

Luftdurchlässigkeitmessungen zwischen Fensterflügel und Fensterrahmen

Einleitung

Die Eigentümer eines neu errichteten Einfamilienhauses bemängelten gegenüber dem Bauträger sowohl mangelhaften Schallschutz der Fenster als auch Zugserscheinungen. Obwohl an einer innerörtlich und relativ stark befahrenen Hauptstraße gelegen, waren vertraglich keine besonderen Maßnahmen zum Schallschutz vereinbart worden.

Hinsichtlich der Zugserscheinungen wurde ausdrücklich nur die Dichtigkeit der Fugen zwischen Flügel und Rahmen bemängelt (nicht die der Fuge Rahmen-Mauerwerk!). Hier käme es subjektiv zu Zugserscheinungen, die Fenster würden nicht dicht schließen und dies sei auch die Ursache für den schlechten Schallschutz. Diese Fragen sollten im Rahmen eines gerichtlichen Beweisverfahrens beantwortet werden.

1 Auszug Beweisbeschluss

»Die Flügeltür im Wohnzimmer, das bodentiefe Fenster im Kinderzimmer (Westseite) sowie das bodentiefe Fenster im Elternschlafzimmer schließen nicht richtig. Es sind Spalten zwischen Fenster und Fensterrahmen vorhanden. Darüber hinaus liegt eine Bauchbildung des bodentiefen Fensters vor. Es strömt Luft durch die geschlossenen Fenster. Straßenlärm ist deutlich zu hören.«

2 Vorgehen

Beim ersten Ortstermin wurden die bemängelten Fenster orientierend untersucht. Dabei wurde der Anpressdruck des Rahmens auf die Flügel mittels eines Papierstreifens bei geschlossenem Flügel vergleichend getestet.

Fenster im Wohnzimmer (zweiflügelig, Stulpfenster)

Auf (der von innen gesehen) rechten Beschlagseite (Geh-Flügel) etwa in Flügelmitte wurde ein deutlich verringerter Anpressdruck gegenüber den restlichen Bereichen festgestellt. Der Türflügel klemmte leicht beim Schließen.

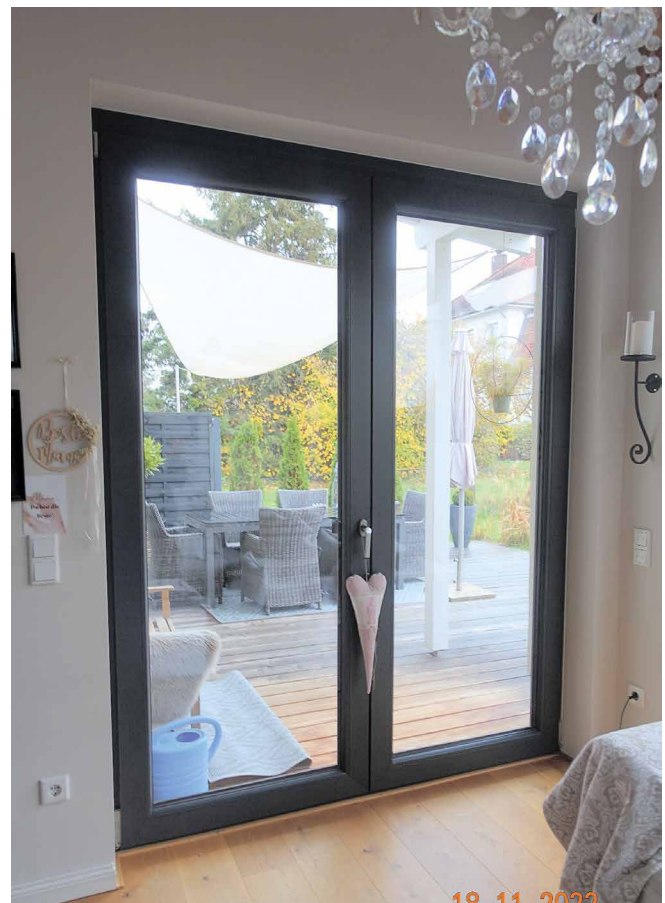


Abb. 1: Zweiflügelige Fenstertür im Schlafzimmer

Fenster in Kinderzimmer und Elternschlafzimmer (beide zweiflügelig, Stulpfenster)

Auf jeweils beiden (von innen gesehen) rechten Beschlagseiten (Gehflügel) etwa in Flügelmitte wurde ein leicht verringerter Anpressdruck gegenüber den restlichen Bereichen festgestellt.

