

LUFT- UND WINDDICHTE GEBÄUDEHÜLLE

Skriptum Grundlagen



Impressum

Erstellt im Rahmen von klima:aktiv bildung
zur Verwendung in Aus- und Weiterbildungen

Redaktion: DI Johannes Fechner

klima:aktiv Bildungskoordination, 17&4 Organisationsberatung GmbH, www.klimaaktiv.at/bildung

Mit Dank an Emanuel Panic für Durchsicht und Hinweise; IQ-Panic, Altstadt 8, 4020 Linz. Tel: 0664 - 9218827; office@iqpanic.at www.iqpanic.at sowie an Vinzenz Harrer GmbH und DI(FH) Bernhard Hüttenecker, Leitung Bautechnik, ISOCELL GmbH

Verbesserungsvorschläge und andere Rückmeldungen bitte an johannes.fechner@17und4.at

Medieninhaber und Herausgeber:

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
Abteilung V/2 – Umweltökonomie und Energie, A-1010 Wien, Stubenbastei 5

Foto Titelblatt: Johannes Fechner

Wien, Dezember 2009 - Überarbeitung September 2013

Inhaltsverzeichnis

1. Definitionen und Begründung	4
1.1 Bedeutung der Luft- und Winddichtheit	4
1.2 Energieeinsparung.....	5
2. Planung der Luftdichtheit.....	5
2.1 Ziegelbauweise	6
2.2 Leichtbau und Dachgeschoßausbau	6
2.3 Bereiche mit besonderer Bedeutung für die Luftdichte	6
2.4 Mit welchen Materialien erreicht man Luftdichte?	7
2.5 Richtlinien für Materialien und Ausführung, Normen.....	9
2.6 Checkliste Luftdichte	10
3. Ziel- und Grenzwerte.....	11
4. Messungen gemäß ÖNORM EN 13829	12
4.1 Ausschreibungstext (Beispiel)	13
4.2 Differenzdruckverfahren - Ablauf.....	14
4.3 Richtkosten und Anbieter von Luftdichtheitsprüfungen	16

1. Definitionen und Begründung

Die Gebäudehülle beim Neubau muss dauerhaft luft- und winddicht ausgeführt sein. Druckunterschiede, die je nach Wind und Temperatur sehr unterschiedlich sind führen dazu, dass warme Luft entweichen will. Ein beheiztes Haus im Winter ist wie ein Heißluftballon – nur zu schwer zum Fliegen.

Die **luftdichte Hülle** verhindert das Entweichen von Luft von innen nach außen.

Die **Winddichtung** verhindert das Eindringen von Außenluft in die Konstruktion und soll diffusionsoffen ausgeführt werden.

1.1 Bedeutung der Luft- und Winddichtheit

- Vermeiden von Tauwasser in der Konstruktion
- Sicherstellung der Dämmwirkung: Wenn das Dämmmaterial von Luft durchströmt wird verliert die Dämmung ihre Wirkung
- Minimierung der Energieverluste
- Sicherstellung der Funktion von Lüftungsanlagen: Lüftungsanlage arbeitet mit Druckdifferenzen, Fortluft soll über die Wärmerückgewinnung geführt werden.
- Verhinderung des Eintrages von Luftschadstoffen und Gerüchen in die Raumluft (Radon, Garagenluft, Fasern aus Dämmstoffen, ev. Schimmelpilzsporen etc.)
- Sicherstellung des Schalldämmmaßes von Bauteilen: Bereits schmale Schlitze in einer Wand lassen die Wand als schalldurchlässig erscheinen. Die schallleitende Wirkung von kleinen Ritzen wird meist unterschätzt.
- Vermeidung von kalten Fußböden im Erdgeschoss
- Kalte Außenluft, die durch die Gebäudehülle gelangt, fällt nach unten und bildet eine kalte Luftzone in Fußbodennähe. Kalte Füße sind die Folge.
- Luftundichtheit ist ein versteckter Mangel

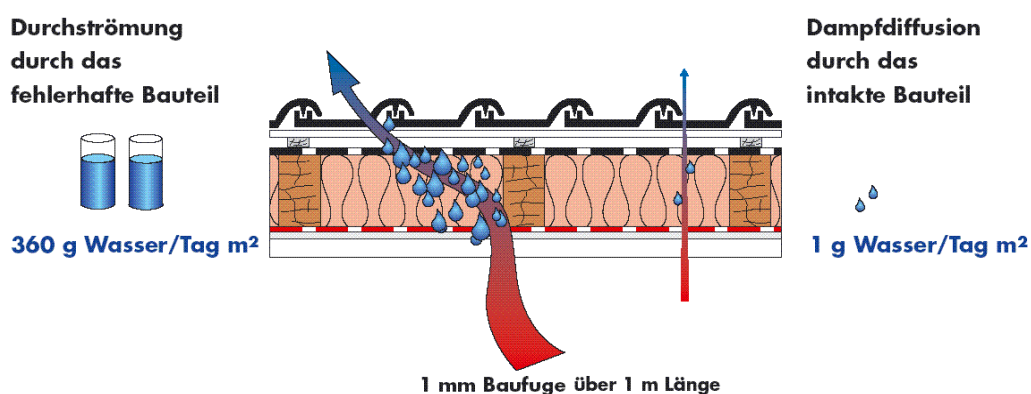


Abbildung 1: Die Darstellung bezieht sich auf eine Dachfläche von 10 m Länge und 6 m Höhe. Der Feuchteintrag durch die 1 mm breite Fuge wurde auf die gesamte Dachfläche umgerechnet, um eine bessere Vergleichbarkeit mit dem Feuchteintrag durch Diffusion zu haben. 2 Pascal ist ein typischer Druckunterschied durch Konvektion im Gebäude. Windkräfte können zu deutlich höheren Werten und entsprechend höherer Durchfeuchtung führen. Abb. basiert auf einer Untersuchung des Fraunhofer Instituts für Bauphysik. Quelle: Energieagentur Nordrhein Westfalen

1.2 Energieeinsparung

Wie hoch sind die Lüftungswärmeverluste durch Undichtheiten?

