

Luftdichtheitsmessung von Multifunktionsbändern (MFB)



Fachverband Luftdichtheit
im Bauwesen e.V.

In Zusammenarbeit mit der FLiB Arbeitsgruppe „Multifunktionsbänder“

Autoren

Tim Huyeng; Dipl. Ing. Søren Peper

**Passivhaus Institut Dr. Wolfgang Feist
Rheinstraße 44/46, 64283 Darmstadt, www.passiv.de**

Januar 2016

1 Einführung

Ziel dieser Untersuchung ist die Ermittlung der Luftdichtheit von unterschiedlichen Multifunktionsbändern (MFB) unterschiedlicher Hersteller unter Laborbedingungen. Dabei soll u.a. der Einfluss der Spaltbreite bezogen auf die Vorgabe der Hersteller untersucht werden. Multifunktionsbänder werden mittlerweile in großem Umfang für die Abdichtung von Fenstern eingesetzt. Die Bänder werden hierzu dreiseitig umlaufend um das Fenster geklebt. Nach Einbau des Fensters expandiert das Band und schließt die Fugen zwischen Fenster und Leibung. Der Messaufbau und die Messung erfolgen in Anlehnung an [DIN 18542]. Die Arbeiten sind im Rahmen der Arbeitsgruppe „Multifunktionsbänder“ des Fachverbandes Luftdichtheit im Bauwesen (FLiB) initiiert worden. Das Passivhaus Institut dankt dem FLiB für die Finanzierung der Prüfbox und der Messprofile. Es handelt sich um eine Messung der Materialeigenschaften der Bänder bei optimierten Einbau zwischen glatten und parallelen Aluminiumprofilen. Der Einbau bei der Baustellensituation wird davon immer abweichen. Es ist zu vermuten, dass auch die Luftdichtheit unter den veränderten Bedingungen auf Baustellen, deutlich abweicht.

2 Messaufbau und Bezeichnungen

Zur Messung der Luftdichtheit wird ein geschweißter Metallkasten (40 cm x 40 cm x 120 cm), mit spaltförmiger Öffnung an der oberen Seite (7,1 x 100 cm) verwendet. Zur Aufnahme der Proben dienen Vierkant-Aluminiumprofile. Es werden jeweils zwei Bänder mit einer Länge von je einem Meter zwischen drei Aluminiumprofile eingebaut (siehe Abbildung 1 und Abbildung 2).

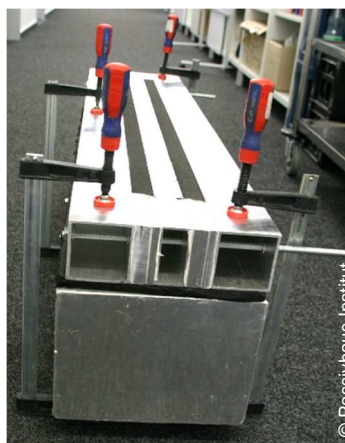


Abbildung 1: Eingebautes Multifunktionsband (2 x 1 m) zwischen Aluminiumprofilen mit Distanzblöcken („Messblende“) auf dem Metallkasten montiert.

