

# Prüfbericht

## Luftdichtheitsprüfung von Abdichtungsprodukten für Durchführungen des Produktes „ISOVER Vario<sup>®</sup> Stretch“

Hersteller:

**SAINT-GOBAIN ISOVER G+H AG**

Luftdichtheitssystem: Durchführungen

Darmstadt 12.04.2023

---

<b>Auftraggeber:</b>	SAINT-GOBAIN ISOVER G+H AG Bürgermeister-Grünzweig-Str. 1 67059 Ludwigshafen
<b>Produkte:</b>	Butyl-Tape ISOVER Vario® Stretch Variable Dampfbremse ISOVER Vario® KM Duplex UV Haftvermittler ISOVER Vario® MultiPrime Klebe-Dichtmasse ISOVER Vario® DoubleFit +
<b>Produktbezeichnung:</b>	ISOVER Vario® Stretch
<b>Geprüfte Dimension:</b>	Durchführungen

---

## 1. Einleitung

Neben der Luftdichtheit in der Fläche ist auch die Luftdichtheit von Durchführungen eine zentrale Voraussetzung für ein erfolgreiches Luftdichtheitskonzept. Insbesondere bei energieeffizienten Gebäuden ist eine gesamtheitliche Luftdichtheit der Gebäudehülle eine wichtige Säule der Gesamtfunktion. Um sicher zu stellen, dass die untersuchten Produkte ihre Leistung im eingebauten Zustand erbringen, erfolgt im Rahmen der Zertifizierung als Passivhaus-Komponente die Überprüfung mit möglichst realitätsnahen Randbedingungen. Insbesondere der Anschluss der Durchführungen an die typischen angrenzenden Materialien wird im Rahmen der Zertifizierung überprüft. Der Anschluss von bautypischen Kabeln und Rohren an Beton, harte Holzwerkstoffplatten (hier OSB) und Luftdichtheitsbahnen werden hierbei überprüft, sowie die Methoden und Produkte zu deren Befestigung.

## 2. Anforderungen

Das Passivhaus Institut (PHI) hat eine Spezifikation von Kabeln und Rohren vorgegeben, für welche luftdichte Durchdringungslösungen herzustellen sind. Die Überprüfung erfolgt durch je zwei identische Aufbauten auf drei unterschiedlichen Materialien der luftdichten Ebene. Die Prüfung der Luftdichtheit von Durchführungen erfolgt an Dichtbahnen, Holzwerkstoffplatten und Betonoberflächen. Mit den vom Hersteller ausgewählten Produkten oder Methoden werden die Abdichtungen vom PHI hergestellt. Dabei werden auch die Verarbeitungshinweise auf Verständlichkeit und Vollständigkeit überprüft.

Tabelle 1: Abzudichtende Kabel und Rohre

#	Durchführung von	Anzahl
1.	Kabel Hausanschluss Außendurchmesser 25 mm (NYY-J 5 x 16 mm <sup>2</sup> )	1
2.	Kabel Außendurchmesser 8,3 mm (NYM 3 x 1,5) <i>Einzel geführt</i>	2
3.	Telefonkabel Außendurchmesser 5,0 mm (J-Y(ST)Y 2 x 2 x 0,60 mm) Zusammengefasst in einer Durchführung	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>Einzel geführt</i>	2
8.	Wickelfalzrohr DN 180 (Fort- oder Außenluft)	1
<b>SUMME Anzahl Durchführungen</b>		<b>14</b>

Untersucht wird die Luftdichtheit von jeweils 14 Durchführungen gemeinsam. In einem Einfamilienhaus sind typischerweise etwa doppelt so viele Durchdringungen vorhanden. Die 14 Durchführungen werden daher doppelt je Flächenabdichtungsmaterial (Holzwerkstoffplatte, Beton, Luftdichtheitsbahn) hergestellt und geprüft.

Die Anforderungswerte für eine PH-Zertifizierung des Systems „Durchführungen“ sind der folgenden Tabelle 2 zu entnehmen:

Tabelle 2: Anforderungsklassen für die Zertifizierung des Systems „Durchführungen“ nach den Vorgaben des Passivhaus Instituts

Klasse	Luftdurchlässigkeit bezogen auf den Umfang der Durchführungen @ 50 Pa [m <sup>3</sup> /(hm)]
phA+	≤ 0,05
phA	≤ 0,30
phB	≤ 0,50
phC	≤ 0,80

Sie gelten für die Gesamt-Leistung vom Auftraggeber spezifizierter Produkte für die Abdichtung von Durchführungen.

Zusätzlich muss eine verständliche Verarbeitungsrichtlinie/Gebrauchsanleitung für den Einbau des Produktes vorhanden sein, nach der die Montage für die Prüfung erfolgt. Diese ist allen Verarbeitern zur Verfügung zu stellen.

### 3. Zu prüfendes Material

Vom Auftraggeber wurden die benötigten Produkte zur Herstellung der luftdichten Durchführungen der Kabel und Rohre ausgewählt und dem PHI zur Verfügung gestellt.

Für eine Abdichtung der verschiedenen Kabel und Rohre wurde nach Herstellerangaben das Produkt ISOVER Vario® Stretch verwendet.

Bei dem Produkt ISOVER Vario® Stretch handelt es sich um ein Butyl-Tape. Die Verwendung des Klebebands und dessen Einsatz erfolgten nach den Vorgaben des Herstellers, welche in der Gebrauchsanleitung beschrieben sind.

Folgende Produkte wurden vom Auftraggeber im Dezember 2022 und Januar 2023 geliefert (inklusive Gebrauchsanleitungen):

- ISOVER Vario® Stretch
- Variable Dampfbremse ISOVER Vario® KM Duplex UV
- Haftvermittler ISOVER Vario® MultiPrime
- Klebe-Dichtmasse ISOVER Vario® DoubleFit +

### 4. Montage der Durchführungen

Untersucht wurden Produkte und Methoden für die luftdichte Durchführung von Kabeln und Rohren durch die luftdichte Ebene. Als typische Bauteiloberflächen für Durchführungen wurden Beton-, Holzwerkstoffplatten und Luftdichtheitsbahnen eingesetzt. Die Luftdichtheit von je 14 Durchführungen wurde gemeinsam gemessen. Untersucht wurde dabei die Dichtheit jeweils an der Abdichtung zwischen Verklebung und Kabel bzw. Rohr sowie die Dichtheit der Verklebung an die jeweilige Bauteiloberfläche. Ein Einfamilienhaus hat typischerweise etwa doppelt so viele Durchführungen, weswegen je Anschluss (Holzwerkstoff-, Betonplatte, Luftdichtheitsbahn) die Durchführungen doppelt geprüft wurden. Damit wurden insgesamt 84 Durchführungen hergestellt, abgedichtet und überprüft.

In den Holzwerkstoff- und den Betonplatten sowie den Luftdichtheitsbahnen wurden jeweils zehn Aussparungen für die Durchführungen hergestellt. Die Aussparungen sind etwas größer als die Durchmesser der Kabel bzw. Kabelbündel und Rohre. Die Kabel und Rohre wurden am Boden der Messapparatur befestigt, damit diese bei den Messungen fixiert bleiben, wenn die Flächenabdichtung durch den anstehenden Druck verformt wird. Anschließend erfolgte die Montage aller Abdichtungen der Kabel und Rohre.