$Q_v = \text{Luftwechsel} * \text{spezifische Wärmekapazität} * \text{Luftvolumen} * \text{Heizgradtage}$

spezifische Wärmekapazität Luft: ca. $0,34 \text{ Wh/m}^3\text{K}$

Pro Heizperiode können an durchschnittlichen Standorten durch luftdichte Ausführung (Luftwechsel $< 0,6$ bei n_{50} Test) gegenüber durchschnittlich undichten Gebäuden (LW ca. 3) etwa $10 - 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ eingespart werden (siehe auch Berechnungen des Energieinstituts und des Passivhaus Instituts).

Welche Annahmen werden für den Energieausweis getroffen?

Der Luftwechsel, den Wind und Thermik im Durchschnitt verursachen, wird durch die Infiltrationsluftwechselrate berücksichtigt. **Gute Messwerte verbessern den HWB!**

Ermittlung der Infiltrationsluftwechselrate n_x gemäß ÖNORM B 8110-6:

Für n_{50} -Werte $\geq 0,6$ und $\leq 1,5$ gilt: $n_x = 0,07 * n_{50} \text{ in h}^{-1}$

Für n_{50} -Werte $< 0,6$ gilt: $n_x = 0,04 \text{ h}^{-1}$

Beispiel: n_{50} gemessen $0,6 \Rightarrow n_x = 0,07 * 0,6 = 0,042 \text{ h}^{-1}$

Für ein Gebäude mit 300 m^3 Nettovolumen, mittlere Außenlufttemperatur in der Heizperiode 2°C , 250 Heiztage, beträgt dieser Energieverlust pro Jahr:

$$300 \text{ m}^3 * 0,042 \text{ h}^{-1} * (250 * 24 \text{ h}) * 0,34 \text{ Wh/m}^3\text{K} * 18 \text{ K} = 463 \text{ kWh}$$

2. Planung der Luftdichtheit

Luft- und Winddichtung müssen bei der Planung bis ins Detail festgelegt werden: in der Fläche, an der Verbindung von Bauteilen, bei Durchstoßungen!

Regel 1: Die **Luftdichtungsebene** befindet sich an der **Innenseite des Außenbauteils**, die **Winddichtungsebene** befindet sich an der **Außenseite des Außenbauteils**

Regel 2: Für jedes Bauteil wird festgelegt, **welche Bauteilschicht** die Luftdichtung übernimmt.

Regel 3: **Stiftregel**: Die luftdichte Ebene umschließt das Gebäude ohne Unterbrechung. Das beheizte Gebäudevolumen wird im **Schnitt** bzw. im **Grundriss** lückenlos mit einem Stift nachgezeichnet. Es gibt nur je eine durchgehende Luft- bzw. Winddichtebene.

Regel 4: In der Planung wird festgelegt, wie die luftdichten Bauteilschichten an den **Stößen dauerhaft luftdicht verbunden** und unvermeidbare **Durchdringungen abgedichtet** werden.

Die erforderlichen **Arbeitsgänge** und die **Materialien** sind im **Leistungsverzeichnis** darzustellen.

Die Lösung der Anschlussprobleme darf NICHT auf die Ausführungsphase verschoben werden!

2.1 Ziegelbauweise

Die Luftdichtheit wird durch den Innenputz erzielt. **Unverputzte Ziegelbauten** sind undicht!

- Auf die Mauerkrone ist eine **Mörtelschicht** aufzubringen.
- Verputzen immer **bis zur Rohdecke!**
- Durchdringungen durch den Innenputz (Unterputzdosen, Sanitär-installationen...) müssen dauerhaft dicht abgedichtet werden.
- Sollten Installationen vor dem Verputzen verlegt werden, ist an diesen Stellen ein Glatzstrich anzubringen. Aussparungen für Gasanschluss oder E-Verteiler müssen zugeputzt werden.
- Bei Trockenputz mit **Ausbauplatten** (Gipskartonwand vor dem Ziegelmauerwerk) ist die Ziegelwand trotzdem zu verputzen bzw. mit einem Fugenverschluss zu versehen!
- Normgerechter **Fenstereinbau** (inkl. Glatzstrich)! Die Fensterlaibungen müssen auch dort glatt verputzt sein, wo später die Fensterbänke aufliegen sollen. Ansonsten kann durch offenliegende Hochlochziegel kalte Luft fast ungehindert hereinpfeifen. Eine mit wenigen Mörtelklecksen aufgesetzte Fensterbank reicht nicht aus.

Mehr siehe Empfehlungen für luftdichtes Bauen im Ziegel Massivbau, Verband Österreichischer Ziegelwerke,

www.ziegel.at/download.php?file=rcms%2Fupload%2Fpublikationen%2FLuftdichtheit.pdf

2.2 Leichtbau und Dachgeschoßausbau

Die luftdichte Schicht schützt die Konstruktion und wird durch Dampfbremsen -Sperrern, Folien oder Holzwerkstoffplatten erzeugt. Diese müssen an Anschlüssen zu Beton, Mauerwerk und Überlappungen dauerhaft dicht verklebt werden. Die Winddichtheit wird durch Folien, Holzwerkstoffplatten oder ein WDVS erstellt.