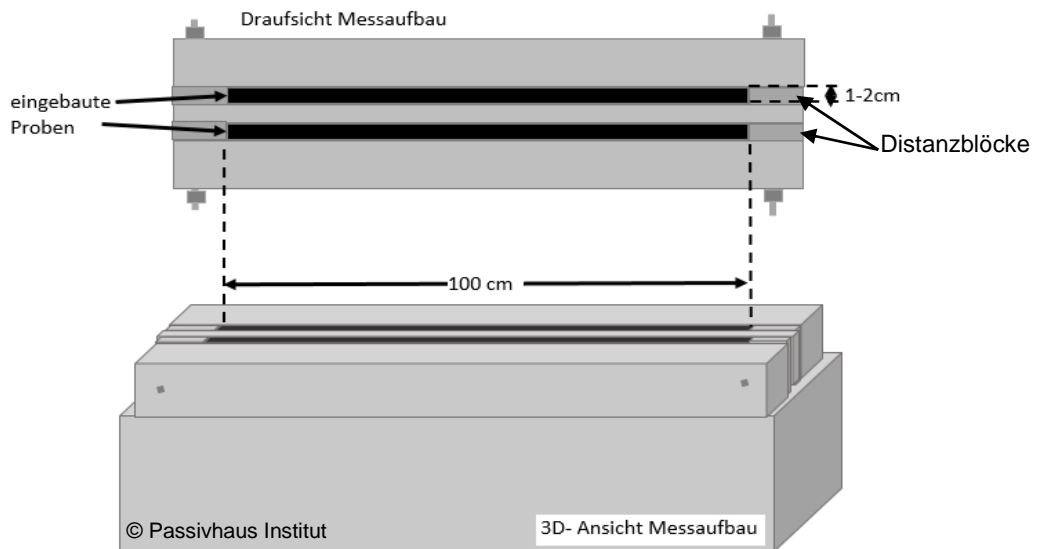


Abbildung 2: Aufbau der Messvorrichtung, eingebaute Probe zwischen Aluminiumprofilen mit Distanzblöcken zur Einstellung der Spaltbreite. In der 3D-Ansicht ist die Probenaufnahme auf dem Metallkasten montiert.

An dem Metallkasten sind Anschlüsse vorhanden, die mit einer Pumpe und einem Differenzdruckmessgerät verbunden sind. Mit der Pumpe werden Über- und Unterdruck erzeugt. Gemessen werden immer Wertepaare: Geförderter Volumenstrom mit dem zugehörigen Luftdruck im Metallkasten. Die Luftmenge entspricht dem Leckagevolumenstrom beim jeweiligen Druck. Nach Möglichkeit wurden bei der Messung eines jeden Multifunktionsbandes fünf verschiedene Drücke für Überdruck und fünf für Unterdruck angefahren (50, 100, 150, 200, 250 Pa). Mit Hilfe der linearen Regression nach [DIN 12114] wird eine Ausgleichsgerade erstellt, mit der der Leckagevolumenstrom bei verschiedenen Drücken ermittelt werden kann. In dieser Untersuchung werden alle Ergebnisse für den Differenzdruck von 50 Pa normiert. Das Ergebnis ergibt sich jeweils als Mittelwert des Über- und Unterdruckwertes.

Zur eindeutigen Begriffsklärung im hier dargestellten Zusammenhang, sind in der folgenden Abbildung Breite und Höhe des MFB definiert.

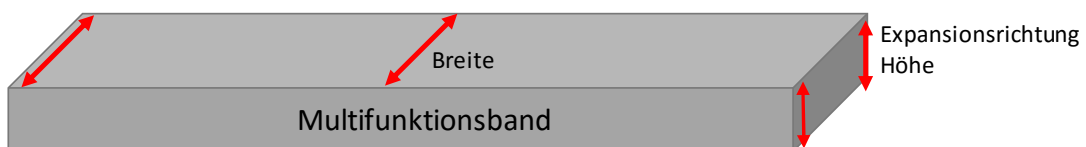


Abbildung 3: Verwendete Bezeichnung für die Beschreibung des MFB. Die Breite des Multifunktionsbandes entspricht in der Regel der Bautiefe des Blendrahmens.

Die Hersteller der MFB geben neben der Breite des Bandes an, für welche Spaltbreiten das Band eingesetzt werden kann. Dafür werden die untere und die obere Einsatzgrenze angegeben. Als Beispiel wird ein MFB mit „85 15/25“ bezeichnet. Die Bandbreite beträgt hier 85 mm, was der Bautiefe des Blendrahmens entsprechen sollte. Das Band ist laut Hersteller für einen Spalt von mindestens 15 bis maximal 25 mm einsetzbar. Wir verwenden hier die Bezeichnung „**Untere Einbaugrenze**“ und „**Obere Einbaugrenze**“. Die Versuche wurden auch unterhalb der unteren Einbaugrenze sowie oberhalb der oberen Einbaugrenze durchgeführt.

Bei jeder untersuchten Probe wird vor der eigentlichen Messung zusätzlich der sog. „**Nulldruck**“ ermittelt. Dazu werden die Bänder in der Blende mit einer Dichtung (Deckel) verschlossen. Dieser Volumenstrom stellt die Restleckage des Metallkastens inklusive der Aluminiumprofile und der Dichtung dazwischen dar. Der Wert wird von den jeweiligen Messergebnissen abgezogen. Nach dem Entfernen der Abdichtung für die Nulldruckmessung wird die eigentliche Messung durchgeführt.