Die Montage der Abklebungen erfolgte an den Flächenmaterialien, während diese bereits in der Messapparatur eingespannt waren. Zum Abdichten wurde ein Rahmen, welcher baugleich mit dem Unterrahmen der Messvorrichtung ist, auf die Apparatur aufgesetzt. Rahmen und Gegenrahmen sind jeweils mit einer breiten Dichtfläche zur Auflage des jeweiligen Anschlusses ausgestattet. Der Gegenrahmen wurde mit Schrauben und einem Drehmomentschlüssel definiert angezogen. Durch das gleichmäßige Anpressen des Gegenrahmens ist ein spannungsfreier und gleichmäßiger Einbau in den Prüfstand gegeben.

Im Gegensatz zu den Anschlüssen an die Holzwerkstoff- und die Betonplatten wurden bei der Luftdichtheitsbahn die Durchführungen ohne druckfeste Auflagefläche „in der Luft“ verklebt. Ein Andrücken der Verklebungen ist damit nur bedingt möglich. Dies entspricht der üblichen Verarbeitungsweise auf einer Baustelle z.B. bei der Montage im Schrägdach zwischen den Sparren.

Jeder Prüfaufbau (Anschluss an Luftdichtheitsbahn, Holzwerkstoffplatte sowie Beton) wurde zweifach hergestellt, untersucht und gemessen um handwerkliche Einflüsse zu minimieren.

## 4.1 Abdichtung der Durchführungen

Jeder Aufbau wurde mit 14 unterschiedlichen Kabeln und Rohren durchdrungen, welche mit dem Produkt des Herstellers und dessen Anleitung abgedichtet wurden.

Für die Durchführungen der folgenden Kabel und Rohre wurden vom Hersteller zur Abdichtung vorgegeben, dass einheitlich das ISOVER Vario® Stretch verwendet wird.

Die Art der Verklebung unterscheidet sich nach Art des Kabels (Einzel- oder Mehrfachkabel): Nach der Anleitung wird bei den Kabeln das – mittig gefaltete - Band zuerst am Substrat und dann am Kabel verklebt. Vor dem Verkleben am Kabel wird das Band mit einem Cutter beidseitig eingeschnitten um es dann herunterklappen bzw. am Kabel anlegen zu können. Die Verklebung der Kabel erfolgt je nach Kabel-Art von zwei oder vier Seiten (siehe Anleitung).

Bei Zwillingskabeln, Mehrfach-Kabelbündel und Wellrohren muss, nach der Anleitung, mit der Klebe-Dichtmasse „ISOVER Vario® DoubleFit +“ vorgearbeitet werden. Ebenso sollen die Einfachkabel direkt an der Durchführung durch das Substrat mit der Klebe-Dichtmasse abgedichtet werden.

Bei den Rohren erfolgt die Verklebung – Band mittig gefaltet - erst am Rohr und -nach dem Herunterklappen der zweiten Bandhälfte- am jeweiligen Substrat.

Jegliche Verklebungen bei Kabeln und Rohren sowie auf den Substraten wurden mittels Rakel (Anpresshilfe) angepresst. Bei den Substraten Holz und Beton wurde vor der Verklebung der Haftvermittler „ISOVER Vario® MultiPrime“ aufgetragen.

Alle Abdichtungen wurden nach Herstellerangaben montiert. Für das Hausanschlusskabel und die 3x1,5 NYM-Kabel werden zwei Streifen des Klebebandes verwendet.



**Abbildung 1:** Links: Hausanschlusskabel (25 mm) mit aufgetragenem Haftvermittler „ISOVER Vario® MultiPrime“ auf Holz .  
Rechts: Auf der variablen Dampfbremse ISOVER Vario® KM Duplex UV wurde das Hausanschlusskabel mit ISOVER Vario® Stretch abgedichtet.



**Abbildung 2:** Abdichtung eines 3x1,5 NYM-Kabels mit ISOVER Vario® Stretch von zwei Seiten auf einer OSB-Platte.



Bei dem Zwillingskabel und den Elektro-Leerrohren (Wellrohr) wurden zunächst die Zwischenräume zum Substrat sowie die Kabel-Zwischenräume mit der Klebe-Dichtmasse ISOVER Vario® DoubleFit + ausgespritzt. Für das Wellrohr wurden zusätzlich zwei Täler der Spiralen ausreichend mit der Klebe-Dichtmasse horizontal ausgespritzt. Anschließend wurden zur Abdichtung vier Klebestreifen von vier Seiten angebracht.

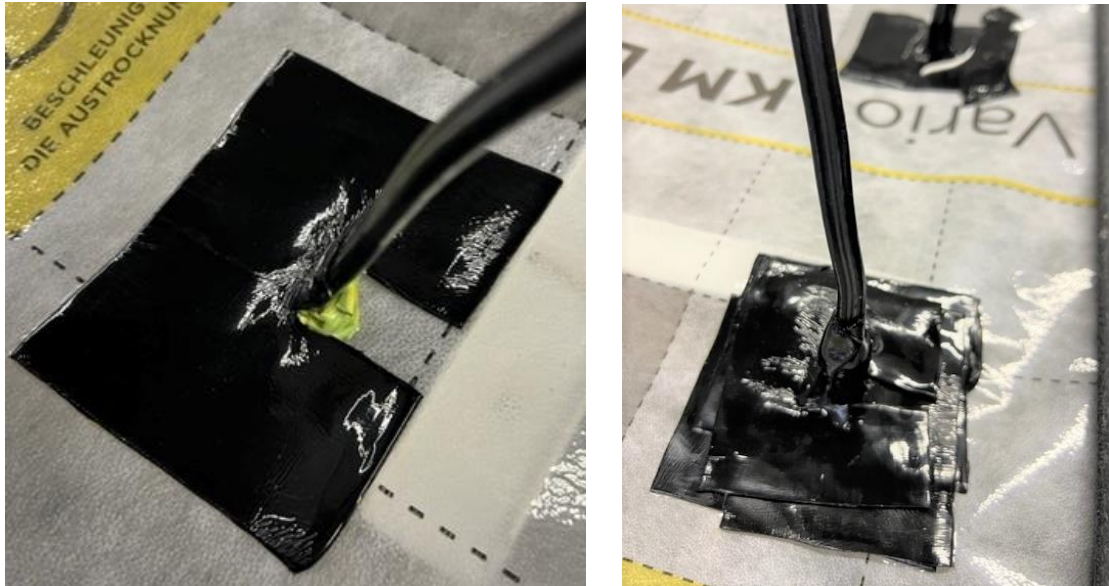


Abbildung 3: Abdichtung eines Zwillingskabels mit der Klebe-Dichtmasse ISOVER Vario® DoubleFit + (links) und anschließender Abdichtung mit 4 Klebestreifen ISOVER Vario® Stretch (rechts).

