

Airtightness of buildings
Part 3: Measuring Procedure

Étanche a l'air des bâtiments
Partie 3: Mesure de l'étanche a l'air

Deskriptoren

Luftdichtheit, Luftdichtheitskonzept, Luftdichtheitsebene, Luftdichtheitsmessung

Key Words

Airtightness, building analysis, design, execution, measuring, quality control

Mots-Clés

Étanche a l'air, analyse du bâtiment, projet, exécution, mesurage, contrôle de la qualité

Erläuterungen zum Merkblatt

Das vorliegende WTA Merkblatt »Luftdichtheit im Bestand, Teil 3: Messung der Luftdichtheit« knüpft nahtlos an das WTA Merkblatt »Luftdichtheit im Bestand, Teil 2: Detailplanung und Ausführung« an. Es gibt Hinweise zur Luftdichtheitsmessung an Bestandsgebäuden mit Beschreibungen zu Messzeitpunkten und Gebäudepräparation. Ergänzend sind folgende WTA-Merkblätter in der jeweils aktuellen deutschen Version heranzuziehen:

6-9 »Luftdichtheit im Bestand, Teil 1: Grundlagen der Planung«

6-10 »Luftdichtheit im Bestand, Teil 2: Detailplanung und Ausführung«

Inhalt		Seite
1	Einleitung	4
2	Glossar	4
3	Durchführung von Messungen	4
3.1	Messzweck	4
3.2	Messzeitpunkt	5
3.3	Gebäudepräparation in Abhängigkeit des Messzeitpunktes	6
3.4	Messungen für den Vergleich mit Grenz-/Zielwerten nach der Sanierung	6
3.5	Einpunktmessung bei 50 Pa	6
3.6	Zonenmessung (Schutzdruckmessung)	7
3.7	Abschnittsweise Messungen	7
4	Berechnung von Kennwerten und Bezugsgrößen	7
4.1	Kennwerte	7
4.2	Hüllflächenermittlung A_E	8
4.3	Luftvolumenberechnung V_L	8
4.4	Vergleichbarkeit von Messergebnissen	9
5	Ortung von Luft-Leckagen	9
6	Auswertung von Luft-Leckagen	9
7	Volumenstrommessung	10
8	Dokumentation und Kommunikation	10
9	Literatur	10

**Luftdichtheit im Bestand
Teil 3: Messung der Luftdichtheit**

Deutsche Fassung vom Februar 2025

Referat 6 Bauphysik**Leiter des Referates**

Gregor Scheffler

Leiter der Arbeitsgruppe

Wilfried Walther

Mitglieder der ArbeitsgruppeWolfgang Böttcher
Martin Epple
Stefan Hückstädt
Sören PeperStefanie Rolfsmeier
Oliver Solcher
Benjamin Standecker
Michael Wolf**Erarbeitung des Merkblattes**Beginn der Arbeiten: Oktober 2009
Ende der Arbeiten: November 2015
Merkblattentwurf: März 2014
Endgültige Fassung: Februar 20161. Überarbeitung
Beginn der Arbeiten: Juni 2023
Ende der Arbeiten: Januar 2025
Merkblattentwurf: Februar 2025
Endgültige Fassung: –**ISBN (E-Book) 978-3-7388-1017-2****WTA-Merkblätter****Herausgeber**

WTA International e.V., Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege International e.V.

Schriftleitung

Clemens Hecht, Tobias Steiner

VertriebWTA Publications
Telefon +49-89-57 86 97 27, Fax +49-89-57 86 97 29, email: info@wta-international.org

Die WTA ist stets bemüht in ihren Merkblättern den jeweiligen aktuellen Stand des Wissens festzuhalten. Wenn Sie vor Ablauf der Einspruchsfrist Verbesserungen, Änderungen vorschlagen möchten, wenden Sie sich bitte direkt an den Leiter der Arbeitsgruppe.

© Alle Rechte bei der WTA International e.V.. Nachdruck und Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung gestattet.

Die Angaben in diesem Merkblatt stützen sich auf den derzeitigen Stand unserer Kenntnisse. Die WTA International e.V. kann jedoch keinerlei Haftung übernehmen. Vorschläge oder Einwände, die gegebenenfalls bei einer Neuauflage berücksichtigt werden können, sind an die Geschäftsstelle der WTA International e.V. zu richten.

Bei Streitfällen ist die deutsche Fassung gültig.