Optisch und haptisch waren keine Auffälligkeiten in den Fugen zwischen Fensterrahmen und -flügel feststellbar (z. B. fehlende oder verhärtete Dichtungen oder beschädigte Teile der Beschläge) (Abb. 1).



Abb. 2: Thermografie-Aufnahme des beanstandeten Bereichs des Fensterflügels

Eine orientierende Thermographie dieser Stellen war aber bei allen drei Fenstern unauffällig: Es war kein signifikanter Temperaturunterschied gegenüber den restlichen Fugen erkennbar (Abb. 2).

Bei allen drei betroffenen Fenstern sowie bei allen weiteren stichprobenartig untersuchten Fenstern waren Ausklüngen der äußeren Dichtung vorhanden (Abb. 3).

In einem Zwischenbericht wurden die Parteien und das Gericht über die Ergebnisse der ersten, orientierenden Untersuchung informiert. Es wurde zusätzlich Folgendes mitgeteilt:

»Zur Objektivierung und ggf. zur Quantifizierung der Leckageraten könnte ein Blower-Door-Test der betroffenen Fenster (ggf. vergleichend zu weiteren Fenstern im Gebäude) durchgeführt werden. (...) An den zu erwartenden Kosten für eine

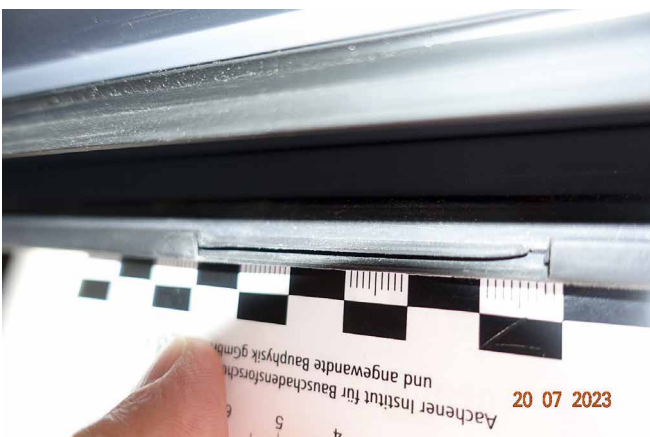


Abb. 3: Ausklüftung der äußeren Dichtung

Nachbesserung würden die Messergebnisse aber höchst wahrscheinlich nichts ändern.«

3 Blower-Door-Messung

Gemäß der DIN EN 1026 werden zu bewertende Bauelemente (Fenster und Türen) in einem Hilfsrahmen aus Stahl oder Holz montiert und dann in einer Prüfkammer geprüft.

Die Norm dient zur Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von fertiggestellten Fenstern und Türen, nicht aber der Feststellung möglicher Undichtheiten von Fensterrahmen zum Baukörper. Auch aus dem Grund, dass Drücke von 300 Pa und mehr aufgebaut werden sollen, zielt die Beschreibung des Prüfverfahrens auf die Anwendung in einem dafür geeigneten Prüfstand ab. Das heißt, für eine Vor-Ort-Messung ist nur die Messung in Anlehnung an die DIN EN 1026 möglich, weil auch die für sog. Blower-Door-Messungen üblichen Normen DIN EN 13829 oder DIN EN ISO 9972 nicht bestimmungsgemäß angewendet werden können. Diese Normen zielen darauf ab, ganze Gebäude oder Gebäudeteile messtechnisch zu untersuchen.

