, N - 2) = I_y(\ln \Delta p) \quad (\text{C.16})$$

Daher liegt der nach Gleichung (5) für eine Druckdifferenz Δp vorausgesagte Volumenstrom q mit der Wahrscheinlichkeit P innerhalb des Vertrauensintervalls nach Gleichung (C.17):

$$\{q \exp[-I_y \ln(\Delta p)], q \exp[I_y \ln(\Delta p)]\} \quad (\text{C.17})$$

Tabelle C.1 — Zweiseitige Vertrauensgrenzen $T(P, N)$ für eine Student- t -Verteilung

N	P					
	0,8	0,9	0,95	0,99	0,995	0,999
1	3,078 0	6,313 8	12,706 0	63,657 0	127,320 0	636,619 0
2	1,886 0	2,920 0	4,302 7	9,924 8	14,089 0	31,598 0
3	1,638 0	2,353 4	3,182 5	5,840 9	7,453 3	12,924 0
4	1,533 0	2,131 8	2,776 4	4,604 1	5,597 6	8,610 0
5	1,476 0	2,015 0	2,570 6	4,032 1	4,773 3	6,869 0
6	1,440 0	1,943 0	2,446 9	3,707 4	4,317 0	5,959 0
7	1,415 0	1,894 6	2,364 6	3,499 5	4,029 3	5,408 0
8	1,397 0	1,859 5	2,306 0	3,355 4	3,832 5	5,041 0
9	1,383 0	1,833 1	2,262 2	3,249 8	3,689 7	4,781 0
10	1,372 0	1,812 5	2,228 1	3,169 3	3,581 4	4,578 7
∞	—	1,645 0	1,960 0	2,576 0	2,807 0	3,291 0

In der Praxis kann die vorstehend beschriebene Unsicherheitsanalyse durch Standard-Statistikprogramme am Computer ausgeführt werden.

Anhang D (informativ)

Windstärkeskala nach Beaufort (Auszug)

Tabelle D.1 — Skala nach Beaufort zur Angabe der Windstärke

Windstärke in Beaufort	Bezeichnung der Windstärke	Geschwindigkeitsäquivalent bei einer Normhöhe von 10 m über einem offenen ebenen Boden				Beschreibungen			Wahrscheinliche Wellenhöhe ^a	Wahrscheinliche Wellenhöhe ^a
		Mittlere Geschwindigkeit in Knoten	m s ⁻¹	km h ⁻¹	mph	Wirkung an Land	Wirkung auf dem Meer	Wirkung an der Küste	m	Fuß
0	Windstille, Flaute	< 1	0 bis 0,2	< 1	< 1	Windstille; Rauch steigt senkrecht empor	spiegelglatte See	Windstille	—	—
1	leiser Zug	1 bis 3	0,3 bis 1,5	1 bis 5	1 bis 3	Windrichtung zeigt sich durch abtreibenden Rauch, nicht durch Windfahnen	leichte schuppenartige Kräuselwellen bilden sich aber ohne Schaumkämme	Fischkutter hat nur Steuerungsfahrt	0,1 (0,1)	1/4 (1/4)
2	leichte Briese	4 bis 6	1,6 bis 3,3	6 bis 11	4 bis 7	Wind im Gesicht spürbar; Blätter rascheln; gewöhnliche Windfahnen werden vom Wind bewegt	kleine Kräuselwellen, noch kurz aber ausgeprägter; Kämme haben eine glasige Oberfläche und brechen nicht	Wind füllt die Segel von Kuttern, die dann eine Fahrt von etwa 1 Knoten bis 2 Knoten haben.	0,2 (0,3)	1/2 (1)
3	schwache Briese	7 bis 10	3,4 bis 5,4	12 bis 19	8 bis 12	Blätter und dünne Zweige in ständiger Bewegung; Wimpel werden vom Wind gestreckt	große Kräuselwellen; Kämme beginnen zu brechen; Schaum sieht glasig aus; vielleicht wie zerstreute Schaumflecken	Kutter beginnen zu schwanken und haben eine Fahrt von etwa 3 bis 4 Knoten	0,6 (1)	2 (3)