Den auftragvergebenden Architekten, Denkmalpflegeämtern und den staatlichen, kommunalen und kirchlichen Bauämtern wird nahegelegt, auf dieses und die weiteren Merkblätter der WTA zum Bautenschutz und zur Bauwerksinstandsetzung in Ausschreibungen und Aufträgen Bezug zu nehmen und deren Kenntnisnahme allen Auftragnehmern zur Auflage zu machen.

Fraunhofer IRB Verlag, 2025
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB
Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart
Telefon +49 7 11 970-2500
Telefax +49 7 11 970-2599
E-Mail: irb@irb.fraunhofer.de
<http://www.baufachinformation.de>

Kurzfassung

Die WTA-Merkblattreihe greift zusammenhängend die Thematik der Luftdichtheit im Gebäudebestand auf. Es richtet sich an die am Bau beteiligten Planer und Ausführenden sowie an Qualitätssicherer.

Im vorliegenden Teil 3 werden Hinweise zur Durchführung der Luftdichtheitsmessung an Bestandsgebäuden mit Beschreibungen zu Messzeitpunkten und Gebäudepräparation gegeben.

Im Teil 1 (WTA-Merkblatt 6-9) wird das Anforderungsniveau an die Luftdichtheit von Bestandsgebäuden oder Bauteilen definiert. Außerdem werden grundlegende Planungsregeln formuliert.

Teil 2 (WTA-Merkblatt 6-10) enthält Informationen zu Planungsdetails, Fehlerquellen, Ausführungsmöglichkeiten sowie zur baubegleitenden Überprüfung der erreichten Qualität.

Deskriptoren: Luftdichtheit, Luftdichtheitskonzept, Luftdichtheitsebene, Luftdichtheitsmessung

Abstract

This series of recommendations takes up the issue of airtightness of existing buildings. The Recommendation is directed at planners, executors and quality controllers involved in the construction.

The Part 3 in hand deals with appropriate methods to measure the airtightness of existing buildings, including the description of preparation of the building and of best measuring moments.

Part 1 (WTA-Recommendation 6-9) defines the required level of airtightness for existing buildings and building elements. Moreover, basic design rules are formulated.

Part 2 (WTA-Recommendation 6-10) gives information about planning details, sources of errors, execution possibilities as well as methods for the evaluation of the obtained quality.

Key Words: Airtightness, building analysis, design, execution, measuring, quality control

Résumé

Cette série de Recommandations donne un aperçu général de la problématique de étanche à l'air des bâtiments. La Recommandation se dirige vers les projeteurs, les exécuteurs et les contrôleurs de la qualité en construction.

Cette partie 3 (WTA-Recommendation 6-11) donne les méthodes appropriées pour la mesure de l'étanche à l'air d'un bâtiment, y comprise la description de la préparation du bâtiment et des meilleurs moments pour les mesures.

La partie 1 (WTA-Recommendation 6-9) détermine le niveau d'étanchéité souhaité pour les bâtiments et les éléments de bâtiment. En plus les règles de base de projet sont donnés.

La partie 2 (WTA-Recommendation 6-10) donne des informations sur les détails du projet, les sources d'erreurs, les possibilités d'exécution, ainsi que les méthodes pour l'évaluation de la qualité acquise.

Mots-clés: Étanche à l'air, analyse du bâtiment, projet, exécution, mesurage, contrôle de la qualité

1 Einleitung

Anforderungen an die Luftdichtheit der Gebäudehülle bzw. einzelner Bauteile sind in Verordnungen, Normen und allgemein anerkannten Regeln der Technik dokumentiert. Damit sollen unzulässig hohe Tauwasserausfälle infolge Konvektion, unkontrollierte Lüftungswärmeverluste und Störungen der Behaglichkeit vermieden werden.

Während für neu zu errichtende Gebäude Anforderungen und Möglichkeiten zur Erreichung einer ausreichenden Luftdichtheit ausführlich beschrieben sind, wird dies für Bestandsgebäude in der vorliegenden Merkblattreihe zusammenfassend dargestellt.

Trotz der Schwierigkeiten, die sich bei der Modernisierung oder Erweiterung von Bestandsgebäuden ergeben, besteht das Ziel im Erreichen einer dem Neubau vergleichbaren Luftdichtheit der sanierten Gebäude oder Bauteile.

Das Merkblatt ist auf der Grundlage baupraktischer Erfahrungen sowie unter Berücksichtigung der zum Zeitpunkt der Drucklegung geltenden allgemein anerkannten Regeln der Technik und mit Blick auf den Stand der Technik sowie die als gesichert anzusehenden Entwicklungstrends entstanden.