Die DIN EN 13829:2000 beschreibt u. a. das Differenzdruckverfahren:

»Einleitung

Das Differenzdruckverfahren dient dazu, die Luftdichtheit der Hülle von Gebäuden oder Gebäudeteilen zu charakterisieren. Es kann benutzt werden:

- a) um die Luftdurchlässigkeit eines Gebäudes oder Gebäudeteils zu messen, um eine Luftdichtheitsanforderung zu erfüllen,
- b) um die relative Luftdurchlässigkeit verschiedener ähnlicher Gebäude oder Gebäudeteile zu vergleichen.« [6]

Ein »Blower-Door-Test« liefert keine Werte, die unmittelbare Vergleiche zu den Angaben z. B. aus Messungen im Sinne der DIN EN 1026 ermöglichen.

Die Eigentümer entschieden daraufhin, dass die Leckageraten messtechnisch bestimmt werden sollten.

In einen zweiten Ortstermin wurde zusammen mit dem Messdienstleister die örtliche Situation besichtigt. Im Anschluss daran hat der Messdienstleister Angebote für drei Messvarianten abgegeben.

Bei der günstigsten Variante (Pos. 1 des Angebots) wird die Strömungsgeschwindigkeit an den fraglichen Fensterfugen mit einem Hitzdrahtanemometer gemessen. Sofern dabei Strömungen festgestellt würden, könnte dann direkt im Termin eine Nachjustierung der Flügel erfolgen (z. B. durch den Fensterbauer) und der Erfolg der Nachjustierung auch unmittelbar überprüft werden.

Sowohl der Messdienstleister als auch der Sachverständige empfahlen aus technisch-wirtschaftlichen Überlegungen diese Variante.

Die beiden anderen Messvarianten (Pos. 2 und 3 des Angebots) waren deutlich aufwändiger und teurer, zudem könnte das Nachjustieren – welches auch bei diesen Messvarianten die erste Art der Nachbesserung sein würde – nicht ohne Demontage des Messaufbaus erfolgen.

Zur Kontrolle der Nachjustierung müsste die Messapparatur erneut montiert werden, was zusätzliche Kosten (die in den Pos. 2 und 3 noch nicht enthalten waren) verursachen würde.

Die angebotene Version 2 der Messung beinhaltete die Montage einer festen raumseitigen Abdeckung der Fenster, um die Fuge zwischen Fensterflügel und Rahmen messtechnisch auf ihre

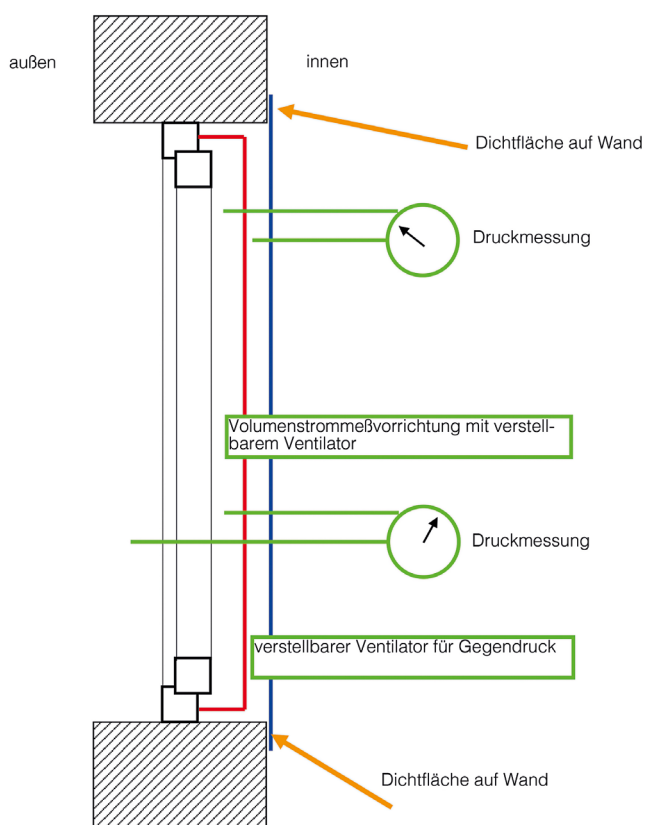


Abb. 4: Prinzipskizze des gewählten Messaufbaus [3]