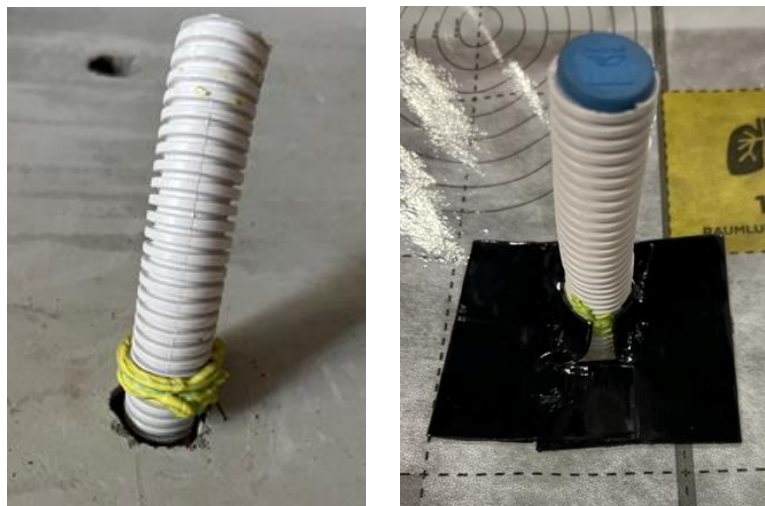
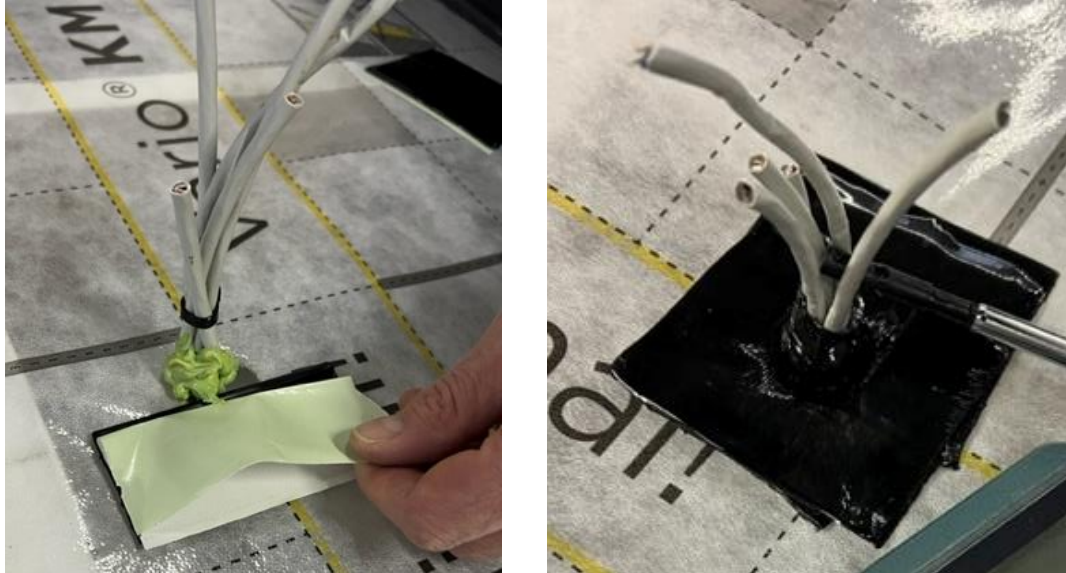


Abbildung 4: Abdichtung eines Elektro-Leerrohrs (Wellrohr) mit der Klebe-Dichtmasse ISOVER Vario® DoubleFit + (links) und anschließender Abdichtung mit ISOVER Vario® Stretch (hier bisher nur mit 2 Klebestreifen) (rechts).

Die fünf Telefonkabel mit einem Durchmesser von jeweils 5,0 mm wurden alle durch eine Öffnung der Bauteiloberfläche geführt. Anschließend wurden die Kabel mit einem Kabelbinder zusammengebunden, mit der Klebe-Dichtmasse ISOVER Vario® DoubleFit + ausgespritzt und daraufhin mit ISOVER Vario® Stretch vierseitig verklebt.



**Abbildung 5: Durchführung der fünf Telefonkabel: ausgespritzt mit Klebe-Dichtmasse ISOVER Vario® DoubleFit + (links) und anschließend verklebt mit ISOVER Vario® Stretch (nach Fertigstellung während der Leckagesuche rechts).**

Für die Verklebung des HT-Rohrs mit einem Durchmesser von 50 mm und 110 mm sowie des Wickelfalzrohrs mit 180 mm wurden mehrere 15 - 20 cm lange ISOVER Vario® Stretch Klebestreifen verwendet. Die Klebestreifen wurden der Länge nach geknickt, zuerst an dem Rohr und anschließend an dem Untergrund verklebt. Beim Verkleben auf dem Untergrund müssen die Bänder jeweils gut gedehnt werden um möglichst wenig Teilstücke zu verwenden, da so die Anzahl der Übergänge minimiert werden kann.





Abbildung 6: Verklebung des HT-Rohrs DN 50 mit ISOVER Vario® Stretch

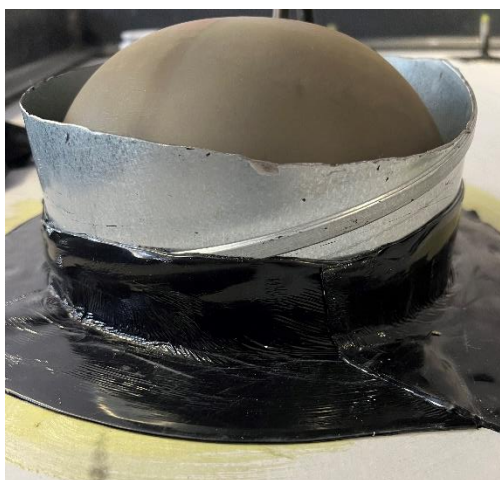


Abbildung 7: Wickelfalzrohr (180 mm) verklebt mit ISOVER Vario® Stretch. Für die Messungen wurde das Rohr mit einer Ballblase abgedichtet.

## 4.2 Anschluss an die Luftdichtheitsbahn

Für die Anschlüsse an eine Luftdichtheitsbahn wurde eine luftdichte Membran verwendet (Variable Dampfbremse ISOVER Vario® KM Duplex UV). Die Membran wurde in zwei Meter lange Abschnitte geteilt und die zehn Aussparungen wurden in die Bahn hineingeschnitten. Anschließend wurde die Membran in der vollen Breite in die Messapparatur eingespannt, sodass sie an allen Seiten übersteht. Nach dem Platzieren der Durchführungen, erfolgte das Ankleben des ISOVER Vario® Stretch.



Abbildung 8: Fertig montierte und verklebte Durchführungen auf einer Luftdichtheitsbahn.