Viele Detaillösungen bieten die Arbeiten von H.G.Ambrozy:

www.hausderzukunft.at/results.html/id4591

2.3 Bereiche mit besonderer Bedeutung für die Luftdichte

Keller: Befindet sich die Kellertür im Erdgeschoß, dann liegt die Kellertreppe außerhalb der luftdichten Ebene des Wohnbereiches. Die Treppe zum OG und die Kellertür sind luftdicht auszuführen. Auch zwischen Keller und Wohnung muss eine Luftdichtung bestehen. Da Kellertüren auch bei größeren Temperaturdifferenzen dicht sein müssen, sind normale Kellertüren nicht geeignet.

Anschluss der Dampfbremse an einen massiven Bauteil: Der luftdichte Anschluss der Folie mit dem Innenputz kann mit vorkomprimierten Dichtbändern und Anpresslatte erfolgen. Der Folienanschluss an den Putz kann durch das Einputzen hergestellt werden. Die Folie muss vorher mit einem Putzträger fixiert werden. Das Tackern von Folienüberlappungen ist nicht ausreichend. Die Verklebung mit Klebeband muss auf festem Untergrund sein und sollte durch eine Anpresslatte gesichert sein.

Ofen mit Raumlufte als Verbrennungslufte: Die Rauchrohrklappen von Öfen sind nicht dicht, sodass bei nicht benutzter Feuerstelle eine Verbindung zwischen Gebäudeinnerem und Außenatmosphäre besteht. Im Winter wirkt auf die warme Raumlufte eine thermische Auftriebskraft, die zu einem Raumluftestrom durch den Kamin ins Freie führt. In Häusern mit

mechanischen Lüftungsanlagen sollten nur geprüfte Feuerstellen mit getrennter, dichter Raumluftzufuhr eingebaut werden.

Vorwandinstallation auf unverputzter Außenwand: Vor Einbau der Vorwandinstallation muss die Außenwand mit einem Ausgleichs- oder Spachtelputz versehen werden.

Weitere Bereiche, die besondere Aufmerksamkeit erfordern: Fenster und Türen, Durchdringungen von Entlüftungen, Dunstabzugshauben, offene Kamine, Briefschlitze, Einbauleuchten, Gurtführungen von Rollläden, Dachbodentreppen, eingebaute Halogenlampen (ev. Abstandhalter wegen Hitze verwenden) etc.

2.4 Mit welchen Materialien erreicht man Luftdichte?

In DIN 4108-7 (2011) werden Materialien zur Herstellung der Luftdichtheit beispielhaft beschrieben (Ergänzungen kursiv):

Mauerwerk und Betonteile: Bei Mauerwerk – auch bei später nicht mehr zugänglichen Bereichen (z.B. Vorwandinstallationen) – ist in der Regel eine Putzlage oder ein Glattstrich aufzubringen. Betonbauteile, die nach DIN 1045-2 hergestellt werden, gelten als luftdicht.

Luftdichtheitsbahnen: Luftdichtheitsbahnen können zum Beispiel aus Kunststoff, Elastomeren, Bitumen und Papierwerkstoffen bestehen.

Feuchtevariable Dampfbremsen - mit s_d -Werten zwischen 0,5 m und 100 m, je nach Feuchtigkeit - können zur Luftdichtung eingesetzt werden und in entsprechenden Fällen das Feuchteverhalten einer Konstruktion deutlich verbessern! Die Luftdurchlässigkeitswerte werden nach EN 12114 bei 50 Pa Druckdifferenz gemessen und in Produktbeschreibungen angegeben.

Plattenmaterialien: Gipsfaserplatten, Gipsplatten, Faserzementplatten, Bleche und Holzwerkstoffplatten gelten in der Fläche als luftdicht. Gesonderte Maßnahmen sind im Bereich von Stößen, Anschlüssen und Durchdringungen zu ergreifen. Undicht sind zum Beispiel üblicherweise Trapezbleche im Bereich der Überlappungen, Nut-Feder-Schalungen, Platten als raumseitige Bekleidung im Bereich von Anschlüssen und Durchdringungen ohne gesonderte Maßnahmen.

Luftdichte Ausbildung von Fugen: Als Dichtungsmaterialien können beispielsweise vorkonfektionierte Dichtschnüre, -streifen, -bänder, Klebebänder, Dichtstoffe und Spezialprofile eingesetzt werden. Vorkomprimierten Dichtbändern sind nur bei einer ausreichenden Komprimierung luftdicht. Fugenfüllmaterialien, zum Beispiel Montageschäume *sowie Silikon* sind zur Herstellung der erforderlichen Luftdichtheit nicht geeignet.

Anschlüsse: Anschlüsse von Luftdichtheitsbahnen können zum Beispiel durch Einputzen, Kombination von Latten/Profilen mit vorkomprimierten Dichtbändern, Kombination von Latten und Profilen mit Klebmassen und Klebmassen ohne Latten oder Profilen hergestellt werden. Insbesondere das letztgenannte Beispiel bedingt eine besondere Beachtung des Untergrundes und der Arbeitsorganisation.

In der Ausschreibung Zusatzmaterialien benennen (vorkomprimiertes Dichtungsband, ein- oder doppelseitiges Klebeband, Streckmetall als Putzträger zum Einputzen von Folien,...)