Luftdurchlässigkeit hin untersuchen zu können (siehe Abbildung 4 – rote Einhausung). Der Nachteil dieser Variante ist, dass eine Messung der Luftdurchlässigkeit des Messaufbaus vor Ort nur schwer zu realisieren ist und immer Unsicherheiten bleiben. Letztendlich muss man die gemessenen Werte dem Fenster »zuschlagen«, was natürlich zu einer Fehleinschätzung führen kann.

Um diese Unsicherheit weitestgehend auszuschließen, wurde die Variante 3 (siehe Abb. 4) angeboten, mit der eine sog. Guard-Zone-Messung realisiert werden kann. Dabei wird, wie

der Name vermuteten lässt, eine Schutzzone bzw. ein Schutzdruck aufgebaut. Das bedeutet, dass die Druckdifferenz zwischen der inneren (rot) und der äußeren (blau) Kammer immer auf null geregelt wird. Erreicht wird dies mittels eines weiteren Ventilators und eines Differenzdrucksensors. Aus Gründen der Machbarkeit vor Ort kamen hier Messsysteme der Firma Wöhler vom Typ DP 600 bzw. DP 700 zum Einsatz.

Die Eigentümer entschieden daraufhin, dass die Variante nach Pos. 3 ausgeführt werden sollte. Beim 3. Ortstermin wurden dann die Differenzdruckmessungen der Fugen zwischen Fensterrahmen und -flügel durchgeführt.

Dazu wurden gemäß der Prinzipskizze in Abb. 4 die Fenster mit Einhausungen versehen (Abb. 5) und dann Unter- und Überdruckmessungen (in Anlehnung an [3] DIN EN 1026, Messbereich ca. 10 – 100 Pa) durchgeführt.

Wesentliche höhere Drücke waren beim gewählten Messaufbau nicht möglich. Der Hauptgrund dafür lag in der Montage des Messaufbaus, die ohne mechanische Befestigung an z.B. der Fensterlaibung erfolgen musste. Aufwendige Befestigungen oder gar Bohrungen hätten erhebliche Kosten zur Wiederherstellung des ursprünglichen Zustands bedeutet und im bewohnten Gebäude sicher auch zu weiteren Folgekosten geführt.

Dabei wurde während der Messung über die zweite äußere Einhausung (blau) sichergestellt, dass keine Luft aus der inneren Einhausung (rot) entweichen kann. Die beiden Messgeräte wurden jeweils so eingestellt, dass die Druckdifferenz zwischen der inneren und äußeren Einhausung annähernd Null beträgt. (Prinzip einer Schutzdruckmessung / Guard-Zone-Messung [1, 2]).

Randbedingungen der Messung waren:

- Fußleisten waren bauseits demontiert,
- Fenster fest geschlossen/verriegelt,
- keine Abdichtungen am bestehenden Fenster,
- Fenstergriff demontiert und Öffnung für Griff abgeklebt (erforderlich auf Grund der zweiten Einhausung des Messaufbaus),
- Fenster im Raum der Prüfung geöffnet,
- Türen im Raum der Prüfung geöffnet,
- Nulldruck/Offset kleiner 1 Pa.

Folgende Messtechnik wurde verwendet (Kalibrationszertifikate lagen vor):

- WÖHLER DP 600 – für Gegendruck in äußerer Kammer,
- WÖHLER DP 700 – für Druckmessung und Volumenstrommessung in innerer Kammer,
- Drucksensor ASHCROFT 100 Pa Sensor für Druckmessung zwischen der inneren und äußeren Kammer (hier Kontrolle, ob Differenz Null ist),
- GREISINGER GFTB 200 – Luftdruck und Temperatur, außen,
- LUFFT XC 200 – Temperatur, innen.