## 4.3 Anschluss an OSB-Platte

Für die Anschlüsse an Holzwerkstoffplatten wurden luftdichte OSB-Platten verwendet (Hersteller MEDITE SMARTPLY; Luftdurchlässigkeit  $0,01 \text{ m}^3/(\text{hm}^2) \pm 0,04$ ). Vor dem Einspannen in den Messstand wurden die Kabel und Rohre durch die Aussparungen geführt und ebenfalls am Boden des Messstandes fixiert. Vor der Verklebung des Klebebandes wurde die OSB-Platte von Staub befreit und an den vorgesehenen Klebestellen dünn mit dem Haftvermittler „ISOVER Vario® MultiPrime“ des Herstellers bestrichen. Anschließend wurden die Kabel und Rohre mit dem Stretch-Klebeband verklebt.

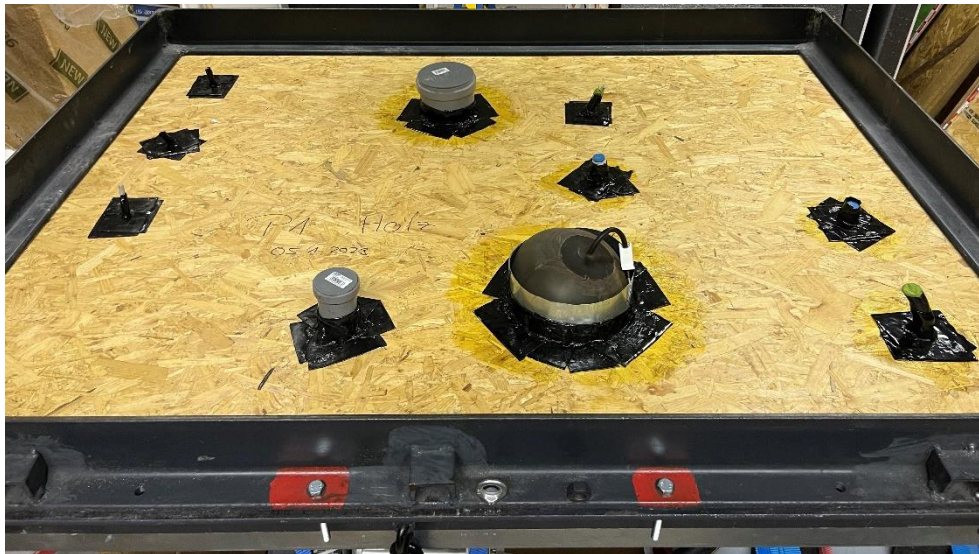


Abbildung 9: OSB Platte mit verklebten Durchführungen im Messstand.

#### 4.4 Anschluss an Beton

Für die Untersuchung der Betonanschlüsse wurden Betonplatten verwendet, welche von der Größe her an die Messvorrichtung angepasst sind. Die Kabel und Rohre wurden durch die Aussparungen geführt und im Messstand fixiert. Vor der Verklebung des Klebebandes wurde die Betonplatte von Staub befreit und an den vorgesehenen Klebestellen dünn mit dem Haftvermittler „ISOVER Vario® MultiPrime“ des Herstellers bestrichen. Dieser ist eine Haftungsgrundierung für diverse Oberflächen.



Abbildung 10: Fertig abgedichtete Durchführungen durch eine Betonplatte.

## 5. Messablauf

Nach Einsetzen des Substrats (Membran, Holz, Beton) in den Messstand und dem Abdichten mittels ISOVER Vario® Stretch, wurde jeweils eine Dichtheitsmessung in Anlehnung an DIN EN 12114 durchgeführt. Dabei wurden die folgenden Druckstufen, jeweils bei Über- und Unterdruck, für die Messung eingestellt: 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 Pa. Für jede Messung wurde zuerst die Restleckage des Messstandes bei allen Druckstufen gemessen und dokumentiert („Nullmessung“). Dazu wird die Messvorrichtung von oben mit einer luftdichten Platte verschlossen. Der so festgestellte Fehlluftstrom je Druckstufe des Messstandes wird von dem späteren Messergebnis abgezogen.

Bei jeder Messung wird für jede einzelne Druckdifferenz der geförderte Volumenstrom gemessen und aufgezeichnet. Mit den Messwertepaaren kann nach DIN EN 12114 Anhang B der Leckagekoeffizient **C** berechnet werden.

Aus der jeweiligen Nullmessreihe und der Messreihe werden Ausgleichsgraden durch Regressionsanalyse bestimmt. Nach Abzug der Eigenleckage des Messstandes („Nullmessung“) wird der Leckagestrom als Mittelwert aus Über- und Unterdruck bestimmt. Dieser Volumenstrom wird auf die Gesamtlänge aller Durchführungen (Umfang aller Kabel und Rohre addiert) bezogen um den mittleren, spezifischen Leckagestrom pro Meter Durchführung zu erhalten.

Die Messungen der Durchführungen erfolgten im Zeitraum vom **04.01.2023 bis zum 06.02.2023**.



## 6. Messergebnisse

Die Messergebnisse sind in den folgenden Tabellen und Abbildungen, sortiert nach Substrat-Material, dargestellt. In den Diagrammen sind jeweils zusätzlich die Anforderungsklassen für die Zertifizierung von Durchdringungen eingetragen.

### 6.1 Durchführungen durch eine Membran

<b>Durchführungen durch</b>	
Luftdichtheitsbahn	X
OSB	
Beton	

**Tabelle 3: Messergebnisse der zwei Messungen der Durchführungen durch die Luftdichtheitsbahn**

Umfang aller Durchführungen	1,46 m
-----------------------------	--------

Druckstufen	Pa	50	100	150	200	250	300	350
Durchführungen durch Bahn #1								
Volumenstrom Gesamt	m³/h	0,32	0,65	0,83	1,00	1,14	1,28	1,41
Leckage des Messstandes	m³/h	0,00	0,13	0,16	0,18	0,19	0,21	0,22
spezifischer Luftvolumenstrom	m³/h	0,33	0,51	0,67	0,82	0,95	1,07	1,18
längenbezogener Leckagevolumenstrom	m³/(h m)	0,22	0,35	0,46	0,56	0,65	0,73	0,81
Durchführungen durch Bahn #2								
Volumenstrom Gesamt	m³/h	0,19	0,48	0,64	0,79	0,94	1,07	1,21
Leckage des Messstandes	m³/h	0,00	0,13	0,15	0,17	0,19	0,20	0,22
spezifischer Luftvolumenstrom	m³/h	0,19	0,34	0,48	0,61	0,74	0,87	0,99
längenbezogener Leckagevolumenstrom	m³/(h m)	0,13	0,23	0,33	0,42	0,51	0,59	0,68