Durchdringungen: Durchdringungen können durch Flansche, Schellen, Formteile, Manschetten oder Klebebänder luftdicht angeschlossen werden. *Rohrdurchführungen immer trennen und nie bündeln!*

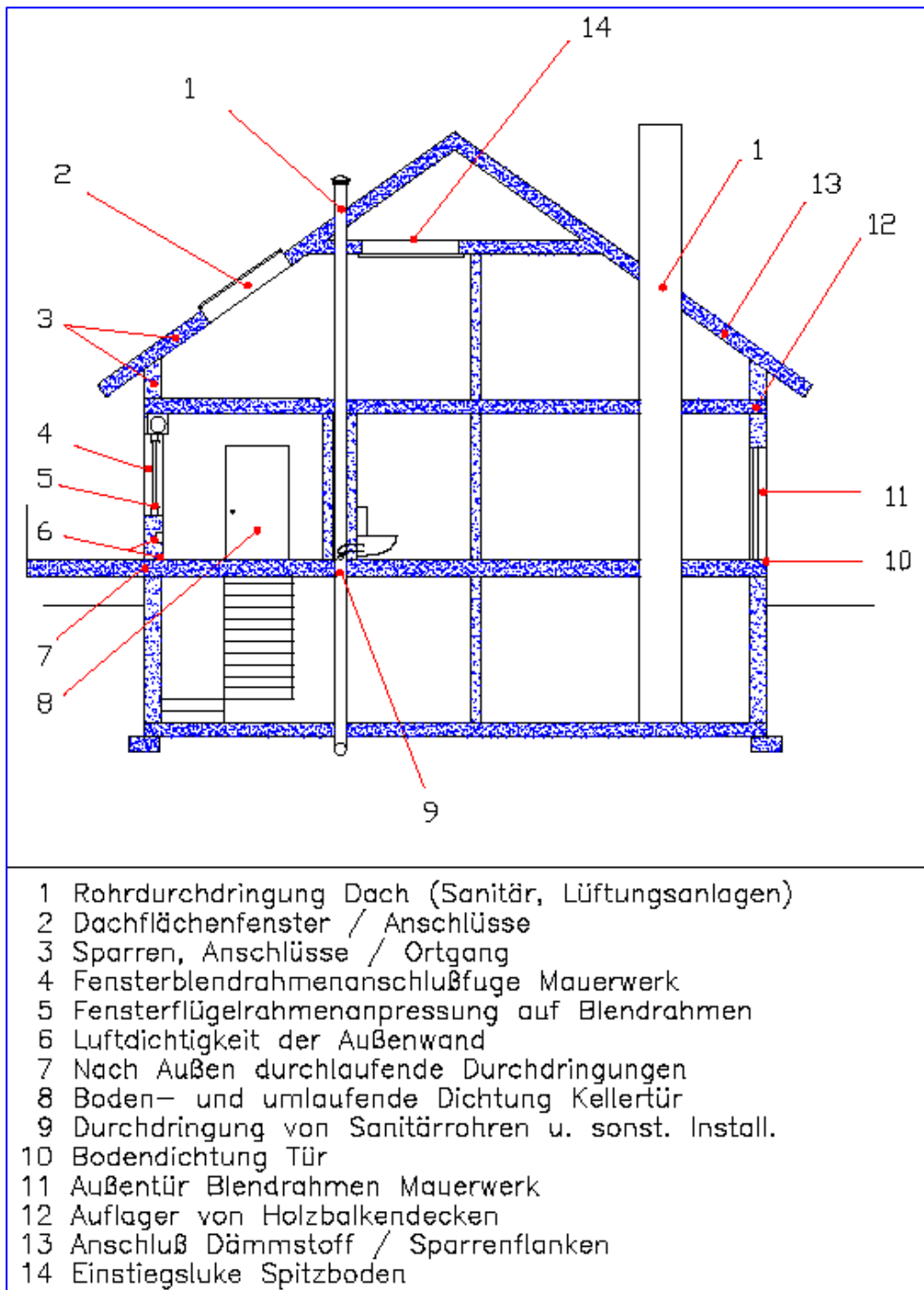


Abbildung 2: Bereiche mit besonderer Bedeutung für die Luftdichte (Quelle Energieagentur NRW)

Häufig gemachte Fehler bei der Herstellung der Luftdichtheit, illustrierte Zusammenstellung:
www.luftdicht.de/hgf.htm

2.5 Richtlinien für Materialien und Ausführung, Normen

Folien, Klebeuntergrund und Klebezubehör müssen aufeinander abgestimmt sein, um dauerhafte Lösungen zu erreichen sind Vorbereitungsmaßnahmen erforderlich, z.B. müssen poröse Materialien vorher ggf. mit Primer (Voranstrich) behandelt werden. Beachten Sie unbedingt die **Informationen und Verarbeitungsrichtlinien der Hersteller!** Hier finden Sie die auf die jeweiligen Materialien abgestimmten Anleitungen. Beispiele:

<http://download.proclima.com/de/Sanierung.pdf>

www.steico.com/fileadmin/steico/content/pdf/Marketing/German/Application_instructions/STEICOmultipol_UDB_Verarbeitung_i.pdf

www.isocell.at/uploads/media/LD_im_Detail_2011_DE_01.pdf

www.wuerth.de/web/media/downloads/pdf/meinwuerth_1/downloadcenter/broschueren/luft-winddicht.pdf

http://construction.tyvek.de/Tyvek_Construction/de_DE/assets/downloads/brochure/dupont_tyvek_energieeffizienz.pdf

ÖNORM EN 12114, 2000. Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Luftdurchlässigkeit von Bauteilen - Laborprüfverfahren

ÖNORM EN 12086, 2013. Wärmedämmstoffe für das Bauwesen - Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit

ÖNORM EN 12207, 2000. Fenster und Türen - Luftdurchlässigkeit – Klassifizierung

ÖNORM B 2340, 2008. Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen an die Luftdichtheit der Gebäudehülle von Holz- und Holzfertighäusern

ÖNORM B 5320 Bauanschlussfuge für Fenster, Fenstertüren und Türen in Außenbauteilen, Grundlagen für Planung und Ausführung

OVE-Richtlinie R7:2011-11-01. Mindestanforderungen an die Planung und Ausführung zur Sicherung der Luftdichtheit (zur Vermeidung von Luftundichtheiten) der thermischen Gebäudehülle durch die Elektroinstallation.