Ein Beispiel für die aufgetragenen Messwerte einer Messreihe eines Multifunktionsbandes zeigt Abbildung 4:

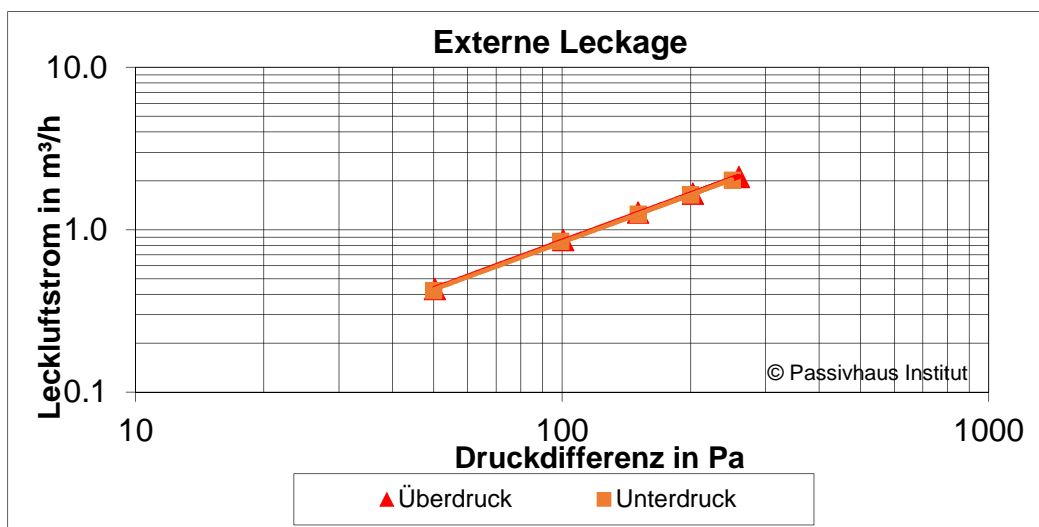


Abbildung 4: Beispielhafte Messpunkte mit der berechneten Ausgleichsgerade einer Messung eines MFB.

2.1 Einflussgrößen

Aufgrund von verschiedenen Einflussfaktoren gab es stellenweise Beeinflussungen der Messungen. Um die Messergebnisse beurteilen zu können muss daher eine Überprüfung und Beurteilung der Einflussgrößen der Messung stattfinden.

2.1.1 Konstante Druckbedingungen

Bei einigen Bändern war es mit der Prüfvorrichtung aufgrund der hohen Undichtheit nicht möglich, einen Über- oder Unterdruck von mehr als 50 Pa herzustellen. Daher wurde in diesem Fall die maximale Förderleistung der Pumpe als höchster zu messender Punkt verwendet. Die fünf angestrebten Messpunkte konnten dementsprechend nicht eingestellt werden. Durch die dann notwendige Interpolation der Werte für die Druckdifferenz von 50 Pa, kommt es zu etwas größeren Ungenauigkeiten.

2.1.2 Abdichtung der Bandenden

Die Voruntersuchungen haben gezeigt, dass eine fehlende Endenabdichtung ebenfalls zu einer deutlichen Verschlechterung der Leckagewerte führen kann. Nur mit einem Spezialkleber, welcher für den Einbau von MFB vorgesehen ist, wurde ein leckagefreier Einbau an den Enden ermöglicht. Hierbei ist nochmal zu erwähnen, dass es sich bei dem Einbau zwischen zwei Aluminiumprofile um einen idealisierten Einbau handelt, welcher für eine Baustelle nicht realitätsnah ist. Geprüft wird auf diesem Weg ausschließlich die Materialeigenschaft der Multifunktionsbänder.

2.1.3 Messgenauigkeit

Die Messgenauigkeit spielt bei den vorliegenden Ergebnissen insbesondere im unteren Bereich der Leckageströme eine entscheidende Rolle. Die Messgenauigkeiten ergeben sich zum einen aus den verwendeten Messgeräten und zusätzlich aus der Ablesung dieser Messgeräte. Der Volumenstrom wird mit Hilfe eines Durchflussmessrohres mit Schwebekörper festgestellt, der durch die Unterteilung der Ablese-skala die Ablesung des Ergebnisses auf 0,05 l/min erlaubt.

