

Zertifizierung von Luftdichtheitsystemen

Der Passivhaus-Standard zeichnet sich durch eine sehr hohe Energieeinsparung gegenüber herkömmlichen Neubauten aus. Diese Einsparung wird durch hoch-effiziente Gebäude und haustechnische Anlagen erreicht. Neben einer sorgfältigen Detailplanung setzt dies die Verwendung besonders energieeffizienter Komponenten voraus. In der Regel sind diese Komponenten etwa zwei- bis viermal so effizient wie entsprechende übliche Produkte. Diese hohe Energieeffizienz ist entscheidend für das Erreichen des Passivhaus-Standards.

Der Planer kann Bauteile in Bezug auf ihre Energieeffizienz, ihre Dauerhaftigkeit und die anzusetzenden Energie-Kennwerte jedoch oft nur schwer beurteilen: Verfügbare Kennwerte aus der Normung sind vielfach nicht praxismäßig oder nicht ausreichend genau. Eine verlässliche Projektierung ist allein mit den Herstellerangaben häufig nicht möglich.

Das Passivhaus Institut als unabhängige Stelle prüft und zertifiziert Produkte im Hinblick auf ihre Eignung für den Einsatz in Passivhäusern. Produkte, die das Zertifikat „**Zertifizierte Passivhauskomponente**“ tragen, sind nach einheitlichen Kriterien geprüft, bezüglich ihrer Kennwerte vergleichbar und von exzellenter energetischer Qualität. Ihre Verwendung erleichtert dem Planer seine Aufgabe erheblich und trägt wesentlich dazu bei, die einwandfreie Funktion des entstehenden Passivhauses zu gewährleisten.

Komponentenzertifizierung

Im Bereich der Luftdichtheit werden **Luftdichtheitsysteme** geprüft, wie sie in der Anwendung in Passivhäusern eingesetzt werden. Nicht das einzelne Produkt allein steht dabei im Fokus, sondern das ganze System mit den entsprechenden Anschlüssen kommt auf den Prüfstand.

Geprüft wird in den Bereichen „**Luftdichter Fensteranschluss**“, „**Flächenabdichtung**“ sowie „**Durchführungen**“.

So werden zum Beispiel **Fensterabdichtungen** in Massiv- und Holzwänden geprüft, Anschlüsse von **Bahnen und Holzwerkstoffplatten** (Flächenabdichtungen) an Beton/Putz, an angrenzende Holzplatten oder Bahnen und die Verbindung des Materials untereinander geprüft. In der Rubrik „**Durchführungen**“ werden gleichzeitig 14 typische Kabel- und Rohrdurchführungen durch Holzwerkstoffplatten und Betonbauteile auf Luftdichtheit geprüft. Jede Verbindungsart wird dabei vom PHI drei Mal handwerklich angefertigt und auf Luftdichtheit bei unterschiedlichen Druckstufen geprüft. Die Messung des Volumenstromes erfolgt mit einem hochgenauen Laminar-Flow-Element.

Neben der Überprüfung der Systeme im realitätsnahen Einbau wird auch die entsprechende Einbauanleitung auf die Praxistauglichkeit geprüft: Der Einbau erfolgt streng nach Anleitung des Herstellers. Tauchen dabei Unklarheiten auf, werden dafür Verbesserungsvorschläge erarbeitet und dem Hersteller vorgelegt.

Bei der Einhaltung der Grenzwerte wird das Zertifikat „**Zertifizierte Passivhauskomponente**“ ausgestellt. Die Messergebnisse (Messbericht) sowie die (ggf. überarbeitet) Einbauanleitung wird in der Komponentendatenbank (<https://database.passive-house.com>) in der Rubrik „Luftdichtheitsysteme“ Bauherren und Planern zur Verfügung gestellt. Nach der Zertifizierung wird die Komponente zusätzlich im Komponenten-Newsletter der IG-Passivhaus (www.passivhaus.de) veröffentlicht.

