

# Prüfbericht

## Luftdichtheitsprüfung von Abdichtungsprodukten für Durchführungen der Produkte „KABSEAL PRO“ und „KABSEAL GAS“

**Hersteller:**

**Partel**

**Partel Luftdichtungsmanschetten**

Luftdichtheitssystem: Durchführungen

Darmstadt 10.08.2018

**Auftraggeber:** PARTEL  
Claregalway Corporate Park  
Claregalway, CO. Galway  
Ireland H91R85P

**Produkte:**

1. KABSEAL PRO 8-12 Leitungsmanschette, 8-12mm
2. KABSEAL GAS 8-12 Leitungsmanschette, 8-12mm
3. KABSEAL PRO 6 4-11 Mehrfachleitungsmanschette, 4-11mm
4. KABSEAL PRO 6 Alu 4-11 Mehrfachleitungsmanschette, 4-11mm
5. KABSEAL PRO 50-72 Leitungsmanschette, 50-72mm
6. KABSEAL GAS 50-72 Leitungsmanschette, 50-72mm
7. KABSEAL PRO 100-110 Leitungsmanschette, 100-110mm
8. KABSEAL GAS 100-110 Leitungsmanschette, 100-110mm
9. KABSEAL PRO 22-25 Leitungsmanschette, 22-25mm
10. KABSEAL GAS 22-25 Leitungsmanschette, 22-25mm
11. KABSEAL PRO 180-195 Leitungsmanschette, 180-195mm
12. KABSEAL GAS 180-195 Leitungsmanschette, 180-195mm
13. PARTEL ACRAPRIME Haftprimer

**Produktbezeichnung:** KABSEAL PRO und KABSEAL GAS  
**Geprüfte Dimension:** 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**

<b>Klasse</b>	<b>Luftdurchlässigkeit bezogen auf den Umfang der Durchführungen @ 50 Pa [m<sup>3</sup>/(hm)]</b>
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 wurden nach Herstellerangaben die Produkte der Serie KABSEAL PRO und KABSEAL GAS verwendet.

Bei den Produkten der Serie KABSEAL PRO handelt es sich um selbstklebende Klebekragen (HD-PE), sowie bei den Produkten der KABSEAL GAS Serie um Klebekragen aus volumenbeständigem Butylband, welches mit einer Alufolie bedeckt ist. Die Verwendung der Manschetten und deren Einsatz erfolgten nach den Vorgaben des Herstellers, welche in der Gebrauchsanleitung beschrieben sind.

Folgende Produkte wurden vom Auftraggeber vom 03.05.2018, 25.06.2018 und am 28.06.2018 geliefert (inklusive Gebrauchsanleitungen):

- KABSEAL PRO 4-8, 8-12, 50-72, 100-110, 22-25, 180-195
- KABSEAL GAS 8-12, 50-72, 100-110, 22-25, 180-195
- KABSEAL PRO 6 4-11 Mehrfachleitungsmanschette, KABSEAL PRO 6 ALU 4-11 Mehrfach-Manschette
- PARTEL ACRAPRIME Haftprimer

## 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 Manschette und Kabel bzw. Rohr sowie die Dichtheit der Manschette 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 und waren bei allen Bauteilen gleich angeordnet. 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 Manschetten 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 Manschetten 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 den Produkten des Herstellers abgedichtet wurden.

Für die Durchführungen der folgenden Kabel und Rohre wurden vom Hersteller die folgenden Produkte zur Abdichtung ausgewählt:

**Tabelle 3: Vom Hersteller ausgewählte Produkte für die unterschiedlichen Durchführungen.**

<b>Kabel / Rohr</b>	<b>Manschette</b>
1 Kabel Hausanschluss (Außendurchmesser: 25 mm)	KABSEAL PRO 22-25
2 Kabel (Außendurchmesser: 8,3 mm)	KABSEAL PRO 8-12
5 Telefonkabel (Außendurchmesser: 5,0 mm)	KABSEAL PRO 6 4-11
1 Zwillingskabel (Außendurchmesser: 2 x 5,0 mm)	KABSEAL PRO 8-12
1 HT Rohr DN 50	KABSEAL PRO 50-72
1 HT Rohr DN 110	KABSEAL PRO 100-110
2 Elektro-Leerrohre (Wellrohr; Außendurchmesser: 25 mm)	KABSEAL PRO 22-25
1 Wickelfalzrohr DN 180	KABSEAL PRO 180-195