3 Messungen

Aufgrund der Erfahrungen aus vorhergegangenen Untersuchungen wurden alle Messungen unter folgenden Bedingungen durchgeführt:

- Die Enden der Bänder wurden mit einem Spezialkleber zu den Distanzblöcken verklebt
- Zwischen den Aluminiumprofilen und den Distanzblöcken wurden Papierdichtungen eingelegt

3.1 Zeitlicher Einfluss auf die Ausdehnung der Bänder

Aufgrund der chemisch-mechanischen Eigenschaften der Bänder, dehnen sich diese aus und sollen die Fugen zwischen Fenster und Leibung verschließen. Die Ausdehnungsgeschwindigkeit hängt stark von der Umgebungstemperatur des Bandes ab. Die Untersuchungen zeigen, dass die Bänder nach ca. vier Wochen im eingebauten Zustand nur noch minimale Veränderung der Messergebnisse liefern. Die danach folgenden Veränderungen sind deutlich geringer.

Werden bei einem Gebäude MFB verbaut, sollte daher bei der Durchführung einer Luftdichtheitsprüfung (Blower Door Messung) der zeitliche Abstand zum Einbauzeitraum berücksichtigt werden.

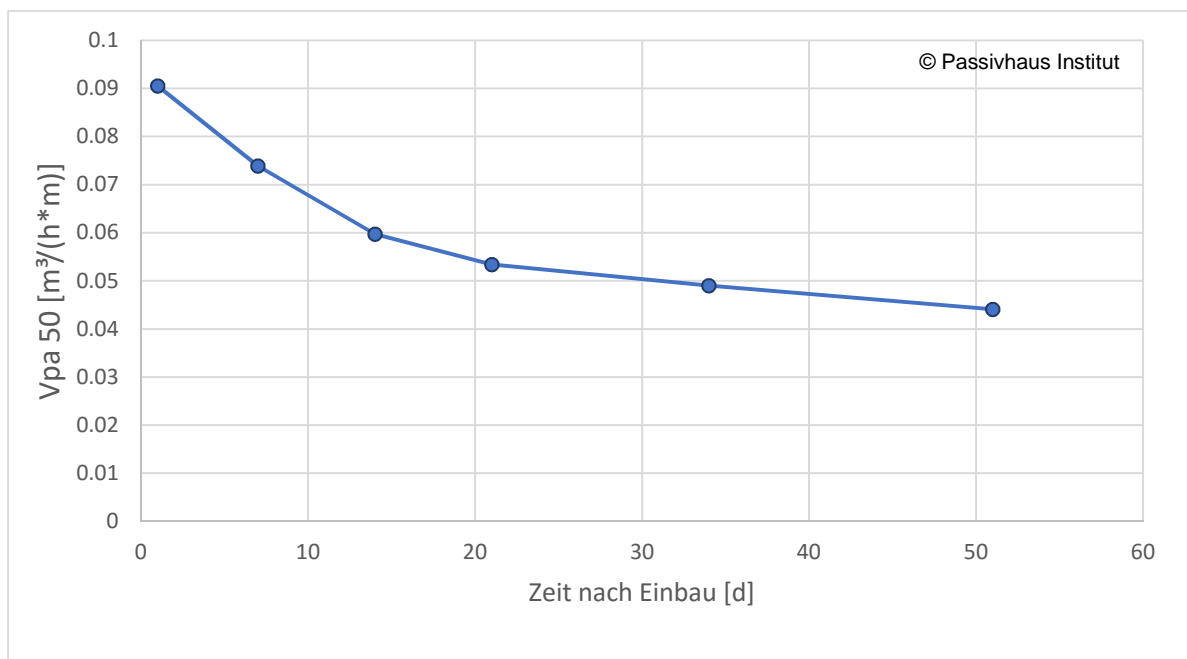


Abbildung 5: Luftleckagestrom in $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m})$ bei 50 Pa. Dargestellt sind die Messergebnisse des Bandes des Herstellers A im zeitlichen Verlauf (eingebaut im Spalt, welcher der unteren Einbaugrenze nach der Herstellerangabe entspricht).