Mittelwert

PHI-Bewertung  $V_L = 0,18 \text{ m}^3/(\text{h m})$

ergibt Luftdichtheitsklasse **A** nach PHI

$V_L \leq 0,3$



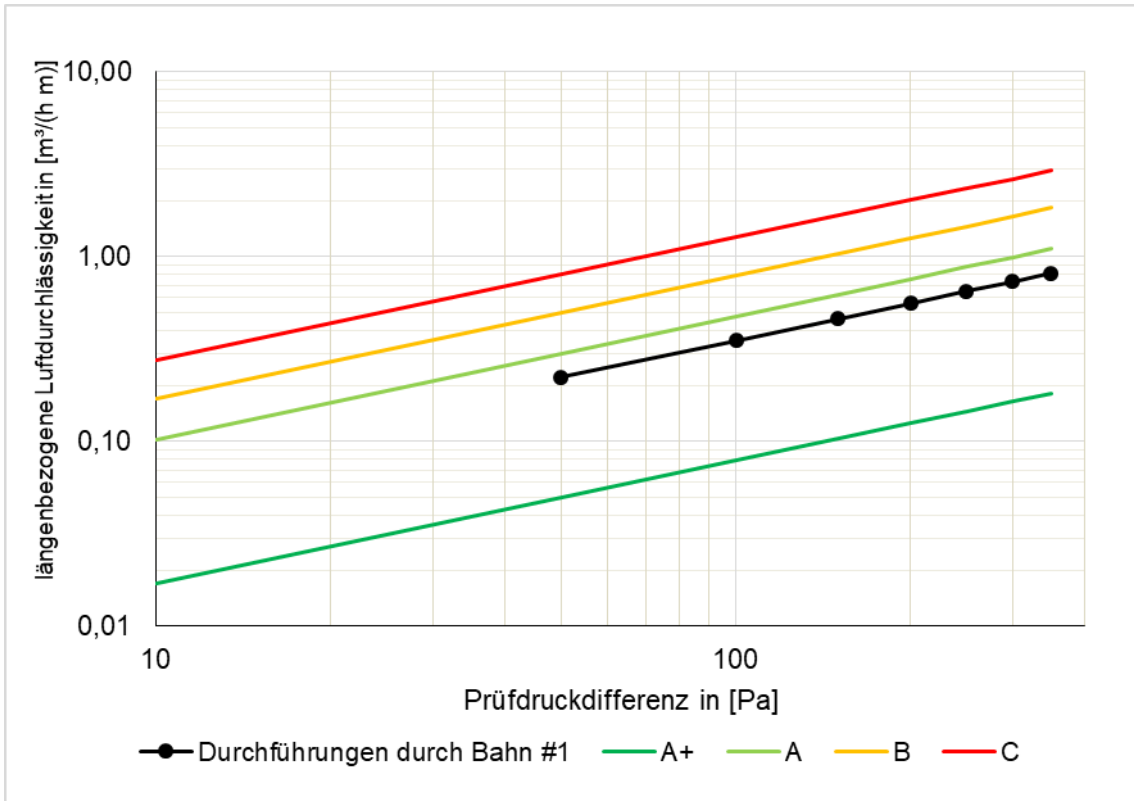


Abbildung 11: Messreihe der Probe “Durchführungen durch Membran #1“. Die Zertifikatsklassen A+ bis C nach PHI sind ergänzend eingetragen.

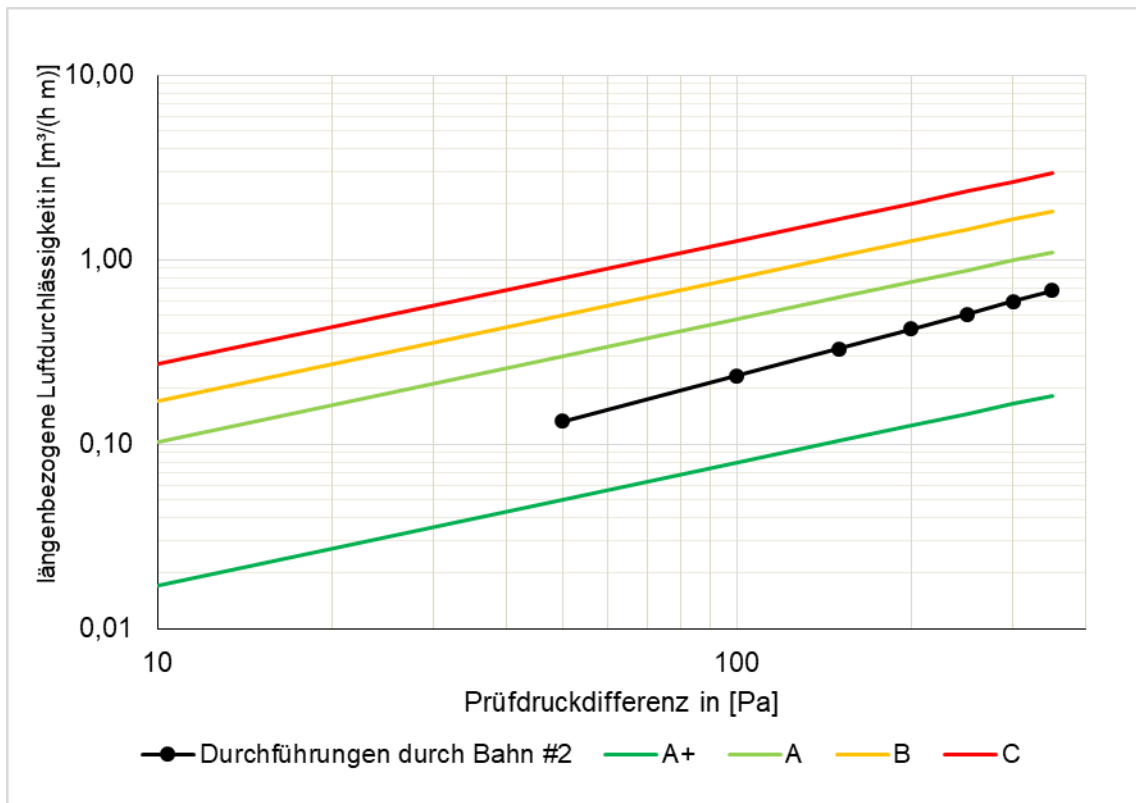


Abbildung 12: Messreihe der Probe “Durchführungen durch Membran #2“. Die Zertifikatsklassen A+ bis C nach PHI sind ergänzend eingetragen.

## 6.2 Durchführung durch OSB

<b>Durchführungen durch Luftdichtheitsbahn</b>	
OSB	X
Beton	

**Tabelle 4: Messergebnisse der zwei Messungen der Durchführungen durch OSB**

Umfang aller Durchführungen	1,46 m
-----------------------------	--------

Druckstufen	Pa	50	100	150	200	250	300	350
Durchführungen durch OSB #1								
Volumenstrom Gesamt	m³/h	0,58	0,97	1,21	1,40	1,58	1,74	1,89
Leckage des Messstandes	m³/h	0,00	0,08	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19
spezifischer Luftvolumenstrom	m³/h	0,63	0,89	1,10	1,28	1,44	1,58	1,71
längenbezogener Leckagevolumenstrom	m³/(h m)	0,43	0,61	0,75	0,88	0,98	1,08	1,17
Durchführungen durch OSB #2								
Volumenstrom Gesamt	m³/h	0,21	0,47	0,60	0,71	0,81	0,90	0,98
Leckage des Messstandes	m³/h	0,01	0,18	0,23	0,27	0,32	0,36	0,39
spezifischer Luftvolumenstrom	m³/h	0,21	0,31	0,39	0,46	0,53	0,58	0,64
längenbezogener Leckagevolumenstrom	m³/(h m)	0,14	0,21	0,27	0,32	0,36	0,40	0,44

Mittelwert

PHI-Bewertung  $V_L = 0,29$  m³/(h m)

ergibt Luftdichtheitsklasse **A** nach PHI

$V_L \leq 0,3$

Die Abdichtung der Messung OSB #1 erfolgte - entgegen der Anleitung - mit kürzeren Abschnitten, was mehr Überlappungen erzeugt als nötig. Dadurch war bei dieser Probe ein etwas höherer Leckagestrom messbar. Es kann also empfohlen werden die Anzahl der Abschnitte zu reduzieren, das Band beim Verkleben deutlich zu dehnen und so die Anzahl der Überlappungen Band-Band zu verringern.