Grenzwerte der Zertifizierungsclassen

Luftdichter

Fensteranschluss

Produkte für den luftdichten und wärmebrückenarmen Einbau von PH-Fenstern in Wandöffnungen.

Die Prüfung der Luftdichtheit der Fugenabdichtung Fenster-Wand erfolgt an Massiv- und Leichtbauwänden. Dabei werden sowohl Kunststoff- als auch Holzfensterrahmen untersucht.

Die Anforderungswerte für eine PH-Zertifizierung „Fensteranschluss“ sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

Klasse	Luftdurchlässigkeit längenbezogen
	@ 50 Pa [m ³ /(hm)]
phA+	≤ 0,05
phA	≤ 0,30
phB	≤ 0,50
phC	≤ 0,80

Flächenabdichtung

Systeme zur Flächenabdichtungen für Wand, Dach, Boden für Leicht- oder Massivbau.

Die Prüfung der Luftdichtheit der Abdichtungssysteme erfolgt in Anlehnung an DIN 12114. Systembedingte Stoßverbindungen und Anschlüsse werden einbezogen:

- 0 Material selber ohne Anschluss
- 1 kraftschlüssig angrenzende gleichartige Flächen
- 2 angrenzende Fläche aus luftdichter Holzwerkstoffplatte
- 3 angrenzendes Betonbauteil/verputzte Fläche

Die Anforderungswerte für eine PH-Zertifizierung „Flächenabdichtung“ sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

Klasse	Luftdurchlässigkeit flächenbezogen
	@ 50 Pa [m ³ /(hm ²)]
phA	≤ 0,10
phB	≤ 0,18
phC	≤ 0,25

Luftdichte Durchführungen

Untersucht werden Produkte oder Methoden für die luftdichte Durchführung von Kabeln und Rohren durch die luftdichte Ebene.

Die Prüfung der Luftdichtheit von Durchführungen erfolgt an Bahnen, luftdichten Holzwerkstoffplatten und Betonoberflächen. Es sind unterschiedliche bautypische Kabel und Rohre vorgegeben, welche durch das entsprechende Bauteil geführt werden. Mit den Produkten oder Methoden der Verklebung werden die Abdichtungen hergestellt. Untersucht wird die Luftdichtheit aller 14 Durchführungen gemeinsam. In einem Einfamilienhaus sind typischerweise etwa doppelt so viele Durchdringungen vorhanden. Die 14 Durchführungen werden daher doppelt je Flächenabdichtung (Holzplatte, Beton, Luftdichtheitsbahn) hergestellt und geprüft.

Abzudichtende Kabel und Rohre:

#	Durchführung von	Anzahl
1.	Kabel Hausanschluss Außendurchmesser 25 mm (NYY-J 5x16 mm ²)	1
2.	Kabel Außendurchmesser 8,3 mm (NYM 3 x 1,5) <i>Einzeln geführt</i>	2
3.	Telefonkabel Außendurchmesser 5,0 mm (J-Y(ST)Y 2 x 2 x 0,60 mm) <i>Zusammengefasst in einer Durchführung</i>	5
4.	Zwillingskabel Außendurchmesser 2 x 5,0 mm (Twin 2 x WF65 Satellite/Antenne)	1
5.	HT Rohr DN 50 (Glattes Rohr)	1
6.	HT Rohr DN 110 (Glattes Rohr)	1
7.	Elektro-Leerrohr (Wellrohr) 25 mm Außendurchmesser <i>Einzeln geführt</i>	2
8.	Wickelfalzrohr DN 180 (Fort- oder Außenluft)	1
	SUMME Anzahl Durchführungen	14

Die Kabel und Rohre werden mit dem Abdichtungsmaterial des Herstellers nach der Herstelleranleitung jeweils entweder durch die Holzwerkstoff-, die Betonplatten bzw. durch die Luftdichtheitsbahn geführt. Die Rohre selber sind einseitig verschlossen. Alle 14 Durchführungen werden bei den Druckstufen von ca. 50 bis 300 Pa Über- und Unterdruck gemeinsam auf Dichtheit geprüft. Die Durchführungen werden an der Verklebung zur Flächenabdichtung (Bahn, Holzplatte und Beton) auf Dichtheit geprüft sowie auch an der Abdichtung zum Kabel bzw. Rohr.