Windstärke in Beaufort	Bezeichnung der Windstärke	Geschwindigkeitsäquivalent bei einer Normhöhe von 10 m über einem offenen ebenen Boden				Beschreibungen			Wahrscheinliche Wellenhöhe ^a	Wahrscheinliche Wellenhöhe ^a
		Mittlere Geschwindigkeit in Knoten	m s ⁻¹	km h ⁻¹	mph	Wirkung an Land	Wirkung auf dem Meer	Wirkung an der Küste	m	Fuß
4	mäßige Briesse	11 bis 16	5,5 bis 7,9	20 bis 28	13 bis 18	Staub und loses Papier werden vom Boden gehoben; dünne Zweige bewegen sich	kleinere Wellen werden länger; ziemlich häufig Schaumflecken	ordentliche Briesse, Kutter haben mit allen Segeln Schlagseite	1 (1,5)	3 1/2 (5)
5	frische Briesse	17 bis 21	8,0 bis 10,7	29 bis 38	19 bis 24	kleine belaubte Bäume beginnen zu schwanken; auf Binnengewässern bilden sich Kräuselwellen mit Schaumköpfen	mäßige Wellen nehmen eine ausgeprägte längere Form an; viele Schaumflecken bilden sich (Möglichkeit von Gischt)	Kutter holen die Segel ein	2 (2,5)	6 (8 1/2)
6	starker Wind	22 bis 27	10,8 bis 13,8	39 bis 49	25 bis 31	dicke Äste bewegen sich; hörbares Pfeifen an Telefonleitungen; Benutzung von Regenschirmen ist schwierig	große Wellen bilden sich; die weißen Schaumkronen sind überall stärker vorhanden (Möglichkeit von Gischt)	Kutter haben das Großsegel doppelt gerefft; beim Fischen ist Vorsicht geboten	3 (4)	9 1/2 (13)
7	steifer Wind	28 bis 33	13,9 bis 17,1	50 bis 61	32 bis 38	ganze Bäume bewegen sich; Widerstand beim Gehen gegen den Wind	die See türmt sich auf und weißer Schaum wird von den in Streifen in Windrichtung liegenden brechenden Wellen geblasen	Kutter bleiben im Hafen und die auf dem Meer bleiben auch liegen	4 (5,5)	13 1/2 (19)
8	stürmischer Wind	34 bis 40	17,2 bis 20,7	62 bis 74	39 bis 46	Zweige brechen von den Bäumen; das Vorankommen ist allgemein behindert	mäßig hohe Wellen mit größerer Länge; Wellenkämme beginnen in die Gischt zu brechen; der Schaum wird in ausgeprägten Streifen in die Windrichtung geblasen	alle Kutter suchen einen Hafen auf, falls in der Nähe	5,5 (7,5)	18 (25)

Windstärke in Beaufort	Bezeichnung der Windstärke	Geschwindigkeitsäquivalent bei einer Normhöhe von 10 m über einem offenen ebenen Boden				Beschreibungen			Wahrscheinliche Wellenhöhe ^a	Wahrscheinliche Wellenhöhe ^a
		Mittlere Geschwindigkeit in Knoten	m s ⁻¹	km h ⁻¹	mph	Wirkung an Land	Wirkung auf dem Meer	Wirkung an der Küste	m	Fuß
9	Sturm	41 bis 47	20,8 bis 24,4	75 bis 88	47 bis 54	kleinere Schäden an Bauwerken (Rauchhauben und Ziegel werden abgehoben)	hohe Wellen; dichte Schaumstreifen in Windrichtung; Wellenkämme beginnen zu brechen, sich zu drehen und umzurollen; Gischt kann die Sichtweite beeinträchtigen	—	7 (10)	23 (32)
10	schwerer Sturm	48 bis 55	24,5 bis 28,4	89 bis 102	55 bis 63	selten im Landesinnern; Bäume werden entwurzelt; erhebliche Schäden treten an Bauwerken auf	sehr hohe Wellen mit langen überhängenden Kämmen; der resultierende Schaum in großen Flecken wird in dichten weißen Streifen in Windrichtung geblasen; die Meeresoberfläche insgesamt hat ein weißes Aussehen; die Brecher werden schwer und schockartig; die Sichtweite ist beeinträchtigt	—	9 (12,5)	29 (41)
11	orkanartiger Sturm	56 bis 63	28,5 bis 32,6	103 bis 117	64 bis 72	sehr selten im Landesinnern; von weitverbreiteten Schäden begleitet	außergewöhnlich hohe Wellen (es kann sein, dass kleine und mittlere Schiffe für eine Zeit hinter den Wellen nicht zu sehen sind); die See ist vollkommen mit langen weißen Schaumstreifen bedeckt, die in Windrichtung liegen; die Wellenkämme werden überall zu Schaum geblasen; Sichtweite beeinträchtigt	—	11,5 (16)	37 (52)