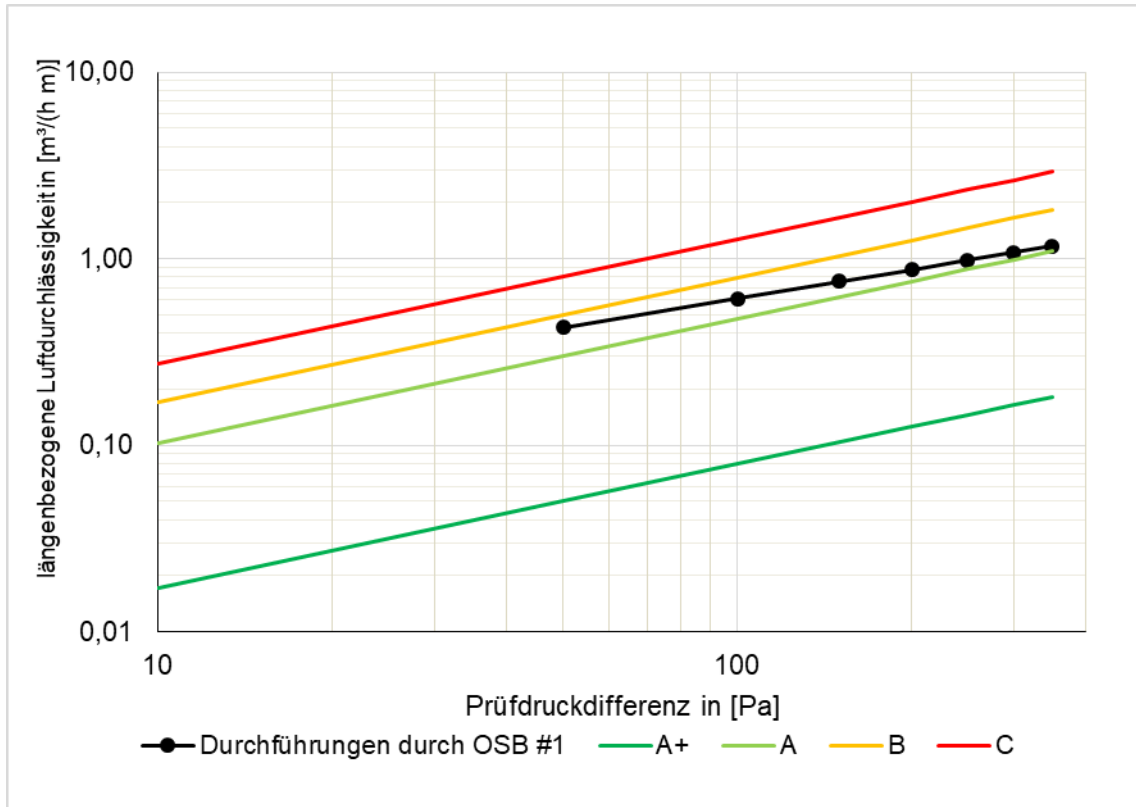


Abbildung 13: Messreihe der Probe “Durchführungen durch OSB #1“ welche abweichend von der aktuellen Anleitung verklebt wurde. Die Zertifikatsklassen A+ bis C nach PHI sind ergänzend eingetragen.

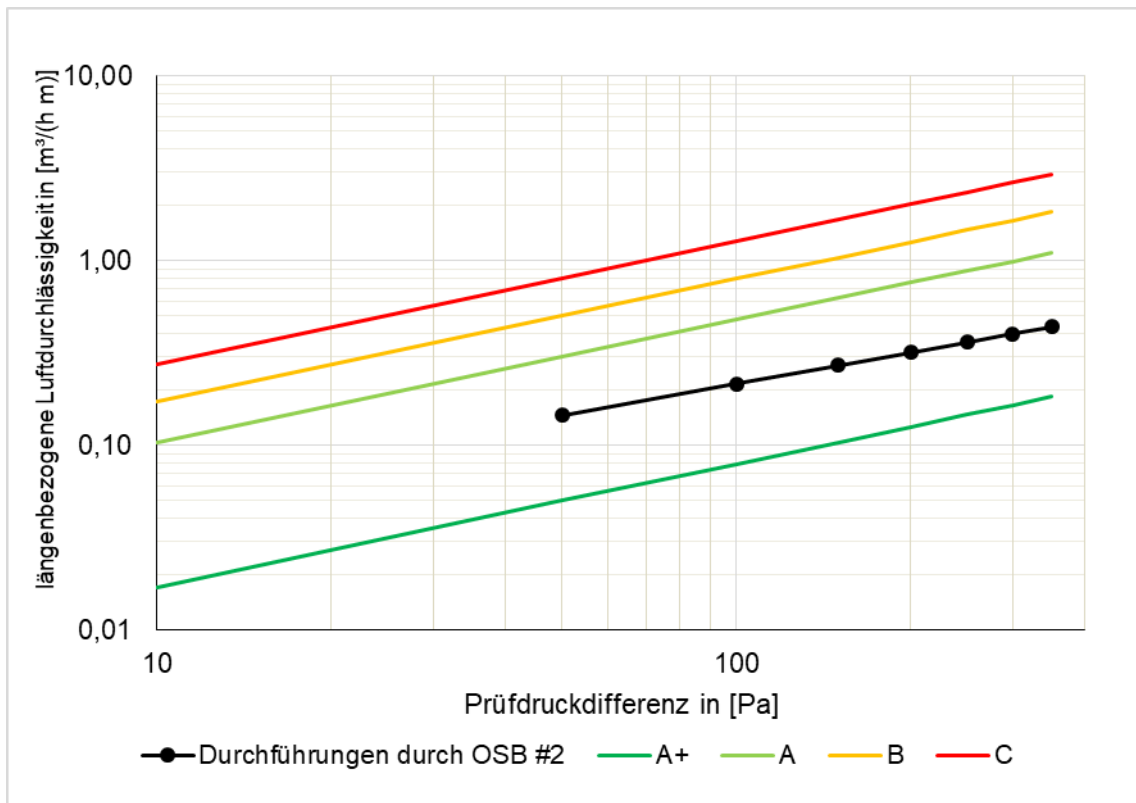


Abbildung 14: Messreihe der Probe “Durchführungen durch OSB #2“. Die Zertifikatsklassen A+ bis C nach PHI sind ergänzend eingetragen.