Die Produkte vom Typ KABSEAL PRO werden an der Membran angebracht, während die Produkte der Serie KABSEAL GAS nach Anleitung an der OSB und Beton Oberfläche angebracht werden. Der Haftprimer PARTEL ACRAPRIME wird als Grundierung für die Betonoberfläche verwendet.

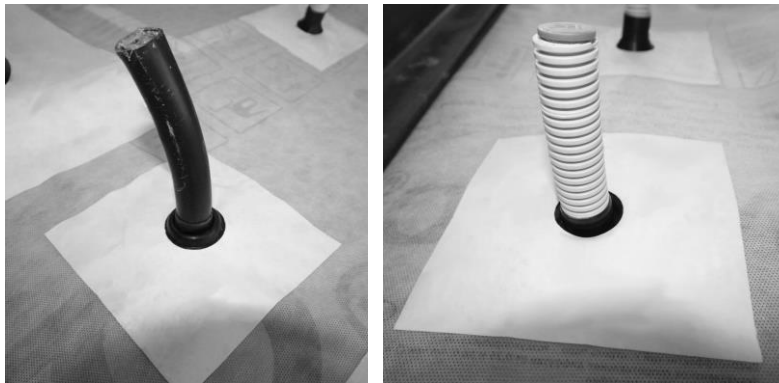
Die Produkte der Serie KABSEAL PRO bestehen aus der Manschette aus dauerhaft elastischem Kautschuk-Gummi (EPDM) und werden mit dem KABSEAL PRO Klebekragen auf dem Bauteil verklebt. Sie eignen sich laut Anleitung für die Verklebung auf Oberflächen, wie handelsüblichen Dampfbremsen oder –sperrern, Unterspannbahnen und PE-Folien (hier: Liftdichtheitsmembran).

Die Produkte der KABSEAL GAS Serie eignen sich für Metall, Kunststoff, sowie mineralische oder saugende Untergründe, hier werden die Verbindung zu OSB-Platten und Betonplatten, als häufig verwendete Baustoffe, geprüft. Die KABSEAL GAS Luftdichtungsmanschetten bestehen aus einem elastischen Kautschuk Gummi (EPDM) Kragen, sowie einem selbstklebendem Butylband, welches mit einer

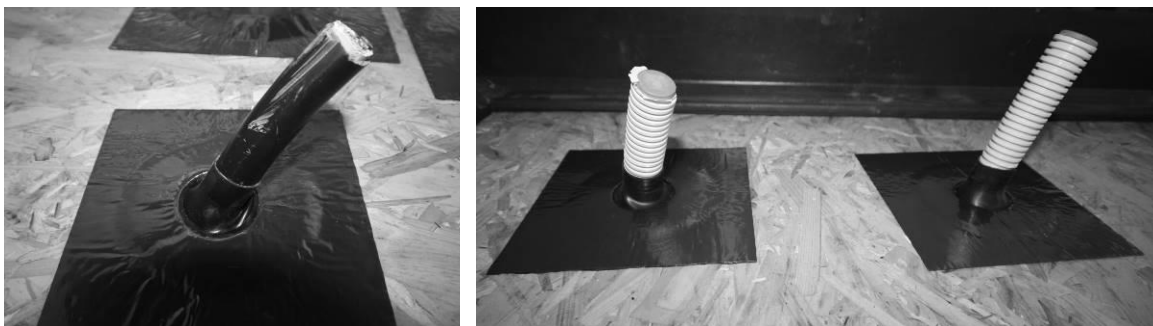
reißfesten Alufolie bedeckt ist. Diese Luftdichtungsmanschette eignet sich laut Hersteller für den Einbau im Kellersockelbereich, sowie im Holzrahmenbau.