Erfasst und ausgewiesen als Messergebnis wird jeweils der Gesamtwert aller 14 Durchführungen gemeinsam. Damit liegen diese Messergebnisse aufgrund der doppelten Herstellung und Untersuchung je Flächenabdichtungsmaterial (Bahn, Holzplatte, Beton) sechsfach vor. Je Flächenmaterial wird die Summe aus beiden



Untersuchungen mit je 14 Durchführungen berechnet und als Ergebniswert für die Materialgruppe ausgewiesen. Zur Zertifizierung wird der Mittelwert der drei Summen berechnet.

Insgesamt werden damit $14 \times 6 = 84$ Durchführungen hergestellt, abgedichtet und überprüft.

Durchzuführende Messungen:

Durchführungen durch:	Anzahl Durchdringungen je Aufbau	Anzahl Aufbauten (entspricht den Messungen)	Gesamtzahl untersuchter Durchdringungen
Luftdichtheitsbahn	14	2	28
Beton	14	2	28
Holzwerkstoffplatte	14	2	28
Gesamtzahl Durchdringungen			84

Das Ziel für gute Abdichtungen bei Durchdringungen ist, dass die Luftdichtheitswerte der Flächenabdichtung aufgrund der Durchführungen nicht deutlich geschwächt werden. Der Anforderungswert leitet sich aus Grenzwerten für Fensteranschlüsse ab. Als Grundlage dient dabei die Summe der Umfänge der geprüften Kabel und Rohre.

Luftdurchlässigkeit bezogen auf den Umfang der Durchführungen

Klasse	@ 50 Pa [m ³ /(hm)]
phA+	≤ 0,05
phA	≤ 0,30
phB	≤ 0,50
phC	≤ 0,80

Nach der Durchführung der 6 Messreihen erfolgt eine Auswertung der Messungen in Form eines Messberichtes. Bei Einhaltung der Grenzwerte wird das entsprechende Zertifikat als „**Zertifizierte Passivhauskomponente**“ ausgestellt.

Bedeutung der Zertifikatsklassen

Legt man die Luftdurchlässigkeit der drei Produkt-Kategorien (Flächenabdichtung, Fensteranschluss, Durchdringung) für die Zertifizierung von Luftdichtheitssystemen zu Grunde, kann der Einfluss der Qualität auf ein Gesamtgebäude verdeutlicht werden. Die Anforderungen an die drei Bereiche sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Luftdurchlässigkeit @50 Pa			
	Flächenabdichtung	Fensteranschluss	Durchdringungen
	flächenbezogen	längenbezogen	bezogen auf den Umfang der Durchführungen
Klasse	[m ³ /(hm ²)]	[m ³ /(hm)]	[m ³ /(hm)]
phA+		≤ 0,05	≤ 0,05
phA	≤ 0,10	≤ 0,30	≤ 0,30
phB	≤ 0,18	≤ 0,50	≤ 0,50
phC	≤ 0,25	≤ 0,80	≤ 0,80

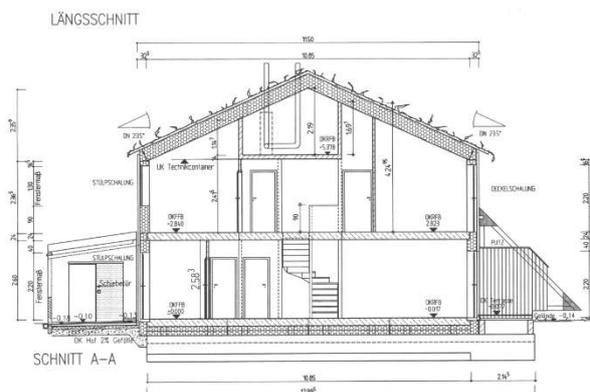
Tabelle 1. Anforderungen an die Luftdurchlässigkeit der Zertifikatsklassen

Am Beispiel von zwei Gebäuden unterschiedlicher Größe (Reihenhaus und Schulgebäude) werden die Anforderungen an die Luftdichtheit nach den Zertifizierungsklassen angewendet und deren Auswirkungen illustriert.