Das vorliegende Merkblatt stellt Methoden zur Messung der Luftdichtheit von Gebäuden im Bestand vor. Zu beachtende Besonderheiten zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Sanierungsablauf werden dargestellt. Es wird auf Praktiken zum Auffinden von Leckstellen in der luftdichten Ebene eingegangen.

2 Glossar

Siehe Merkblatt 6-9 »Luftdichtheit im Bestand, Teil 1: Grundlagen und Planung«, Punkt 2.

3 Durchführung von Messungen

Grundsätzlich erfolgt die Luftdurchlässigkeitsmessung von Bestandsgebäuden analog zur Messung von neu zu errichteten Gebäuden nach DIN EN ISO 9972:2018-12 [1].

Die zur Messung erforderliche Gebäudepräparation ist auf den Messzweck abzustimmen. Gegebenenfalls sind mehrere Messungen mit unterschiedlicher Gebäudepräparation notwendig.

Ist eine Messung ausschließlich für die Zuarbeit zur Planung vorgesehen, kann sie stark vereinfacht durchgeführt werden, um den Aufwand zu minimieren. Die Messung des Leckagestroms q_{50} kann vereinfacht mit einer Einpunktmessung (3.5) erfolgen.

Besonderheiten, Ergänzungen und Abweichungen von der Norm [1] werden nachfolgend beschrieben.

Hinweis: Gefährdungen während der Luftdurchlässigkeitsmessung!

Durch eine Unterdruck- oder Überdruckmessung im Gebäude können aus Bauteilen gesundheitsschädliche Stoffe (z. B. Asbest, Mineralfaser, Schimmelpilzsporen) in die Innenraumluft oder Umgebung gelangen. Daher ist zuvor eine Risikoeinschätzung vorzunehmen. Ggf. kann eine alleinige Überdruckmessung ausreichende Hinweise zur Beurteilung der Luftdichtheit bringen, sofern eine Gefährdung der Umgebung auszuschließen ist. Ist das Risiko nicht einschätzbar, sollte eine Messung nicht erfolgen.

3.1 Messzweck

Die Untersuchung der Luftdichtheitsebene sowie die Messung der Luftdurchlässigkeit kann aus verschiedenen Gründen erfolgen.

Ausgehend vom Zeitpunkt der Messung (Kapitel 3.2) werden die folgende Messzwecke unterschieden.

- Bestandsanalyse
Diese Untersuchung findet vor der Sanierung statt und ist Grundlage für die Planung.
Hier wird die bestehende Gebäudehülle überprüft, um vorhandene Leckagen zu erfassen und eine Abschätzung der Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle zu erhalten.
- Ausführungskontrolle
Bei dieser Untersuchung liegt der Fokus auf dem Überprüfen der neu erstellten Luftdichtheitsschicht während des Sanierungsprozesses, um eventuell notwendige Verbesserungen leicht und schnell durchführen zu können.

- Schlussmessung

Die Schlussmessung dient der Messung der Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle nach Abschluss aller Sanierungsarbeiten. Der erzielte Messwert wird mit dem angestrebten Zielwert bzw. Grenzwert verglichen (s. WTA-Merkblatt 6-10).

3.2 Messzeitpunkt

Entsprechend des Sanierungsablaufs wird eine Messung zu unterschiedlichen Zeitpunkten am Objekt durchgeführt.

Die jeweils erforderliche Gebäudepräparation wird abhängig vom Messzeitpunkt unter Punkt 3.3 beschrieben.

3.2.1 Messzeitpunkt 1: Vor der Sanierung – Bestandsanalyse

Empfehlenswert ist dieser Messzeitpunkt um planungsrelevante Details zur Verbesserung der Luftdichtheit zu erhalten. Der Messzeitpunkt soll im Zuge der Entwurfsplanung geplant werden.

Werden bei der Messung Luftein-/austrittsstellen von folgenden Bauteilen geortet, muss die weitere Planung darauf eingehen:

- Installationsschächte zu unbeheizten Räumen,
- eingehauste Kellerabgänge,
- aufgeständerte Fußböden,
- Außentür, Kellerabgangstür und Fenster,
- Bauteilanschlüsse, die erhalten bleiben sollen,
- Holzbalkendecken und Leichtbau-Innenwände zu unbeheizten Räumen und gegen Außenluft (unvollständige Putzschichten),
- Kehlbalkenlage und Durchdringungen von Stützen und Pfosten,
- Vorwandinstallationen und Vertäfelungen,
- Dachbodenaufgänge, Türen, Klappen zu unbeheizten Räumen,
- zerstörte Luftdichtungsebenen bei nachträglichen Einbauten (Dachflächenfenster),
- Mantelsteine von Schornsteinen (poröse Materialien).