3.2 Einfluss der Spaltgröße

Zur Untersuchung, inwiefern die Spaltbreite einen Einfluss auf die Dichtheit hat wurde eine Messreihe mit einem Multifunktionsband durchgeführt. Es wurden vier Blenden mit dem identischen Band präpariert. Die Spaltbreiten wurden so gewählt, dass eine Untersuchung unterhalb der Einbaugrenze, zwei an den Einbaugrenzen (untere sowie obere Grenze) und eine oberhalb der Grenze untersucht wird. Alle Bänder wurden am gleichen Tag und unter gleichen Bedingungen eingebaut. Die Bänder wurden aufgrund ihrer Expansionsgeschwindigkeit in regelmäßigen Zeitabständen (wöchentlich), an den jeweils gleichen Wochentagen gemessen.

Die in Abbildung 6 eingezeichneten Grenzwerte entsprechen den Grenzwerten aus der [DIN 18542]. Die Anforderung an die Luftdichtheit für die Belastungsgruppe R ist dort durch $a < 0,1 \text{ m}^3/[\text{hm}(\text{daPa})^{2/3}]$ (mit a = Fugendurchlasskoeffizient) definiert. Bei 50 Pa entspricht dies einem Volumenstrom von $0,29 \text{ m}^3/(\text{hm})$. Die Anforderung an die Luftdichtheit der Belastungsgruppe 1 & 2 (BG 1&2) ist deutlich geringer ($a < 1,0 \text{ m}^3/[\text{hm}(\text{daPa})^{2/3}]$), dies entspricht bei 50 Pa umgerechnet einen Volumenstrom von $2,9 \text{ m}^3/(\text{hm})$. Bei der reinen Materialprüfung, wie im Falle dieser Untersuchung ist nach unserer Auffassung ein noch strengeres Messergebnis von kleiner als $0,025 \text{ m}^3/(\text{h m})$ anzustreben, welches wir aus der Flächenanforderung ableiten. Die Grenzwerte der Norm liegen dagegen deutlich höher. Der Grenzwert von maximal $0,025 \text{ m}^3/(\text{hm})$ ist anzustreben, da beim realen Einbau auf der Baustelle deutlich höhere Leckagewerte zu erwarten sind.