1 Beispiel Reihenhaus

Die Berechnungen wurden für ein nicht unterkellertes Reihenhaus mit EG und OG sowie einem Technikgeschoss durchgeführt. Die Hausbreite beträgt 6 m, die Wohnfläche 127 m² und das Luftvolumen 372 m³. Die Fläche der luftdichten Ebene beträgt 375 m².

Für das Gebäude ergeben sich diese Fugenlängen:



Wand an Boden oder Dach	Wand an Wand	Fenster und Türen (Einbau)	Fenster und Türen (Dichtung)	Durchdringung	Hüllfläche opak	Hüllfläche Fenster/Tür
109 m	31 m	46 m	38 m	2,3 m	355 m ²	20 m ²

Tabelle 2. Fugenlängen und Bauteilflächen des Mustergebäudes „Reihenhaus“

Es können nun für alle Wandflächen, die Anschlüsse der Fenster und Türen sowie für alle Durchdringungen die Anforderungen aus den Zertifikatsklassen in Ansatz gebracht werden. Damit werden für dieses Gebäude, als Summe für die drei Bereiche, die

maximal erwarteten Leckagevolumenströme in der jeweiligen Klasse berechnet. In den Anforderungen und Prüfungen der Flächenabdichtung (Wand, Boden oder Dach) sind die Anschlüsse zu Nachbarbauteilen bereits enthalten. Zusätzlich muss noch die Dichtfuge zwischen Blend- und Flügelrahmen von Fenster und Türen berücksichtigt werden. Dazu wird der maximale Leckagestrom der besten Klasse (Klasse 4) nach Norm DIN EN 12207 herangezogen. Dieser beträgt bei 50 Pa maximal 0,5 m³/hm und wird für alle Passivhaus-Zertifikatsklassen herangezogen.

Der auf diesem Weg berechnete maximale Leckagevolumenstrom einer Klasse wird mit dem gesamten Leckagevolumenstrom für die Anforderung an den Luftdichtheits-test von $n_{50} = 0,6^{-1}$ (Grenzwert Passivhaus) und $0,4 \text{ h}^{-1}$ (üblicher Wert für Passivhäuser) verglichen. Da das Gebäude über ein Innenvolumen von 372 m³ verfügt, betragen die beiden maximalen Leckagevolumenströme 223 bzw. 149 m³/h.

Zusätzlich wird der Anteil am Volumenstrom berechnet, der sich nach der Bewertung der Anforderung nach der Hüllflächen (Vorschlag $q_{E50} = 0,6 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$) ergibt. Für das Reihenhaus beträgt dieser $236 \text{ m}^2 \times 0,6 \text{ m}^3/(\text{h m}^2) = 142 \text{ m}^3/\text{h}$. Diese Anforderung ist insbesondere für größere Gebäude (ab 1.500 m³ Innenvolumen) ausschlaggebend.