Die Gebäudepräparation erfolgt gemäß 3.3.1.

Um einen Überblick über den zu erwartenden Leckagestroms q_{50} zu bekommen kann vereinfacht eine Einpunktmessung (Kapitel 3.5) erfolgen, um den Aufwand zu minimieren.

3.2.2 Messzeitpunkt 2: Während der Sanierung – Ausführungskontrolle

Empfehlenswert ist ein Messzeitpunkt,

- wenn nachfolgende Gewerke unmittelbar auf den bereits erbrachten Leistungen eines Vorgewerks aufbauen – insbesondere, wenn dadurch die Vorleistungen verdeckt werden oder die Gefahr von Beschädigungen an diesen besteht (vgl. Teil B [5]),
- um die Verantwortlichkeiten möglichst eindeutig den einzelnen Gewerken zuordnen zu können,
- um festzustellen, ob der Leckagestrom für den anvisierten Ziel- oder Grenzwert voraussichtlich eingehalten wird.
- wenn die Luftdichtheitsschicht bzw. der betreffende Bereich, inkl. aller Details, vor Beschädigung geschützt ist.

Bei innen liegender Luftdichtheitsschicht erfolgt deshalb die Leckageortung mit Unterdruck, bei außen liegender Luftdichtheitsschicht mit Überdruck im Gebäude oder Gebäudeteil.

Es wird empfohlen, dass die Ausführenden der Gewerke eine geeignete Druckdifferenz mit eigenen Geräten herstellen, um ihre Arbeiten in Eigenregie zu kontrollieren.

Verantwortliche Planer und Beteiligte der Einzelgewerke sollen an der Messung teilnehmen. Die auf diese Weise direkt in den Planungsprozess und Ausführung einfließenden Erkenntnisse wirken sich positiv auf die Qualität der Gebäudehülle aus.

Wird die Luftdichtheitsschicht nicht fachkundig kontrolliert, bleiben Abweichungen zur Planung, Versäumnisse und nachträgliche Beschädigungen oft unbemerkt. Wichtig ist es, während der Arbeiten Abweichungen unmittelbar zu erkennen und unverzüglich auf deren Beseitigung hinzuwirken. Es ist technisch und in Bezug auf die Kosten nicht sinnvoll, erst nach Fertigstellung auf Mängelsuche zu gehen, denn Nachbesserungen sind oftmals nicht oder nur nach Rückbau möglich!

Die Gebäudepräparation erfolgt gemäß 3.3.1.

Um einen Überblick über den zu erwartenden Leckagestroms q_{50} zu bekommen kann vereinfacht eine Einpunktmessung (Kap. 3.5) erfolgen, um den Aufwand zu minimieren

3.2.3 Messzeitpunkt 3: Nach der Sanierung – Abschlussmessung

Diese Messung wird nach Fertigstellung der luftdichtenden Schichten des zu untersuchenden Gebäudes oder Gebäudeteils nach DIN EN ISO 9972:2018-12 [1] durchgeführt. Unter Zuhilfenahme der Bezugsgrößen (Hüllfläche des zu untersuchenden Gebäudes A_E , Luftvolumen V_L) wird die Luftdurchlässigkeit (q_{E50}) und die Luftwechselrate (n_{L50}) bestimmt und mit den Grenz- oder Zielwerten (s. WTA-Merkblatt 6-9) verglichen. Die Gebäudepräparation erfolgt gemäß 3.3.2.

3.3 Gebäudepräparation in Abhängigkeit des Messzeitpunktes

Die Gebäudepräparation erfolgt grundsätzlich entsprechend DIN EN ISO 9972:2018-12 [1] NA Verfahren 3, Tabelle NA-1 bis NA-3. Alle Präparationen sind zu dokumentieren.