Die Wetterdaten zum Wind wurden unter www.wetteronline.de abgerufen, die Messungen von Temperatur, Luftfeuchte und Luftdruck wurden vor Ort durch den Messdienstleister vorgenommen.

Die Auswertung erfolgte in Anlehnung an die DIN EN 1026 mit Bestimmung des Leckagevolumenstroms und weiterer Kenngrößen. Abb. 6 zeigt exemplarisch die Messdaten und die Auswertung für das Schlafzimmer.

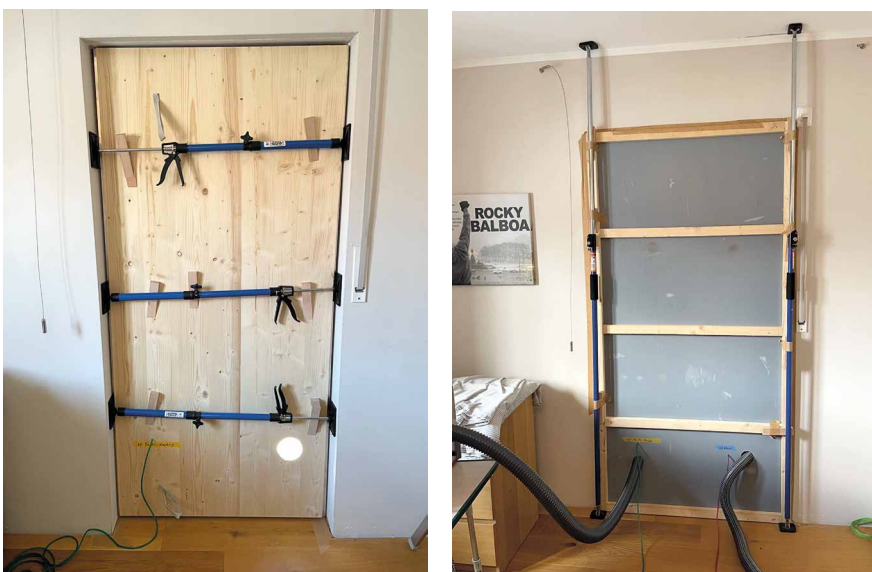
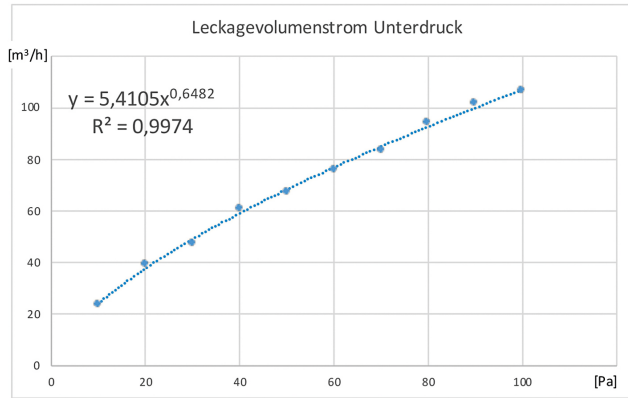


Abb. 5a, b: a) Platte auf dem Fensterrahmen (innen); b) Platte auf der Wand (außen)

Messung - Fenster Schlafzimmer

Druckdifferenz [Pa]	Volumenstrom [m³/h]
10	23,7
20	39,45
30	47,35
40	60,7
50	67,5
60	75,65
70	83,5
80	94,2
90	101,5
100	106,5

n	0,6482
C	5,4105
Unterdruck [Pa]	100
Volumenstrom [m³/h]	107,06



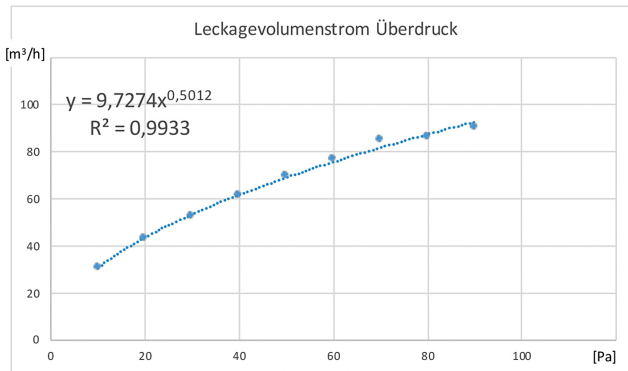
Datum der Messung 20. Juli 2023

Unterdruckmessung

Offset <1Pa

Druckdifferenz [Pa]	Volumenstrom [m³/h]
10	31,1
20	43,25
30	52,52
40	61,35
50	69,81
60	77
70	85,2
80	86,2
90	90,25