	Fläche	Fenster/ Türen	Durch- dringung	Fenster/ Türen Dicht- fuge	Summe	Anteil am $n_{50} =$ $0,6 \text{ h}^{-1}$	Anteil am $n_{50} =$ $0,4 \text{ h}^{-1}$	Anteil am $q_{E50} = 0,6$ $\text{m}^3/(\text{h m}^2)$
Länge / Fläche	355 m ²	46 m	2,3 m	38 m				
	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h			
phA+	36	2	0,1	18	56	25%	38%	40%
phA	36	14	0,7	18	68	30%	46%	48%
phB	64	23	1,2	18	106	48%	71%	75%
phC	89	37	1,9	18	145	65%	98%	103%

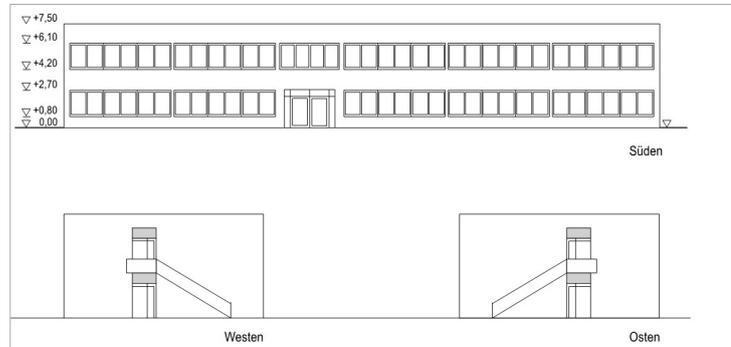
Tabelle 3. Leckage-Beiträge nach Zertifikatsklassen für das Mustergebäude „Reihenhaus“

Es zeigt sich, dass für die $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ Passivhausanforderungen an die Luftdichtheit dieses Reihenhauses zwischen etwa 25 und 65% der Leckagen von den Regelflächen und Einbauten her erwartet werden. Der Rest, also 35 bis 75% des Volumenstroms steht für unvorhergesehene Leckagen als Sicherheit zur Verfügung oder stellt das Potential für ein verbessertes Ergebnis dar. Kleinere zusätzliche Leckagen, welche regelmäßig auf Baustellen vorzufinden sind, werden also mit großer Sicherheit bereits mit abgedeckt. Bei der höheren Anforderung von $n_{50} = 0,4 \text{ h}^{-1}$ sinkt die Reserve/Potential auf etwa 2 bis 60 %.

Würden bei dem Gebäude durch sorgfältige Ausführung keinerlei weitere Leckagen auftreten und nur die Regelbauteile, wie vom Zertifizierungsprogramm erfasst, zur Leckage beitragen, wären Luftdichtheitswerte von $n_{50} = 0,15$ bis $0,39 \text{ h}^{-1}$ zu erwarten.

2 Beispiel Schulgebäude

Die Berechnungen wurden für ein nicht unterkellertes Schulgebäude mit EG und OG durchgeführt. Die Abmessungen der Grundfläche betragen ca. 50,5 m x 16,7 m. Die beheizte Fläche 1.235 m² und das Luftvolumen von 3.889 m³. Die Gebäudefläche der luftdichten Ebene beträgt ca. 2.720 m², wovon 314 m² Fensteröffnungen- und 32 m² Türöffnungsflächen enthalten sind.



Für das Gebäude ergeben sich diese Fugenlängen:

Wand an Boden oder Dach	Wand an Wand	Fenster und Türen (Einbau)	Fenster und Türen (Dichtung)	Durchdringung	Hüllfläche opak	Hüllfläche Fenster/Tür
402 m	45 m	497 m	367 m	8,5 m	2375 m ²	346 m ²

Tabelle 4. Fugenlängen und Bauteilflächen des Mustergebäudes „Schule“

Wie im Beispiel des Reihenhauses können für die Wandflächen, die Anschlüsse der Fenster und Türen sowie für alle Durchdringungen die Anforderungen aus den Zertifikatsklassen verwendet werden. Auch hier werden damit für das Schulgebäude die maximal zulässigen Leckagevolumenströme in der jeweiligen Klasse berechnet.