3.3.1 Messzeitpunkt 1

Wenn Ziel-/Grenzwerte für das sanierte Objekt auf Grundlage einer Bestandsanalyse ermittelt werden, oder die Beurteilung der Luftdichtheitsschicht erfolgen soll, wird das Objekt wie folgt präpariert:

Zusätzlich zu den Tabellen in NA-1 bis NA-3 [1] können abgedichtet werden:

- Einbauten die im weiteren Verlauf der geplanten Sanierung rückgebaut werden, wie z.B. Einzelraumlüfter (Bad, WC, Dunstabzugshaube etc.) oder Fensterfalzlüfter
- Schließfugen von Türen und Fenstern, die im weiteren Bauablauf ersetzt, oder saniert werden
- Rohrdurchdringungen von Trocknern, Staubsaugeranlagen,
- Öffnungen zur Rauchgasabführung,
- Zuluftöffnungen für Feuerstätten,
- Einbauten, wie. z.B. Briefkastenanlage, Katzenklappen, Deckel zu Schächten.

3.3.2 Messzeitpunkt 2

Die Gebäudepräparation erfolgt gemäß 3.3.1.

Sind einzelne Bauteile noch nicht eingebaut, dürfen die vorhandenen Öffnungen abgedichtet werden. Haben diese Bauteile offensichtliche Leckstellen (Briefkastenanlage) müssen die Messwerte entsprechend unterhalb der Ziel-/Grenzwerte liegen.

Hinweis: Eine Luft-Leckagefläche von 1 cm^2 erhöht den Volumenstrom um ca. $2 \text{ m}^3/\text{h}$ bei 50 Pascal Druckdifferenz.

Der ermittelte Wert der Luftdurchlässigkeit q_{E50} ist ein Hinweis darauf, ob die für den sanierten Zustand anvisierten Ziel- und Grenzwerte erreicht werden.

3.3.3 Messzeitpunkt 3

Es wird das Verfahren 3 nach [1] angewendet. Alle Fenster und Außentüren werden geschlossen, alle Innentüren geöffnet und Luken/Klappen zu Abseiten im Dachgeschoss oder Spitzboden, die innerhalb der Systemgrenzen liegen, werden geschlossen. Alle Öffnungen von mechanischen Luftfördereinrichtungen zur Wohnraumlüftung werden abgedichtet. Alle weiteren Öffnungen werden im Nutzungszustand belassen.

Diese Art der Gebäudepräparation bildet den Zustand ab, der für eine realistische energetische Bewertung zugrunde gelegt werden kann und ist konform den energetischen Berechnung nach DIN 18599.

3.4 Messungen für den Vergleich mit Grenz-/Zielwerten nach der Sanierung

Zur Messung des Leckagestroms sollte die Aufnahme von Messreihen nach DIN EN ISO 9972:2018-12 [1] sowohl für den Über- und Unterdruck durchgeführt und der Mittelwert mit dem Zielwert verglichen werden.

3.5 Einpunktmessung bei 50 Pa

Für die Messzeitpunkte 3.3.1 und 3.3.2 kann vereinbart werden, anstelle einer Messreihe eine Einpunktmessung bei 50 Pa durchzuführen, wenn die Luftdurchlässigkeit »nur« als Orientierungswert verwendet wird. Dazu ist es ausreichend, die Gebäudedruckdifferenz um 50 Pa zu erhöhen und den »Volumenstrom am Gebläse« als Leckagestrom abzulesen.

Ist die natürliche Druckdifferenz kleiner als -1 Pa oder größer als $+1$ Pa, wird dieses wie folgt berücksichtigt:

- Wenn die natürliche Druckdifferenz z. B. $+3$ Pa beträgt, wird eine Gebäudedruckdifferenz von -47 Pa eingestellt und der entsprechende Volumenstrom abgelesen.
- Bei einer natürlichen Druckdifferenz von z. B. -5 Pa wird ein Gebäudedifferenzdruck von -55 Pa eingestellt und der entsprechende Volumenstrom abgelesen.

Eine Wiederholung der Einpunktmessung mit dem Vergleich der Messwerte weist auf die Wiederholgenauigkeit und weitere Messfehler (z. B. durch Wind) hin. Die Einpunktmessung sollte ebenfalls bei Über- und Unterdruck durchgeführt werden.

Übersteigt die natürliche Druckdifferenz den Betrag von 5 Pa ist eine solche Messung trotzdem aussagekräftig. Der Messfehler wird durch die höhere natürliche Druckdifferenz zwar größer, was jedoch durch eine Mittelwertbildung aus Unter- und Überdruckmessung z. T. kompensiert wird.