<https://www.ove.at/webshop/artikel/c83d1aeeb-ove-richtlinie-r-7-2011-11-01.html>

Das Handbuch "**Sanierung mit Passivhaustechnologie vom Baumeister - abgesicherte Planungsunterlagen**" der Geschäftsstelle Bau der WKO zeigt und beschreibt 29 Detaillösungen, mit Hinweisen zur Herstellung der Luftdichtigkeit.

www.hausderzukunft.at/results.html/id6866

Hinweise auf weitere Bauteilkataloge siehe klima:aktiv e-learning Plattform

2.6 Checkliste Luftdichte

Entwurfsplanung

- Lage der luftdichten Hülle festgelegt (Stiftregel)
- Durchdringungen der Luftdichtheitsebene von Rohren, Kabeln etc. soweit wie möglich vermieden, Länge der Anschlüsse minimiert

Ausführungsplanung

- Geschlossenheit der luftdichten Hülle überprüft
- Materialien für die Luftdichtheitsebene und Anschlüsse festgelegt
- Dauerhaftigkeit der Anschlüsse und Materialien berücksichtigt
- Ausführungsdetails (mind. 1:10) und Arbeitsanweisungen formuliert

Ausschreibung

- Thema Luftdichtheit explizit in Ausschreibung und Verträgen aufgenommen (auch OVE-Richtlinie R7:2011)
- Ausschreibung von laufenden Metern Anschlüssen bzw. einzelnen Durchdringungen
- Materialien genau spezifiziert
- baubegleitende Untersuchung und Luftdichtheitsmessung nach Fertigstellung der Gebäudehülle gesondert ausgeschrieben

Ausführung

- baubegleitende Untersuchung und Luftdichtheitsmessung in den Bauablauf eingeplant
- Sichtkontrolle der ausgeführten Anschlüsse und Durchdringungen, verwendete Materialien überprüft, Dampfbremsen/ Folien verklebt
- Fenster und Türen laut ÖNORM B 5320 dicht eingebaut, Zuständigkeit: Fenstermonteur
- Massivbau: Innenputz dicht hergestellt (bis zur Rohdecke geputzt), Zuständigkeit: Baumeister
- Leichtbau: Luftdichtungsebene hergestellt, Zuständigkeit: Zimmermeister
- Rauchfang verputzt, Zuständigkeit: Baumeister
- Ziegelwände hinter Rauchfängen, Abwassersträngen oder anderen Einbauten verputzt, Zuständigkeit: Baumeister
- Elektroinstallationen dicht eingebaut (E-Verteiler, Hohlwand- oder Unterputzdosen ...), Zuständigkeit: Elektriker
- Diverse Leerrohre nach außen abgedichtet (z.B. Solaranlage, Elektroleitungen, ...), Zuständigkeit: Elektriker, Installateur
- Luftdichtheitsmessung durchgeführt, n_{50} : ...

3. Ziel- und Grenzwerte

OIB RL6: „Die Gebäudehülle beim Neubau **muss dauerhaft luft- und winddicht ausgeführt** sein. Die Luftwechselrate n_{50} – gemessen bei 50 Pascal Druckdifferenz zwischen innen und außen, gemittelt über Unter- und Überdruck und bei geschlossenen Ab- und Zuluftöffnungen – darf den Wert 3 pro Stunde nicht überschreiten. Wird eine mechanisch betriebene Lüftungsanlage mit oder ohne Wärmerückgewinnung eingebaut, darf die Luftwechselrate n_{50} den Wert 1,5 pro Stunde nicht überschreiten. Bei Einfamilien-, Doppel- bzw. Reihenhäusern ist dieser Wert für jedes Haus, bei Mehrfamilienhäusern für jede Wohneinheit einzuhalten. Ein Mitteln der einzelnen Wohnungen ist nicht zulässig. Bei Nicht-Wohngebäuden der Gebäudekategorien 1 bis 11 gemäß Punkt 2.2.2 bezieht sich die Anforderung auf die gesamte Gebäudehülle.

Bei Anwendung eines Prüfverfahrens ist die Luftwechselrate n_{50} gemäß ÖNORM EN 13829 zu ermitteln.“

ÖNORM B 8110, OIB RL6

Gebäude mit natürlicher Lüftung:	$n_{50} \leq 3,0 \text{ h}^{-1}$
Gebäude mit Lüftungsanlage:	$n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$

klima:aktiv Kriterien

Neubau:	$n_{50} \leq 1,0 \text{ h}^{-1}$
Sanierung:	$n_{50} \leq 2,0 \text{ h}^{-1}$

Passivhaus

	$n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
--	----------------------------------

Diese Grenzwerte dienen aber lediglich der Verringerung an Heizwärme durch Undichtheiten. Aus bauphysikalischer Sicht sind sämtliche Fehlstellen zu beheben, da erfahrungsgemäß bereits bei kleinsten Undichtheiten Bauschäden entstehen können.

Aus praktischer Erfahrung kann festgestellt werden, dass mängelfreie Gebäude Luftwechselraten n_{50} von ca. $0,2 \text{ h}^{-1}$ erreichen.