### 6.3 Durchführung durch Beton

Durchführungen durch Luftdichtheitsbahn	
OSB	
Beton	X

Tabelle 5: Messergebnisse der zwei Messungen der Durchführungen durch Beton

Umfang aller Durchführungen	1,46 m
-----------------------------	--------

Druckstufen	Pa	50	100	150	200	250	300	350
Durchführungen durch Beton #1								
Volumenstrom Gesamt	m³/h	0,21	0,45	0,56	0,65	0,73	0,81	0,88
Leckage des Messstandes	m³/h	0,00	0,12	0,14	0,16	0,17	0,18	0,19
spezifischer Luftvolumenstrom	m³/h	0,22	0,33	0,42	0,50	0,57	0,63	0,70
längenbezogener Leckagevolumenstrom	m³/(h m)	0,15	0,23	0,29	0,34	0,39	0,43	0,48
Durchführungen durch Beton #2								
Volumenstrom Gesamt	m³/h	0,35	0,71	0,92	1,11	1,28	1,44	1,59
Leckage des Messstandes	m³/h	0,05	0,27	0,38	0,49	0,59	0,69	0,78
spezifischer Luftvolumenstrom	m³/h	0,34	0,51	0,64	0,76	0,87	0,97	1,06
längenbezogener Leckagevolumenstrom	m³/(h m)	0,23	0,35	0,44	0,52	0,60	0,66	0,73

Mittelwert

PHI-Bewertung  $V_L = 0,19 \text{ m}^3/(\text{h m})$

ergibt Luftdichtheitsklasse **A** nach PHI

$V_L \leq 0,3$

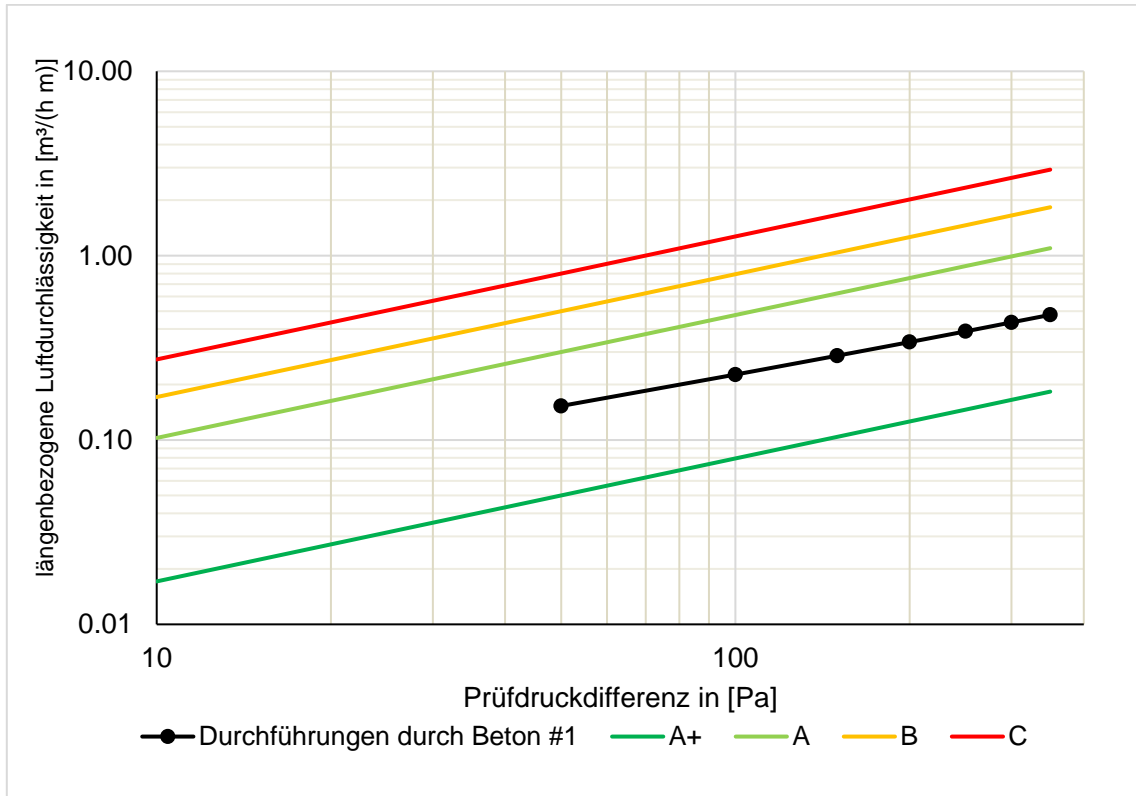


Abbildung 15: Messreihe der Probe “Durchführungen durch Beton #1“. Die Zertifikatsklassen A+ bis C nach PHI sind ergänzend eingetragen.

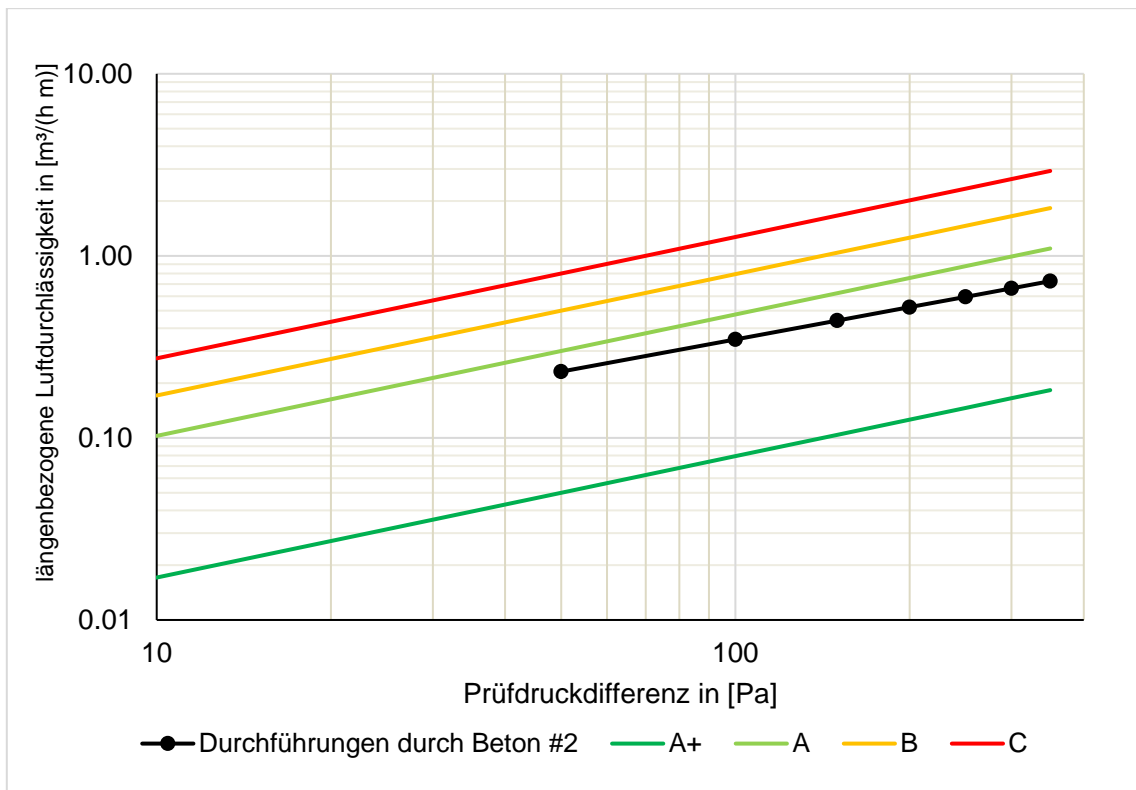


Abbildung 16: Messreihe der Probe “Durchführungen durch Beton #2“. Die Zertifikatsklassen A+ bis C nach PHI sind ergänzend eingetragen.