3.6 Zonenmessung (Schutzdruckmessung)

Ziel einer Schutzdruckmessung ist es, die Luftströmung zwischen dem Messbereich und anderen Gebäudebereichen (Zonen) zu unterbinden. Dazu werden ein oder mehrere Gebläse in die angrenzenden Gebäudebereiche eingebaut und diese auf 0 Pa Druckdifferenz zu dem zu messenden Gebäudebereich geregelt (s. DIN EN ISO 9972:2018-12 [1] NA 10.3).

Eine Schutzdruckmessung ist sinnvoll, wenn Luft-Leckagen innerhalb der Gebäudezonierung vermutet werden und ein Vorgabewert für die Sanierung ermittelt werden soll, der die internen Leckagen unberücksichtigt lassen soll (siehe WTA-Merkblatt 6-9 Fall 2 und 3). Durch eine Messung mit und ohne Schutzdruck kann der interne Leckagestrom ermittelt werden.

3.7 Abschnittsweise Messungen

Bei großen Gebäuden oder Gebäuden, die wegen der Komplexität des Bauablaufes oder aus konstruktiven Gründen nicht in ihrer Gesamtheit gemessen werden können, kann nach dem nationalen Anhang NA der DIN EN ISO 9972:2018-12 [1] abschnittsweise gemessen werden. Eine abschnittsweise Messung erfolgt, indem verschiedene Gebäudeteile nacheinander gemessen werden und aus den Ergebnissen der Gebäudeteile das Ergebnis für das gesamte Gebäude berechnet wird.

Der Leckagestrom q_{50A} für das gesamte Gebäude ergibt sich aus der Summe der Leckageströme einzelner Gebäudeteile.

Bei der Messung von einzelnen Nutzungseinheiten in Gebäuden kann sich der Prüfdruck durch undichte Trennwände, Decken oder Schächte in angrenzende Bereiche verlagern. Sind dort raumluftabhängige Feuerstätten in Betrieb, kann dies zu einer Gefährdung führen, z. B. durch Rauchgas-Rückschlag mit Einströmung von CO_2 und CO . Eine Messung mit reduziertem Unterdruck kann das Risiko verkleinern. Die Situation in angrenzenden Wohnungen oder Gebäudeteilen, insbesondere solchen mit Einzelfeuerstätten, muss bei der Gebäudepräparation berücksichtigt werden.

Beim Messen einzelner Nutzungseinheiten ohne Schutzdruck werden auch interne Luftströme über Leckstellen zu benachbarten Einheiten erfasst. Werden die Grenzwerte unter diesen Bedingungen eingehalten, ist die Luftdichtheit der Gebäudehülle im Regelfall besser als gefordert.

Die Präparation der angrenzenden Nutzungseinheiten (z. B. Nachbarwohnung) erfolgt so, dass alle Fenster und Außentüren geschlossen werden, Lüftungsanlagen und -ventilatoren etc. werden ausgeschaltet und bleiben im Nutzungszustand. Sonst werden keine Präparationen durchgeführt.

4 Berechnung von Kennwerten und Bezugsgrößen

Im WTA-Merkblatt 6-9 werden aus Kennwerten Grenzwerte und Zielwerte für die Sanierung formuliert. Zur Ermittlung von Kennwerten werden Bezugsgrößen benötigt, deren Bestimmung in DIN EN ISO 9972:2018-12 [1] und DIN 277:2021-08 [3] geregelt ist. Vereinfachungen werden in 4.2. beschrieben.

4.1 Kennwerte

Für die Beurteilung der Luftdichtheit werden aus dem gemessenen Leckagestrom bei 50 Pa Druckdifferenz q_{50} (WTA-Merkblatt 6-9 Kapitel 3) folgende Werte berechnet:

- Luftdurchlässigkeit q_{E50}
- Netto-Luftwechselrate n_{L50}

$$q_{E50} = \frac{q_{50}}{A_E} \quad (4.1-1)$$

$$n_{L50} = \frac{q_{50}}{V_L} \quad (4.1-2)$$

mit

q_{E50} hüllflächenbezogene Luftdurchlässigkeit in $\text{m}^3/(\text{m}^2 \text{h})$

q_{50} Leckagestrom in m^3/h bei einer Druckdifferenz von 50 Pa

A_E Hüllfläche in m^2 nach DIN EN ISO 9972:2018-12 [1]

n_{L50} Netto-Luftwechselrate bei 50 Pa in h^{-1}

V_L Luftvolumen in m^3 nach DIN EN ISO 9972:2018-12 [1], DIN 277:2021-08 [3]

Hinweis: Zur Beurteilung der Luftdichtheit der Gebäudehülle ist die hüllflächenbezogene Luftdurchlässigkeit q_{E50} geeigneter als die Luftwechselrate bei 50 Pa n_{L50} .