Windstärke in Beaufort	Bezeichnung der Windstärke	Geschwindigkeitsäquivalent bei einer Normhöhe von 10 m über einem offenen ebenen Boden				Beschreibungen			Wahrscheinliche Wellenhöhe ^a	Wahrscheinliche Wellenhöhe ^a
		Mittlere Geschwindigkeit in Knoten	m s ⁻¹	km h ⁻¹	mph	Wirkung an Land	Wirkung auf dem Meer	Wirkung an der Küste	m	Fuß
12	Orkan	64 und darüber	32,7 und darüber	118 und darüber	73 und darüber	—	die Luft ist mit Schaum und Gischt gefüllt; die See ist vollkommen weiß mit treibender Gischt; Sichtweite sehr stark beeinträchtigt	—	14 (—)	45 (—)

^a Diese Tabelle ist nur als ein Leitfaden vorgesehen, um ungefähr zu zeigen, was auf dem offenen Meer, vom Land entfernt erwartet werden kann. Die Tabelle sollte niemals umgekehrt verwendet werden; d. h. zum Erfassen oder Aufzeichnen des Meereszustandes. Auf Binnengewässern oder in Küstennähe und bei ablandigem Wind sind die Wellenhöhen kleiner und die Wellen steiler. Die Zahlenangaben in Klammern geben die wahrscheinliche maximale Wellenhöhe an.

Anhang E **(informativ)**

Feststellen der Lage der Leckagen

Das Feststellen der Lage der Leckagen ist notwendig, um die Leckagefläche zu verringern und um die Leckageverteilung in Gebäuden abzuschätzen. Die folgenden Verfahren sind möglich.

a) Sukzessives Abkleben

Die Teilfläche der Hülle und/oder die Bauteile, die in Bezug auf die Leckage zu untersuchen sind, werden mit einer Luftdichtungsbahn abgedichtet. Nach der Messung der Leckagefläche mit und ohne Luftdichtungsbahn liefert die Differenz zwischen beiden die zu bestimmende Leckagefläche.

b) Anwendung einer Infrarot-Kamera

Falls eine Temperaturdifferenz zwischen dem Gebäudeinneren und der äußeren Umgebung vorhanden ist, kann während der Prüfung (Unterdruck) eine Wärmebildkamera zum Aufspüren eines Lufteintritts verwendet werden.

c) Anwendung von Rauch

Der Rauch wird erzeugt, um den Luftstrom durch die Gebäudehülle, die Geräte usw. anzuzeigen und den Ort einer Leckage festzustellen. Dieses Verfahren kann praktische Fertigkeiten erfordern, z. B. hinsichtlich der Geschwindigkeit der Raucherzeugung.

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.

d) Anwendung eines Anemometers

Während der Prüfung (Unterdruck oder Überdruck) kann ein Anemometer (Luftgeschwindigkeitsmessgerät) an Stellen der Gebäudehülle oder an Bauteilen platziert werden, an denen Leckagen vermutet werden. Falls das Gerät eine Luftströmung anzeigt, ist dies ein Hinweis auf Leckage.