n	0,5012
C	9,7274
Überdruck [Pa]	100
Volumenstrom [m³/h]	97,81



Überdruckmessung

Offset <1Pa

Schließfugenlänge

Mittelwert Volumenstrom [m³/h]	102,44
zulässiger Volumenstrom [m³/h]	59,30
Differenz [m³/h]	43,14

Fensterfläche

Mittelwert Volumenstrom [m³/h]	102,44
zulässiger Volumenstrom [m³/h]	66,36
Differenz [m³/h]	36,08

Anforderungen an die Dichtheit ergeben sich aus DIN EN 12207 Klasse 2

T.Bolender - Ing.-Büro n50 - Helleböhnhweg 48 - 34134 Kassel - bolender@n50.de

Abb. 6: Messdaten und Auswertung der Luftdurchlässigkeitsmessung für das Fenster im Schlafzimmer

4 Beurteilung

Nach dem Punkt 7 der DIN 4108-2 »Anforderungen an die Luftdichtheit von Außenbauteilen« [5] müssen die Fenster der Dichtheitsklasse 2 der DIN EN 12207 [4] entsprechen:

»Die Funktionsfugen von Fenstern und Fenstertüren müssen mindestens der Klasse 2 (bei Gebäuden bis zu zwei Vollgeschossen) bzw. der Klasse 3 (bei Gebäuden mit mehr als zwei Vollgeschossen) nach DIN EN 12207 entsprechen. Bei Außentüren muss die Luftdurchlässigkeit der Funktionsfuge mindestens der Klasse 2 nach DIN EN 12207 entsprechen.«

Im Schlafzimmer lag die Schiene der Platte »innere Kammer« auf der Winkelschiene des Rollladenkastendeckels auf. Der Spalt zwischen der Winkelschiene des Rollladenkastendeckels und dem Fensterrahmen war Bestandteil der Messung.

Tab. 1: DIN EN 12207 Tabelle 3 – Referenzdurchlässigkeit, bezogen auf die Fugenlänge (Klassifizierung für Fenster und Türen)

Klasse	Referenzdurchlässigkeit bei 100 Pa m³/(h·m)	Maximaler Prüfdruck Pa
1	12,50	150
2	6,75	300
3	2,25	600
4	0,75	600

Grund dafür ist, dass nach der Montage der Prüfkammern die genaue Lage der abdichtenden Schiene der Platte nicht einzusehen ist.

Dies ist der sehr beengten Einbausituation vor Ort geschuldet. Der Abstand zwischen Scharnier und Laibung war z. T. nur wenige Millimeter breiter als die Plattenstärke der für den Messaufbau verwendeten Holzwerkstoffplatten.

Die Fuge zum Rollokasten wurde daher im Schlafzimmer mitgemessen. Diese Fuge war hier fast über die gesamte Rollokastenbreite offen (Abb. 7). Das erklärt den schlechtesten Messwert der Messreihe.

Die zweite im Schlafzimmer durchgeführte Messung (innere Kammer) ist ohne die äußere Platte, d.h. ohne Gegendruck als Kontrollmessung ausgeführt worden.

Bei der Messung im Kinderzimmer wurde die Fuge zum Rollokasten bei der Messung abgeklebt, die Messwerte lagen innerhalb des zulässigen Bereichs der Klasse 2 der DIN EN 12207.

Beim Fenster im Wohnzimmer war kein Rollokasten vorhanden, die Messwerte lagen ebenfalls innerhalb des zulässigen Bereichs der Klasse 2 der DIN 12207.