Die Umrechnung zwischen hüllflächenbezogener Luftdurchlässigkeit (q_{E50}) und Netto-Luftwechselrate bei 50 Pa Druckdifferenz (n_{L50}) ist anhand von Gleichung (4.1-3) möglich:

$$n_{L50} = \frac{q_{E50} \cdot A_E}{V_L} \quad q_{E50} = \frac{n_{L50} \cdot V_L}{A_E} \quad (4.1-3)$$

4.2 Hüllflächenermittlung A_E

Die Berechnung der innenmaßbezogenen Hüllfläche A_E erfolgt nach DIN EN ISO 9972:2018-12 [1] (6.1.2). Sie beinhaltet die Gesamtfläche aller Böden, Wände und Decken des zu untersuchenden Innenraumvolumens. Innenwände und ggf. Geschossdecken werden übermessen.

Da diese aufwändig zu ermitteln ist, ist es alternativ möglich die Hüllfläche über die wärmeübertragende Umfassungsfläche (Außenmaßbezug) unter Zuhilfenahme eines Reduktionsfaktors $R_{\text{Hülle}}$ (Tabelle 4.2.1) durchzuführen.

Eine Zusammenfassung der Faktoren zeigt Tabelle 4.2-1.

Gebäudeart und Brutto-Volumen	Reduktionsfaktor $R_{\text{Hülle}}$
Wohngebäude bis 400 m^3	0,75
Wohngebäude bis 1000 m^3	0,80
Wohngebäude bis 3000 m^3	0,85
Wohngebäude bis 7000 m^3	0,90
Wohngebäude >7 000 m^3	0,95
Hallen bis 7 000 m^3	0,90
Hallen >7 000 m^3	0,95

Tabelle 4.2.1: Reduktionsfaktoren zur näherungsweise Ermittlung der Netto-Hüllfläche aus der Brutto-Hüllfläche

4.3 Luftvolumenberechnung V_L

Das Luftvolumen wird nach DIN EN ISO 9972:2018-12 [1] und DIN 277-1:2021-08 [3] innenmaßbezogen berechnet. Es ist das Produkt der lichten Netto-Raumfläche und der lichten Raumhöhe. Nicht zum Luftvolumen gehört z. B. der Rauminhalt über abgehängten Decken, in Doppelböden und in mehrschaligen Fassaden. Die Netto-Raumfläche gliedert sich in Nutzfläche, technische Funktionsfläche und Verkehrsfläche. Sie schließt Grundflächen ein von

- frei liegenden Installationen,
- fest eingebauten Gegenständen, wie z. B. von Öfen, Heiz-, und Klimageräten, Bade- und Duschwannen,

- nicht raumhohen Vormauerungen und Bekleidungen,
- Einbaumöbeln,
- nicht ortsgebundenen, versetzbaren Raumteilern,
- Installationskanälen und -schächten sowie Kriechkellern über 1,0 m² Querschnitt,
- Aufzugsschächten.

Die Abschätzung des Luftvolumens kann über den umbauten Raum (Brutto-Rauminhalt) unter Zuhilfenahme eines Reduktionsfaktors von 0,66 für EFH, von 0,76 für Gebäude mit bis zu 3 Vollgeschossen bzw. 0,8 in den übrigen Fällen durchgeführt werden.

4.4 Vergleichbarkeit von Messergebnissen

Eine Vergleichbarkeit der Messung vor der Sanierung mit der Schlussmessung nach der Komplettisanierung ist nur möglich, wenn die Bezugsgrößen übereinstimmen. Werden mittels einer Bestandsmessung Grenz- oder Zielwerte für die Sanierung ermittelt, müssen Flächen und/oder Volumina so als Bezugsgröße verwendet werden, wie sie im sanierten Zustand vorliegen werden.

Beispiel 1: Ein Keller mit luftdichten Außenbauteilen, der nach der Sanierung nicht mehr zum beheizten Gebäudeteil gehört, wird in die Messung vor der Sanierung einbezogen, jedoch bei der Flächen- und/oder Volumenermittlung für die Bestandsmessung nicht berücksichtigt. Der Volumenstrom über die Flächen der Kelleraußenbauteile ist wegen deren Luftdichtheit vernachlässigbar, und die Messwerte vor der Sanierung sind mit den Messwerten nach der Sanierung vergleichbar, da sie für einheitliche Bezugsgrößen berechnet werden.