Der auf diesem Weg berechnete maximale Leckagevolumenstrom einer Klasse wird mit dem gesamten Leckagevolumenstrom für die Anforderung an den Luftdichtheits-test von $n_{50} = 0,6^{-1}$ (Grenzwert Passivhaus) und $0,4 \text{ h}^{-1}$ (üblicher Wert für Passivhäuser) verglichen. Da die Schule über ein Innenvolumen von 3.889 m³ verfügt, betragen die beiden maximalen Leckagevolumenströme 2.333 bzw. 1.556 m³/h.

Zusätzlich wird der Anteil am Volumenstrom berechnet, der sich nach der Bewertung der Anforderung nach der Hüllflächen (Vorschlag $q_{E50} = 0,6 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$) ergibt. Für das Schulgebäude beträgt dieser $2.720 \text{ m}^2 \times 0,6 \text{ m}^3/(\text{h m}^2) = 1.632 \text{ m}^3/\text{h}$. Diese Anforderung ist insbesondere für größere Gebäude (ab 1.500 m³ Innenvolumen) ausschlaggebend.

	Fläche	Fenster/ Türen	Durch- dringung	Fenster/ Türen Dicht- fuge	Summe	Anteil am $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$	Anteil am $n_{50} = 0,4 \text{ h}^{-1}$	Anteil am $q_{E50} = 0,6$ $\text{m}^3/(\text{h m}^2)$
Länge / Fläche	2.375 m ²	497 m	8,5 m	367 m				
	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h	m³/h			
phA+	237	25	0,4	173	455	19%	29%	28%
phA	237	149	2,6	173	673	29%	43%	41%
phB	427	249	4,3	173	1037	44%	67%	64%
phC	594	398	6,8	173	1465	63%	94%	90%

Tabelle 5. Leckage-Beiträge nach Zertifikatsklassen für das Mustergebäude „Schule“

Es zeigt sich, dass für die Passivhausanforderungen an die Luftdichtheit der Schule ($n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$) zwischen etwa 20 und 60 % der Leckagen von den Regelflächen und Einbauten benötigt werden. Der Rest, also 40 bis 80 % des Volumenstroms steht für unvorhergesehene Leckagen als Sicherheit zur Verfügung oder stellt das Potential für ein verbessertes Ergebnis dar. Kleinere zusätzliche Leckagen, welche regelmäßig auf Baustellen vorzufinden sind, werden also mit großer Sicherheit bereits mit abgedeckt. Bei der höheren Anforderung von $n_{50} = 0,4 \text{ h}^{-1}$ sinkt die Reserve/Potential auf etwa 6 bis 70 %.

Würden bei dem Gebäude durch sorgfältige Ausführung keinerlei weitere Leckagen auftreten und nur die Regelbauteile, wie vom Zertifizierungsprogramm erfasst, zur Leckage beitragen, wären Luftdichtheitswerte von $n_{50} = 0,12$ bis $0,38 \text{ h}^{-1}$ zu erwarten.



3 Zusammenfassung

Bei einem realen Gebäude werden üblicherweise Luftdichtheitsprodukte unterschiedlicher Qualitäten eingesetzt. Daher ist eine Betrachtung der Bereiche aller Zertifikatsklassen sinnvoll. Es kann gezeigt werden, dass die Zertifizierungsanforderungen so gewählt wurden, dass der Grenzwert für die Luftdichtheit ($n_{50} = 0.6 \text{ h}^{-1}$) und auch der deutlich bessere, durchschnittliche Wert für Passivhäuser ($n_{50} = 0.4 \text{ h}^{-1}$), mit den geprüften Materialien, mit einiger Sicherheit eingehalten werden können, wenn grobe Fehler vermieden werden. Dies wiederum wird durch die im Rahmen der Zertifizierung ebenfalls geprüften Verarbeitungsanleitungen erleichtert.

Auf der Baustelle ergeben sich in der Regel zusätzliche kleinere Leckagen, welche eine Herausforderung darstellen, sollen die Grenzwerte nicht überschritten werden. Die Grenzwerte der Produktzertifizierung sind so gewählt, dass praxistaugliche Reserven für solche Leckagen sichergestellt sind.