Die Kabel werden zumeist einzeln durch die dafür vorgesehenen Aussparungen geführt. Nur die fünf Telefonkabel werden gebündelt durch eine Aussparung geführt. Alle Abdichtungen werden nach Herstellerangaben montiert.

KABSEAL PRO 22-25 ist eine Leitungsmanschette geeignet für Durchmesser 22-25 mm, weswegen sie sich gut für die Abdichtung des Hausanschlusskabels eignet. Auch die zwei Kabelleerrohre (Wellrohr) mit einem Außendurchmesser von 25 mm wurden mit dieser Manschette angeschlossen. Bei dem Wellrohr ist darauf zu achten, dass sich die Manschette bündig an den kleineren Durchmesser („Tal“) anlegt. Die Manschette darf sich nicht zwischen zwei Rillen befinden.

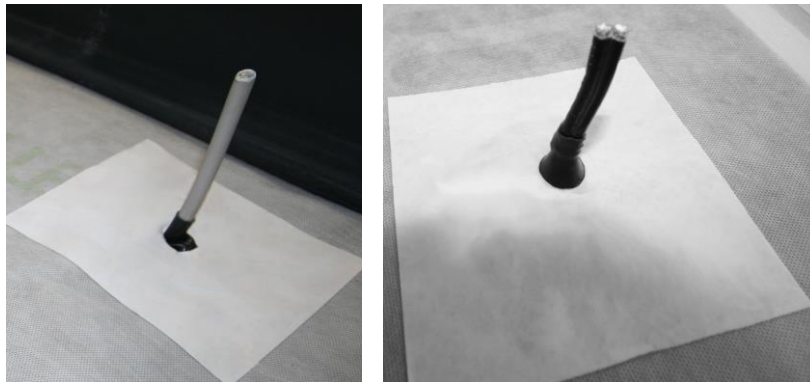


**Abbildung 1:** Hausanschlusskabel abgedichtet mit KABSEAL PRO 22-25 (links) und Anschluss an ein Kabelleerrohr (Wellrohr) mit KABSEAL PRO 22-25 (rechts).



**Abbildung 2:** Hausanschlusskabel abgedichtet mit KABSEAL GAS 22-25 (links) und Anschluss an zwei Kabelleerrohre (Wellrohre) ebenfalls mit KABSEAL GAS 22-25 (rechts).

Die Kabel mit dem Durchmesser von 8,3 mm werden mit der Manschette KABSEAL PRO 8-12 verklebt. Diese Leitungsmanschetten sind für ein einzelnes Kabel mit einem Durchmesser von 8-12 mm einsetzbar. Mit dieser Manschette ist auch das Zwillingskabel verklebt. Da dieses am Übergang zwischen den beiden Kabeln eine kleine Vertiefung hat, kann die KABSEAL PRO 8-12 Leitungsmanschette diese Öffnung nicht vollständig umschließen, dies kann für kleinere Leckagen sorgen.



**Abbildung 3:** Abdichtung eines 3x1,5 NYM-Kabels (links) und eines Zwillingskabels (rechts) mit KABSEAL PRO 8-12.



**Abbildung 4:** Abdichtung der beiden 3x1,5 NYM-Kabel (links), sowie eines Zwillingskabels (rechts) mit KABSEAL GAS 8-12.