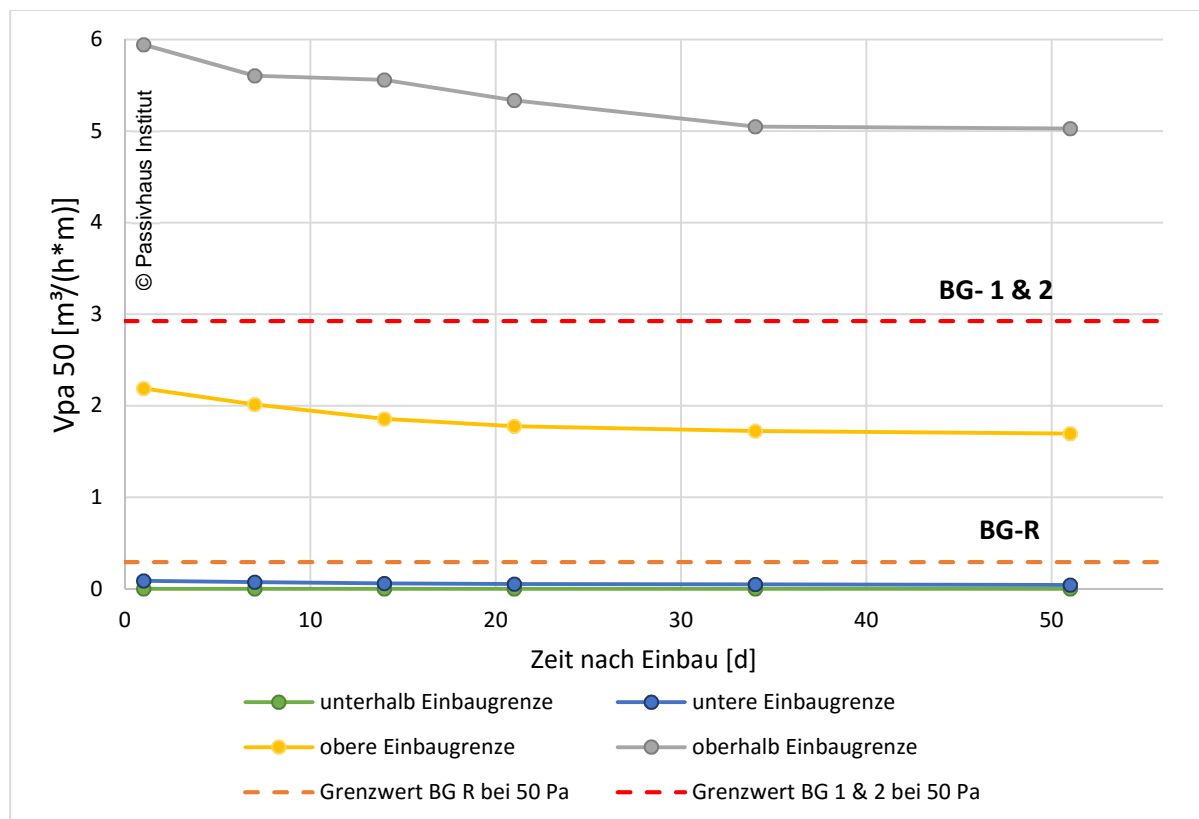


Abbildung 6: Luftleckagestrom $[\text{m}^3/(\text{hm})]$ bei 50 Pa eines identischen MFB in unterschiedlichen Spaltbreiten. Die Messungen erfolgten nach unterschiedlicher Zeitdauern nach dem Einbau. Dargestellt sind die Ergebnisse für die Spaltbreiten unterhalb der Einbaugrenze (grün), untere Einbaugrenze (blau), obere Einbaugrenze (gelb) sowie oberhalb der Einbaugrenze (grau).

Tabelle 1: Ergebnisse des identischen MFB in unterschiedlichen Spaltbreiten 51 Tage nach dem Einbau in die Spalten der Messblende

Lagerungszeit [d]	Spaltbreite [mm]	V _{pa 50} [m ³ /(h*m)]
51	Unterhalb Grenze	0,00
51	Untere Grenze	0,044
51	Obere Grenze	1,698
51	Oberhalb Grenze	5,029

Bei der Betrachtung der Ergebnisse (Abbildung 6) wird der deutliche Einfluss der unterschiedlichen Spaltbreiten erkennbar. Besonders prägnant ist hierbei die große Differenz zwischen den Leckagewerten des Bandes, welche in einem Spalt der unteren Einbaugrenze eingebaut ist, und dem Band, welches in einem Spalt der oberen Einbaugrenze eingebaut ist. Obwohl beide Spaltbreiten innerhalb der vorgegebenen Einbaugrenze des Herstellers liegen, ist die Differenz sehr groß. Die Blende mit einem Spalt oberhalb der Einbaugrenze (grau) liefert deutlich schlechtere Messwerte. Dies war zu erwarten, da die Spaltbreite deutlich außerhalb der empfohlenen Einbaugrenzen liegt. Diese Messergebnisse belegen, dass mit zunehmender Breite des Spaltes das Multifunktionsband deutlich undichter wird. Bei dem Band, welches unterhalb der Einbaugrenze liegt, war bereits direkt nach Einbau mit der Messvorrichtung kein Leckagestrom messbar. Das Band dichtet den Spalt ab. Da bereits am ersten Tag keine Leckage messbar war, ist davon auszugehen, dass sich das Multifunktionsband nicht merklich ausgedehnt hat. In der Realität kann dieser Einbau nicht realisiert werden, da es nicht möglich wäre das Fenster zu montieren.

Bei allen Messungen lagen die Volumenströme der Nulldruckmessung unterhalb der Nachweisgrenze.

3.3 Herstellerspezifischer Vergleich

Zum Vergleich unterschiedlicher MFB von insgesamt vier Herstellern wurden diese unter gleichen Bedingungen geprüft. Beim direkten Vergleich der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass die Bänder teilweise für unterschiedliche Bautiefen (Bandbreite) vorgesehen sind. Die Breite eines Bandes hängt im Normalfall von der Einbautiefe des Fensters ab und lässt sich daher nicht frei wählen. Diesem Einfluss wird in dieser Untersuchung nicht nachgegangen. Des Weiteren sind die angegebenen Einbaugrenzen der MFB unterschiedlich, sodass sich Differenzen durch die unterschiedliche Expansionsfähigkeit der Bänder ergeben können: Für ein Band liegt der 10 mm Spalt z.B. in der Mitte des Einsatzbereiches für das andere Band im oberen Drittel.