Beispiel 2: Ein Keller mit luftdurchlässigen Außenbauteilen, der nach der Sanierung nicht mehr zum beheizten Gebäudeteil gehört, sollte vom Messbereich abgeschottet werden, weil dieser nach der Sanierung nicht mehr innerhalb der Systemgrenze liegt. Der Volumenstrom über die Kelleraußenbauteile ist nicht vernachlässigbar.

Beispiel 3: Werden während der Sanierung Fußböden aufgeständert, oder Decken abgehängt, sollte das kleinere Volumen schon im unsanierten Zustand verwendet werden.

5 Ortung von Luft-Leckagen

Zur Durchführung der Leckortung bei einer Druckdifferenz von ca. 50 Pa. haben sich folgende Messgeräte bzw. Hilfsmittel bewährt:

Handfläche, Thermoanemometer, Rauchstifte, Nebelgenerator, Thermografiekamera, Federbüschel. Nebelgenerator (innen, bei Überdruck) und Thermografiekamera (innen, bei Unterdruck) eignen sich besonders zur Visualisierung von Strömungspfaden.

6 Auswertung von Luft-Leckagen

Aus energetischer Sicht ist der gesamte Volumenstrom aller Luft-Leckagen von Bedeutung. Eine Einzelbetrachtung ist nicht notwendig.

Soll der Volumenstrom einer einzelnen Leckstelle abgeschätzt werden, kann folgende Gleichung (6-1) verwendet werden:

$$q = A \cdot v \cdot 0,36 \quad (6-1)$$

mit

q	Luftvolumenstrom in m ³ /h
A	Leckagefläche in cm ²
v	Luftgeschwindigkeit (gemittelt) in m/s
0,36	3600/10000 [s · cm ² /(hm ³)]

Beispiel 1: Beträgt die Luftgeschwindigkeit durch eine 1 cm² große Fehlstelle in der Luftdichtungsbahn im Mittel 7 m/s, entspricht dies einem Luftvolumenstrom von 2,5 m³/h.

Beispiel 2: Beträgt die Luftgeschwindigkeit an der Fuge (Fugenbreite 1 mm) einer Sockelleiste (Fugenlänge 45 m) im Mittel 0,2 m/s, entspricht dies einem Luftvolumenstrom von 32 m³/h.

7 Volumenstrommessung

Für die Luftdurchlässigkeitsmessung nach DIN EN ISO 9972:2018-12 [1] mit der Ermittlung eines Kennwertes, der zum Vergleich mit einem Grenz- oder Zielwert und zur Bewertung bei der Schlussmessung herangezogen wird, müssen die Messgeräte den Genauigkeiten der Norm entsprechen.

Abweichend davon können Luftfördereinrichtungen (ohne Messtechnik für den Volumenstrom) für die Leckageortung eingesetzt werden.

8 Dokumentation und Kommunikation

Für die Bestandsanalyse soll ein Protokoll – als Zuarbeit für die Planung – Angaben enthalten über:

- die offensichtlich luftdichtend wirkende Schicht eines jeden Raumes,
- die Oberflächenbeschaffenheit der Bauteile, auf denen luftdichtend geklebt oder angeschlossen werden soll,
- die luftdurchströmten Bauteile (insbes. Decken, Kamine, Schächte),
- Stellen, die ggf. weiter zu untersuchen sind.

Ergänzend hierzu sollte eine Auflistung relevanter Luft-Leckagen, von Oberflächen und geöffneten Bauteilen (als Foto- oder Skizzensammlung) vorgenommen werden.

Dokumentationen über die Befunde sollen in einer zentralen Unterlage zusammengeführt werden. Sie dienen als Planungsgrundlage und als Hilfsmittel bei der Koordination und Überwachung von Maßnahmen.

Die Dokumentation der Schlussmessung nach der Sanierung erfolgt gemäß DIN EN ISO 9972:2018-12 [1] »7 Prüfbericht«.

9 Literatur

- | | | |
|-----|---|---|
| [1] | DIN EN ISO 9972:2018-12 | Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren; Dezember 2018 und nationalem Anhang NA |
| [2] | DIN 4108-7:2011-01 | Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele, Januar 2011 |
| [3] | DIN 277:2021-08 | Grundflächen und Rauminhalte im Hochbau |
| [4] | DIN 18599-2:2018-02 | 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, September 2018 |
| [5] | Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) Teil B | Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen, 2016 |