- Der **Bauherr** sollte über die Bedeutung der Luftdichtheit informiert werden. Da eine Messung i.A. nicht vorgeschrieben ist, gibt es auch keine Verantwortlichkeit für die Durchführung der Messung. Der Bauherr hat allerdings einen **Anspruch auf die Einhaltung der Grenzwerte** und kann diesen Anspruch bei den Verantwortlichen an eine ausreichende Luftdichtheit geltend machen.
- In **Bauverträgen** sollte der **Qualitätsnachweis Luftdichte** daher von vornherein aufgenommen werden (z.B. Deklaration des klima:aktiv Gebäudestandards mit erfolgreicher Plausibilitätsprüfung).
- Die **Luftdichtheitsmessung schützt** den Bauherrn und den Bauunternehmer.
- Die Anforderungen der Luftdichtheit müssen mit den ausführenden **Handwerkern** besprochen werden, die entsprechenden Anleitungen sind bereitzustellen.

klima:aktiv Kriterium A.2.1. Gebäudehülle luftdicht:

www.baubook.at/m/PHP/Kat.php?SKK=1761.13213.13214.13217.13219.13226&SW=8&ST=12

4. Messungen gemäß ÖNORM EN 13829

Das **Differenzdruckverfahren** (Blower-Door Test) dient dazu, die Luftdichtheit der Hülle von Gebäuden oder Gebäudeteilen zu charakterisieren. Mit dem Verfahren werden Luftströme von außen nach innen durch die Gebäudehülle oder umgekehrt erfasst. Luftströme von außen in die Konstruktion hinein und wieder zurück nach außen werden nicht erfasst.

Mehr zur Norm: www.luftdicht.de/din13829.htm

Die aufgebaute Druckdifferenz ist so klein, dass sie vom Menschen außer durch die Zugserscheinungen nicht fühlbar ist. Sie entspricht dem Druck einer 5 mm hohen Wassersäule oder einem Winddruck von ca. 33 km/h.

Der richtige Zeitpunkt:

Die Norm unterscheidet zwei Messarten, abhängig von deren Ziel. Für beide Arten sind unterschiedliche Vorbereitungen notwendig:

- Verfahren A: Prüfung des Gebäudes im Nutzungszustand
- Verfahren B: Prüfung der Gebäudehülle

Der beste Messzeitpunkt ist, wenn die Luftdichtheitsebenen fertig gestellt und für Nachbesserungen noch zugänglich sind. Messung „B“ erlaubt das Verschließen von Öffnungen um die Luftdichtheit der Bauteile zu kontrollieren. Verfahren „A“ erlaubt keine weiteren Abdichtungsmaßnahmen. Ideale Wetterverhältnisse für die Messung sind kleine Temperaturdifferenzen und niedrige Windgeschwindigkeiten.

Messungen zum Nachweis der Luftdichtheit, z.B. im Rahmen von Förderprogrammen, müssen im Nutzungszustand, also nach vollständiger Fertigstellung der luftdichten Schicht erfolgen. Die Innenverkleidung ist dann in der Regel schon angebracht.

Was wird gemessen? Normalerweise umfasst der zu untersuchende Gebäudeteil alle absichtlich beheizten, gekühlten oder mechanisch belüfteten Räume. Einzelne Teile eines Gebäudes können separat gemessen werden; z.B. kann jede Wohnung eines Mehrfamilienhauses für sich gemessen werden. Bei der Beurteilung der Messergebnisse muss jedoch berücksichtigt werden, dass die so gemessene Luftdurchlässigkeit auch Strömungen durch Lecks zu angrenzenden Gebäudeteilen beinhalten kann.

Wie wird gemessen? Es wird ermittelt, wie oft das **Luftvolumen** des Gebäudes bei einer bestimmten Druckdifferenz zur Außenluft **pro Stunde ausgetauscht** wird. Um die Differenzdruck aufzubauen, wird in eine Bauteilöffnung (Tür oder Fenster) ein Rahmen eingesetzt, der mit einer Folie bespannt ist. In einer Öffnung der Folie befindet sich ein Ventilator. Die Drehzahl des Ventilators wird so geregelt, dass sich ein definierter Druck zwischen Außen- und Innenraum einstellt. Um diesen Druck aufrechtzuerhalten muss der Ventilator genau den Volumenstrom fördern, der durch die Leckstellen des Gebäudes entweicht.

Kenngröße der Luftdichtheit: gemessener Volumenstrom durch das Volumen des Gebäudes: Luftwechsel bei 50 Pa (n_{50})

Während die Druckdifferenz aufgebaut ist können **Leckstellen** in der Gebäudehülle leicht gefunden werden. Schon mit der bloßen Hand lassen sich Leckstellen ertasten. Weitere Hilfsmittel zum Orten der Leckstellen sind Rauchspender, Luftgeschwindigkeitsmesser und die Thermografie.

4.1 Ausschreibungstext (Beispiel)

Luftdurchlässigkeitsmessung gemäß ÖNORM EN 13829 - Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden - Differenzdruckverfahren (ISO 9972:1996, modifiziert)

Allgemeine Voraussetzungen

Das Messgerät muss der EN 13829 entsprechen. Abgesehen vom Messzeitpunkt muss die Messung in allen Punkten EN 13829, Verfahren A, entsprechen. Die Druckmessgeräte müssen innerhalb der letzten zwei Jahre kalibriert sein.

Der Prüfer muss eine entsprechende Ausbildung und Gewerbeberechtigung aufweisen.

Kalkulationsvoraussetzung

Die Berechnung des Innenvolumens nach EN 13829 erfolgt durch den Auftragnehmer anhand der vom Auftraggeber gelieferten Planunterlagen bzw. ist durch Naturmaßnahme zu bestimmen. Kontrollmaße zur Überprüfung von Zeichnungen sind auf alle Fälle zu nehmen.