Bei den Bändern der vier Hersteller ist zu erkennen, dass es erhebliche Unterschiede gibt (Abbildung 7). Alle dargestellten Bänder wurden in einen 10 mm Spalt eingebaut. Diese Spaltgröße liegt innerhalb der Einbaugrenzen aller MFB. Die jeweiligen Hersteller sind anonymisiert mit den Bezeichnungen A bis D angegeben. Die genauen

Spezifikation eines Bandes (Breite sowie untere Einbaugrenze und obere Einbaugrenze) sind damit nicht angegeben.

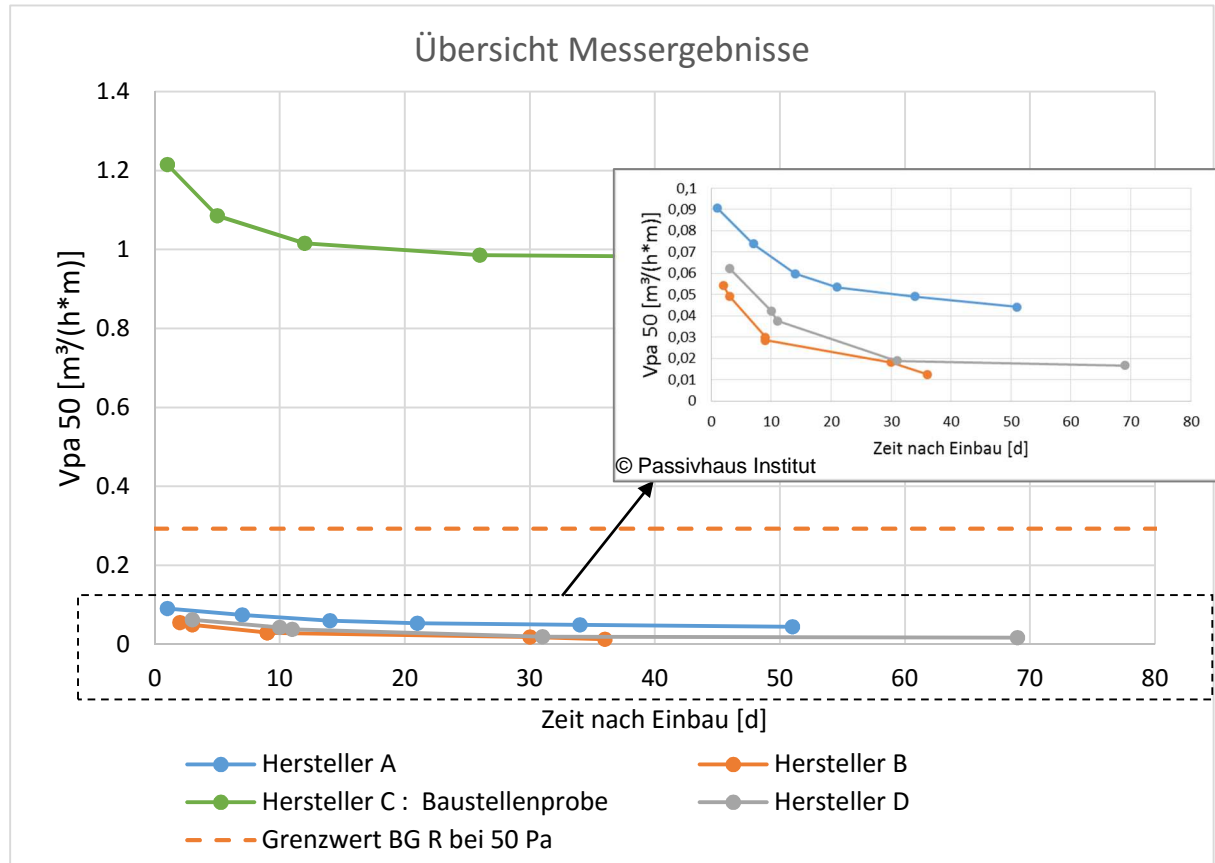


Abbildung 7: Prüfung von MFB von vier unterschiedlichen Herstellern in 10 mm Spalten. Dargestellt sind die Luftleckageströme in $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}$ bei 50 Pa nach unterschiedlich langer Zeit nach dem Einbau in die Spalte. Der Grenzwert „BG-R“ ist nach [DIN 18542] berechnet.