Abb. 7 a, b: Offene Fuge des Rollokastens über der Fenstertür

5 Fazit

Bei den Messungen ohne Fugen zum Rollokasten wurden die normativen Werte eingehalten. Lediglich bei den Messungen mit Fugen zum Rollokasten wurden die normativen Werte überschritten.

Die untersuchten Fenster sind bau(art)gleich (2 Flügel, Stulpflügel), optische oder haptische Unterschiede waren nicht vorhanden, orientierende händische Untersuchungen (Papierstreifentest) waren vergleichbar und eine orientierende Thermographie bei allen drei Fenstern unauffällig. Daher kann begründet vermutet werden, dass die offensichtlich undichte Fuge zum Rollokasten ursächlich für das mangelhafte Messergebnis im Schlafzimmer ist.

Die Fensterfugen selbst erfüllen die normativen Anforderungen und sind in Bezug auf die Beweisfrage in technischen Sinn mangelfrei.

Unterschiedliche Ergebnisse bei den Papierstreifentests sind daher mit hoher Wahrscheinlichkeit auf übliche, häufig temperaturbedingte, Verformungen zurückzuführen. Diese sind bei vielen Gebäuden in den ersten Jahren nach dem Einbau zu beobachten und werden regelmäßig durch Nachstellen der Flügel an den Beschlagteilen behoben. Dabei kann auch das leichte Klemmen beim Schließen der Tür im Wohnzimmer (i.d.R. herführend von der Windsperre) behoben werden.

Maßnahmen zur Mangelbeseitigung

Ableben der Fugen zum Rollokasten, Nachstellen der Flügel

Kosten der Mangelbeseitigung

3 Std.*60€/Std. 180,- €. Hinzu kommen geschätzte 25,- € für Material und Geräteeinsatz.

6 Schlussbemerkung

Allein die Kosten des Messdienstleisters (Messtermin von 8:30 bis 17:50 Uhr mit zwei Personen, zzgl. einem Ortstermin zum Aufmaß und anschließender Herstellung der Einhausungen) schlugen mit 6.000,- € (netto) zu Buche.

Die empfohlene Messvariante 1 hätte nur 850,- € gekostet und mit hoher Wahrscheinlichkeit inhaltlich zum gleichen Ergebnis geführt.

Literatur

- [1] Hall, M.; Geißler, A.; Hauser, G.: Quantifizierung einzelner Leckagen und Leckagewege bei Gebäuden in Holzbauart. Abschlussbericht. Teil 1. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2000
- [2] Bolender, Torsten: Guard-Zone / Schutzdruckmessung – FLiB Infoblatt 12 / 2015. Berlin: Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V., 2015
- [3] DIN EN 1026: 2106-09 Fenster und Türen – Luftdurchlässigkeit – Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 1026:2016
- [4] DIN EN 12207: 2017:03 Fenster und Türen – Luftdurchlässigkeit – Klassifizierung; Deutsche Fassung EN 12207:2016
- [5] DIN 4108-2:2013-02 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- [6] DIN EN 13829 Norm, 2001-02: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren (ISO 9972:1996, modifiziert); Deutsche Fassung EN 13829:2000.

Die Autoren

Dipl.-Ing. Carsten Clobes, Architekt

Geschäftsführer Planungsbüro Clobes GmbH;
von der IHK Kassel-Marburg öffentlich bestellter
und vereidigter Sachverständiger für Schäden
an Gebäuden

Planungsbüro Clobes GmbH
Schwalmstr. 12, 34590 Wabern
Tel. 05683 1212
mail@buero-clobes.de
www.PLANUNGSBUERO-CLOBES.de



Dipl.-Ing. Torsten Bolender

Inhaber des Ingenieurbüro n50 in Kassel;
Zertifizierter/Anerkannter Prüfer für
Luftdurchlässigkeitsmessungen nach
FLiB e.V. und VdS

Helleböhnenweg 48, 34134 Kassel
Tel. 0561 32583
bolender@n50.de
www.n50.de