Der Auftraggeber/Bauleitung gewährleistet, dass zum Messtermin alle Außentüren und Fenster auch zu unbeheizten Kellerräumen geschlossen werden können (keine Durchführung von Kabeln etc.) und während des Termins geschlossen bleiben. Gerüste/Leitern werden bauseits durch den Auftraggeber gestellt.

Durchführung einer Messung nach EN 13829 (A)

Normgerechte Durchführung einer n_{50} -Messung vor Ort; für ein Einfamilienhaus/Mehrfamilienhaus (Anzahl Haupteingänge, Stiegehäuser, Wohnungen mit je ca.m²/ WE

Adresse:

Messprotokoll Prüfbericht und Zertifikat

inkl. Gebäudebegehung zur Feststellung von größeren Leckagen, Prüfbericht nach EN 13829 in 1-facher Ausfertigung.

Pauschal

Einzelpositionen:

- Stück provisorisches Abdichten von Zu- und Abluftelementen des Lüftungssystems und/oder der Abflussrohre einschließlich Entfernen der Abdichtung
- detaillierte Leckageortung und Markieren der Lufteintrittsstellen vor Ort je angefangener Viertelstunde. Falls die entsprechenden Handwerker bei der Messung zugegen sind, werden ggf. Undichtigkeiten am Gebäude direkt nachgedichtet.
- Nebelprobe während einer Blower-Door-Messung je Wohneinheit
- Aufpreis für detaillierten Leckagebericht mit Fotodokumentation in 1-facher Ausfertigung zum Nachweis in Abstimmung mit der Bauleitung für unvorhergesehenes (z.B. Verzögerung)

4.2 Differenzdruckverfahren - Ablauf

Arbeitsschritte

- Ermittlung des zu messenden Innenvolumens: Plangrundlagen, Überprüfung
- Für die Montage des Blower Door - Messgerätes muss eine Außentür (mit einem lichten Maß von max. 2,27 m x 1,02 m und einem lichten Maß von min. 1,33 m x 0,63 m) zugänglich sein, Versorgung mit elektrischem Strom (230V, 16A)
- Alle Raumdecken im Gebäude / der Wohnung müssen erreichbar sein. Dazu muss der Bauherr entsprechende Leitern zur Verfügung stellen.
- Begehung des Gebäudes. Gebäudehülle geschlossen, alle Fenster eingebaut und geschlossen, Laibungen abgedichtet, angrenzende nicht beheizte Räume mit Türen verschlossen
- Lüftungsanlage: Lüftungsrohre verschlossen (wenn nicht Messung über „Blowerbox“ über die Lüftungszu- und Fortluftleitung. Vorteil: auch Eingangstür und Fenster wird von Messung erfasst)
- Sonstige Haustechnik: Siphone der Sanitärstränge mit Wasser gefüllt, Heizungsanlagen innerhalb der zu prüfenden Gebäudehülle während der Prüfung abgeschaltet (gilt für offene Flammen)
- Erzeugen eines konstanten Unterdruckes zur Leckageortung und Bewertung: Nachbesserungen werden so weit möglich durchgeführt. Größere Mängel dokumentiert.
- Durchführung der Messung zur Ermittlung der Kennwerte

Verwenden Sie zur Vorbereitung der Luftdichtheitsmessung auch die ausführliche Checkliste im **Merkblatt „Luftdichtheits tests“**¹ von klima:aktiv!

Anbieter wie Isocell haben auch spezielle Checklisten für Verfahren A und B²

Ermittlung des Raumvolumens:

Das für die Messung ausschlaggebende Raumvolumen ist das beheizte Innenvolumen. Dieses ist nach EN 138293 das absichtlich beheizte, gekühlte oder mechanisch gelüftete Volumen in einem Gebäude oder Gebäudeteil, das Gegenstand der Messung ist, üblicherweise ohne Dachboden, Keller oder Anbauten. Die Berechnung des Innenvolumens ist dem Prüfzeugnis in nachvollziehbarer Qualität beizulegen.

Berechnungsbeispiel

beheiztes Innenraumvolumen $V = 180 \text{ m}^3$

gemessener Leckagestrom $V_{50} = 252 \text{ m}^3/\text{h}$

$n_{50} = \text{Leckagestrom } V_{50} / V$

$n_{50} = 252 \text{ m}^3/\text{h} / 180 \text{ m}^3 = 1,4 \text{ h}^{-1}$

Das Gebäude erhält bei einer klima:aktiv Deklaration damit 24 Punkte, wenn es sich um ein Sanierungsprojekt handelt.

¹ www.klimaaktiv.at/bauen-sanieren/gebaeudedeklaration/materialien-tools.html

² www.isocell.at/hauptmenue/produkte/messtechnik/blower-door-messverfahren.html

Messung:

Mit dem Gebläse wird ein Unterdruck bzw. Überdruck im Gebäude erzeugt. Es wird die Luftmenge bestimmt, die bei verschiedenen Druckdifferenzen zwischen innen und außen durch die Leckagen der Gebäudehülle strömt.

Die bei der Messung verwendeten Prüfdrücke von 10 bis zu 100 Pascal entsprechen dem Staudruck auf der Luv-Seite des Hauses bei Windstärken zwischen 3 und 6. Windstärke 10, das ist schwerer Sturm mit 100 km/h, entwickelt einen Staudruck von rund 500 Pa!