Die Ergebnisse von drei der vier MFB liegen alle deutlich unter der Grenze BG-R nach [DIN 18542]. Nach etwa 30 Tagen stellen sich fast keine nennenswerten Verbesserungen der Dichtheit bei den Bändern ein. Auffallend ist das vierte Band (Herstellers C). Hierbei handelt es sich um eine Baustellenprobe. Da dieses Ergebnis deutlich von den andern Bändern abweicht, sollten für eine aussagekräftige Beurteilung weitere Untersuchung des Bandes durchgeführt werden, um einen systematischen Fehler ausschließen zu können.

4 Bewertung

Die Messergebnisse zeigen überwiegend positive Ergebnisse der Luftdichtheit der Multifunktionsbänder. Es zeigt sich deutlich, dass es angeraten ist, Bänder zu verwenden, welche im unteren Bereich ihrer Einbaugrenzen eingesetzt werden. Zumindest bei dem beispielhaft untersuchten Band hat bereits der Einsatz an der oberen Einbaugrenze eine deutlich höhere Leckage zur Folge. Bänder in einen Spalt einzubauen, der die Einbaugrenzen überschreitet, liefert deutlich größere Undichtheiten. Es wird allerdings beobachtet, dass dies in der Baupraxis leider häufig Realität ist. Deutlich herausgestellt werden muss, dass es sich hier um eine Materialuntersuchung unter Laborbedingungen handelt. Die parallelen, lückenlosen, glatten und sauberen Aluminiumoberflächen sind auf der Baustelle nicht Realität. An einem realen Gebäude sind besonders die Enden und Kanten, wenn ein Band um ein Fenster geklebt wird kritische Punkt für die Dichtheit. Die Verarbeitung und Abdichtung müssen hier mit größter Sorgfalt durchgeführt werden. Es sind deutliche Abweichungen zu den hier vorgelegten Labormesswerten zu erwarten.

4.1 Einordnung der Messergebnisse

Um trotz der zu erwartenden Abweichungen der Luftdichtheit aufgrund der veränderten Einbaubedingungen auf der Baustelle eine Bewertung zu ermöglichen, erfolgt eine rechnerische Abschätzung aufgrund der Messergebnisse. Wird beispielsweise das Band des Herstellers A in ein Passivhaus eingebaut, ergeben sich erhebliche Einflüsse auf die Luftdichtheit des Hauses: Entspricht die Spaltbreite bei allen Fenstern theoretisch der oberen Einbaugrenze des Multifunktionsbandes, muss der Leckagevolumenstrom pro Meter Fensterumrandung mit $1,7 \text{ m}^3/\text{h}$ (siehe Abbildung 5) angesetzt werden. Das hier verwendete typische Beispielhaus verfügt über 96 m Fensterumrandung. Der Leckagevolumenstrom ergibt sich damit zu $163 \text{ m}^3/\text{h}$. Dies entspricht 49% des angestrebten n_{50} -Wertes ($n_{50} = 0,6 \text{ 1/h}$) des Beispielhauses. Mit der Annahme, dass der Spalt an allen Fenstern theoretisch der unteren Einbaugrenze des MFB entspricht, reduziert sich der spezifische Leckagestrom auf $0,044 \text{ m}^3/(\text{hm})$. In Summe beträgt der Leckagevolumenstrom aller Fenster dann nur $4,2 \text{ m}^3/\text{h}$. Dies entspricht ca. $1,3 \%$ des n_{50} -Wertes. Die große Diskrepanz zwischen den beiden Ergebnissen zeigt, wie wichtig es ist, das richtige Band zur richtigen Spaltbreite zu wählen. Wie erwähnt sind Idealzustände wie bei der untersuchten Materialprüfung beim tatsächlichen Einbau nicht zu erwarten.

5 Literatur

- [DIN 18542] DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Herausgeber); DIN 18542, Juli 2009. Abdichten von Außenwandfugen mit imprägnierten Fugendichtungsbändern aus Schaumkunststoff - Imprägnierte Fugendichtungsbänder - Anforderungen und Prüfung
- [DIN 12114] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Herausgeber); DIN 11214, April 2000. Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Luftdurchlässigkeit von Bauteilen - Laborprüfverfahren; Deutsche Fassung EN 12114:2000