## 6.4 Bewertung der Leckagen bei allen Materialoberflächen

Bei der Untersuchung der Abdichtungen zu den Kabeln und Rohren bzw. zur Bauteiloberfläche wurden kleinere Rest-Leckagen an den folgenden Punkten festgestellt (bei ca. 200 Pa):

- An der Verklebung zum Substrat (ohne Überlappungen)
- Punktuell an den Überlappungen der Klebebänder, aufgrund der Dicke des Klebebandes (trotz sachgemäßem Verstreichen/Andrücken)
- An der Überklebung vom erhöhten Falz des Wickelfalzrohres
- An der Verbindung der Rohre zum Klebeband (ohne Überlappungen)



Abbildung 17: Restleckagen nachweisbar an der Verbindung zum Rohr und an den Überlappungen bei ca. 200 Pa Überdruck. Mit einem Thermoanemometer wird die Luftgeschwindigkeit an der Leckage gemessen.

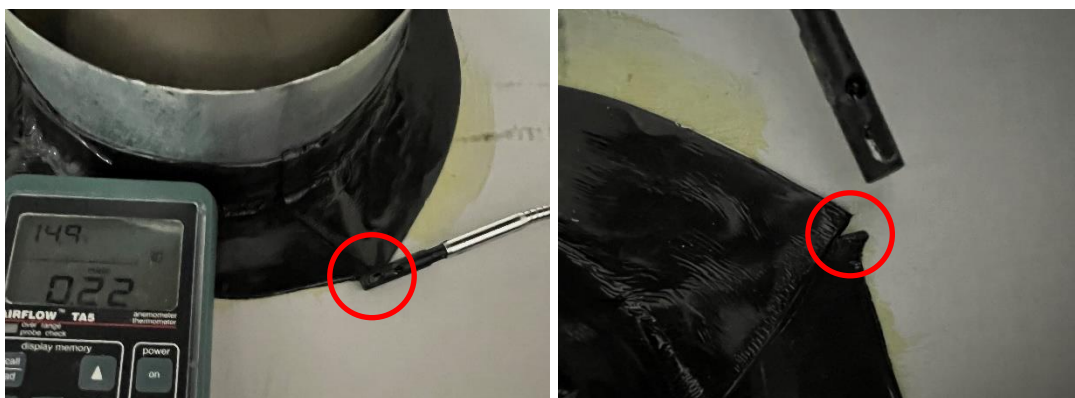


Abbildung 18: Restleckagen nachweisbar an der Verbindung zum Beton bei ca. 200 Pa Überdruck. Mit einem Thermoanemometer wird die Luftgeschwindigkeit an der Leckage gemessen.

Es handelt sich um kleinere Restleckagen. Diese können an der Verbindung zum Bauteil durch sehr sorgsames Auftragen des Klebebandes und festes Andrücken mithilfe des Rakels vermindert bzw. vermieden werden, so dass keine bzw. weniger Leckagen entstehen. Es ist eine sorgfältige Verarbeitung gefordert um eine erfolgreiche Abdichtung zu gewährleisten.

Die festgestellten Restleckagen zu den Bauteiloberflächen und zu den Rohren entstehen in der Regel durch die Überlappungen des relativ dicken Klebebandes. Durch die Materialdicke des Bandes, bildet sich hin und wieder ein Luftkanal zwischen den Überlappungen und der Bauteiloberfläche beziehungsweise den Rohren. Die Restleckagen zum Substrat und zum Rohr können durch längere Klebestreifen und somit einer geringeren Anzahl von Übergängen minimiert werden. Das Klebeband ist stark dehnbar und kann daher in einem Bogen um das Rohr verklebt werden. Damit sind dann nur wenige Einzelstücke notwendig.

**Insgesamt kann festgestellt werden, dass es sich überwiegend nur um kleinere Restleckagen handelt.**

## 7. Messbedingungen

Die mittleren Raumklimabedingungen während den Messungen und der Lagerung betragen:

Raumtemperatur: 18,2 °C  
 Raumluftfeuchte: 52 % r.F.

## 8. Messgeräte

Zur Messung des Volumenstromes wurde ein LaminarFlow Element der Firma TetraTec® Instruments verwendet. Der Differenzdruck wurde mit einem Automated Performance Testing System (APT) des Herstellers The Energy Conservatory gemessen.

**Tabelle 6: Übersicht über die verwendeten Messgeräte**

Name	Gerätetyp	Serien-Nr.	Messbereich	Messgenauigkeit
<b>LaminarMasterFlow-System</b>	LMF	PH796	0-85 l/min	2% im Bereich von 8-80 l/min
<b>TEC Automated Performance Testing</b>	APT	0072 4	0-2000 Pa	1 %

## 9. Gesamtergebnis

Messergebnisse der Untersuchungen werden nach Anschlussart zusammengestellt und der Gesamtmittelwert gebildet. Es ergibt sich im Mittel eine Luftdurchlässigkeit von **0,22 ( $\pm 0,011$ ) m<sup>3</sup>/(hm)** normiert auf 50 Pa Prüfdruck. Damit wird die PHI Zertifizierungsstufe „phA“ erreicht.

Tabelle 7: Übersichtsdarstellung der Messergebnisse der Luftdichtheitsuntersuchung.

Mittelwert von	m <sup>3</sup> /(hm) @ 50 Pa
Durchführung durch Bahn	0,18
Durchführung durch OSB	0,29
Durchführung durch Beton	0,19
<b>Gesamt</b>	<b>0,22 (<math>\pm 0,011</math>)</b>

Tabelle 8: Erreichte Anforderungsklasse des untersuchten Produktes bei der Zertifizierung als „Luftdichtheitsystemen Durchführungen“ nach den Vorgaben des Passivhaus Instituts

Klasse	Luftdurchlässigkeit längenbezogen @ 50 Pa [m <sup>3</sup> /(h m)]	Erreichte Klasse
phA+	≤ 0,05	
<b>phA</b>	<b>≤ 0,30</b>	<b>✓</b>
phB	≤ 0,50	
phC	≤ 0,80	

Darmstadt, den 12.04.2023

Søren Peper