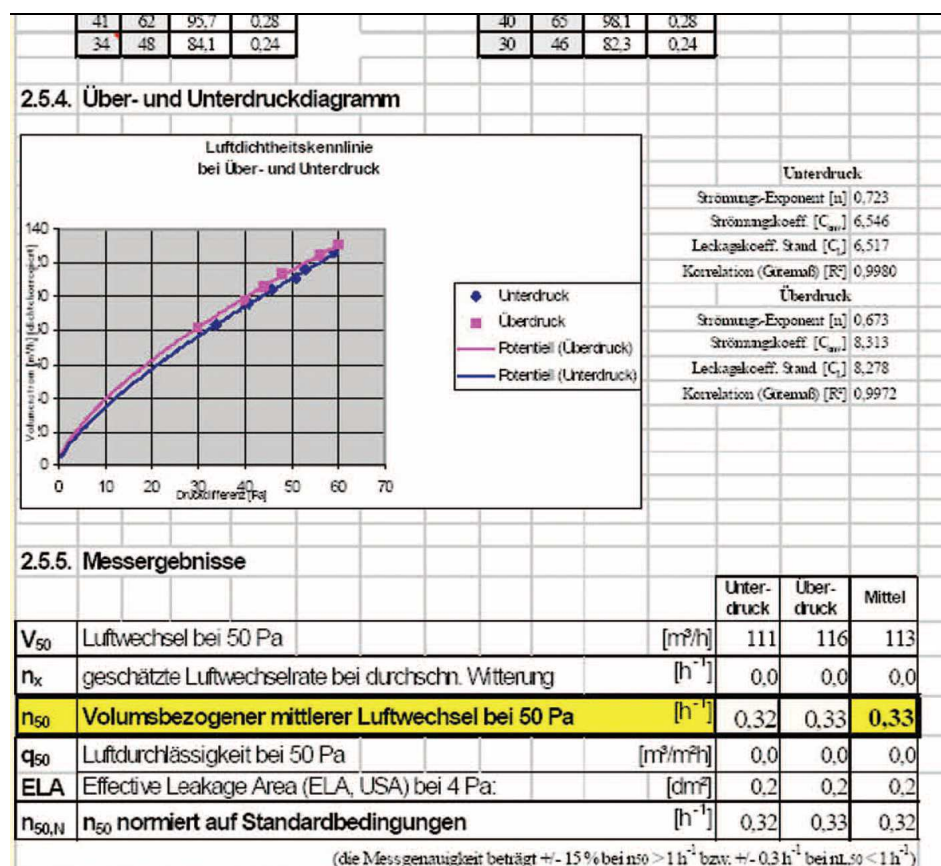


Abbildung 3: Protokoll einer Luftdichtemessung

Leckageortung:

Bei laufendem Gebläse wird das Gebäude abgegangen. Luftströmungen aufgespürt; mit der Hand, einem Luftgeschwindigkeitsmessgerät (Thermoanemometer) oder einem Nebelgenerator. Für die Erstellung des Prüfberichtes können außerdem Art und Lage der einzelnen Leckagen schriftlich erfasst und fotografisch dokumentiert.

Wird die Leckageortung noch in der Bauphase durchgeführt, ist es wünschenswert, dass Handwerker bei der Messung anwesend sind, damit eventuelle Undichtigkeiten am Gebäude sofort nachgedichtet werden können.

Merkblatt „Luftdichtheits tests“: Erläuterungen zur Art der Durchführung und zur notwendigen Anzahl an Luftdichtheits tests inkl. Checkliste für Abnahmemessung Verfahren A Luftdichtheits test:

www.klimaaktiv.at/bauen-sanieren/gebaeuedeklaration/materialien-tools.html

Video Blower Door Messung (ca. 9 min.):

www.youtube.com/watch?v=dCivzCInDtA&feature=related

4.3 Richtkosten und Anbieter von Luftdichtheitsprüfungen

Als **Richtkosten** einer Messung im EFH können etwa 300-500 Euro zzgl. Ust. pro Wohneinheit inkl. einfacher Leckagesuche angenommen werden.

Messungen werden von Instituten, technischen Büros und Firmen angeboten.

Eine **zertifizierte Fachkraft für Luftdichtheitsprüfung von Gebäuden** ist nachweislich befähigt, Differenzdruckmessungen nach der Europäischen Norm EN 13829:2001 "Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden - Differenzdruckverfahren", durchzuführen.

Liste zertifizierter Personen:

<https://certificates.austrian-standards.at/searchPerson>

Kompetenz: P01 Experte f. Luftdichtheitsprüfung von Gebäuden

Quellen

klima:aktiv, www.klimaaktiv.at/bauen-sanieren

Passivhaus Institut / CEPHEUS, Luftdichte Projektierung von Passivhäusern
Planungsprinzipien und Ausführungsdetails für luftdichte Anschlüsse, www.passiv.de

Ingenieurbüro KRAM GmbH, www.kram.at

Ingenieurbüro Wind, www.ibwind.at/download/Info_LuftdichtBauen110416.pdf

Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V, www.luftdicht.info

TZWL Information: Messung der Luftdichtheit von Gebäuden, www.tzwl.de

Energieagentur NRW:
www.energieagentur.nrw.de/database/data/datainfopool/blower-door.pdf

IBO Institut für Baubiologie und -ökologie, www.ibo.at

Holzbauhandbuch, www.harrer.at

Isocell: Bauteile, Lösungen, Messtechnik (Checklisten zu Blower-Door Messungen),
www.isocell.at

www.energiesparhaus.at

www.luftdicht.de

www.blowerdoor.de

Übungsfragen

Fragen zur Lernzielkontrolle finden Sie im klima:aktiv e-learning:
<http://kurse.ibo.at> > BAU, Abschnitt LUFT-/ WINDDICHT, WÄRMEBRÜCKEN