Die fünf Telefonkabel mit einem Durchmesser von jeweils 5,0 mm wurden alle durch eine Öffnung der Bauteiloberfläche geführt und anschließend mit der Manschette KABSEAL PRO 6 4-11 oder KABSEAL PRO 6 Alu 4-11, je nach Bauteiloberfläche, verklebt. Dies ist eine Kabelmanschette für bis zu 6 Kabel mit einem Durchmesser von 6 x 4-11 mm. Die Kabel werden durch ein EPDM-Teil durchgeführt und entweder mit dem KABSEAL PRO Klebekragen oder der Butylkleberschicht verklebt. Die Kabel werden vorne angespitzt und durch die Erhebungen durchgedrückt. Hierbei kann auch ein Nagel zu Hilfe genommen werden. Vor dem Durchführen werden die Kabel zur Vereinzelung zweimal im rechten Winkel abgeknickt, um eine möglichst flache Auflage der Manschette auf der Oberfläche zu ermöglichen. Nach dem Durchziehen der Kabel wurde nach Herstellerangaben zuerst der obere Teil der Schutzfolie entfernt und nach festem andrücken, der untere Teil der Schutzfolie.

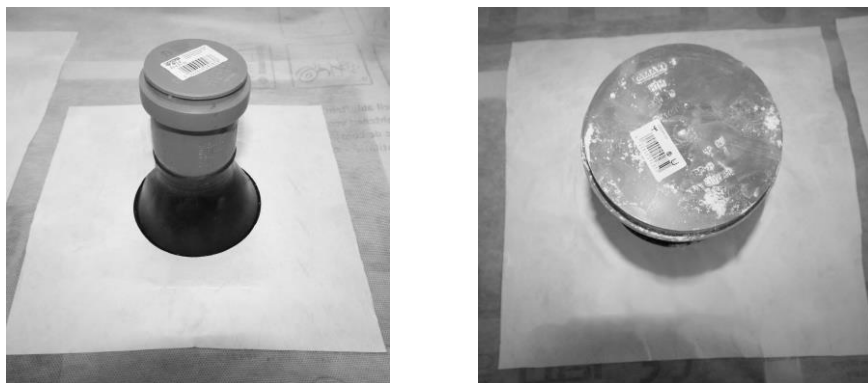




**Abbildung 5:** Durchführung der fünf Telefonkabel mit der Kabelmanschette KABSEAL PRO 6 4-11 der Serie KABSEAL PRO (links) und mit der Kabelmanschette KABSEAL PRO 6 Alu 4-11 (rechts).

Für die Verklebung des HT-Rohrs mit einem Durchmesser von 50 mm wurde KABSEAL PRO 50-72 eingesetzt. Diese Rohrmanschette ist für Rohre mit Außendurchmessern von 50-70 mm vorgesehen. Am Klebekragen wird zuerst die obere Schutzfolie der Manschette abgezogen und festgeklebt und anschließend der untere Teil.

Des Weiteren ist ein HT-Rohr mit dem Durchmesser 110 mm Bestandteil der Durchführungen. Dafür wurde die Manschette KABSEAL PRO 100-110 eingesetzt. Diese Dichtungsmanschette ist für Rohre mit Durchmessern von 100-110 mm geeignet. Sie wird wie das HT-Rohr DN50 verklebt.



**Abbildung 6:** Verklebung des HT-Rohrs DN 50 mit der Leitungsmanschette KABSEAL PRO 50-72 (links). HT-Rohr DN 110 verklebt mit der Leitungsmanschette KABSEAL PRO 100-110 (rechts).



**Abbildung 7:** Verklebung des HT-Rohrs DN 50 mit der Leitungsmanschette KABSEAL GAS 50-72 (links). HT-Rohr DN 110 verklebt mit der Leitungsmanschette KABSEAL GAS 100-110 (rechts).

Das Wickelfalzrohr mit einem Durchmesser von 180 mm wurde mit KABSEAL PRO 180-195, einer Rohr-Manschette für den Durchmesserbereich 180-195 mm, verklebt. Die Dichtungsmanschette wird mit der gleichen Technik wie die anderen beiden Rohre verklebt.



**Abbildung 8:** Wickelfalzrohr (180 mm) verklebt mit KABSEAL PRO 180-195 (links) und KABSEAL GAS 180-195 (rechts). 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 Folie verwendet (Hersteller pro clima; Produkt INTELLO; Luftdurchlässigkeit  $0,01 (\pm 0,002) \text{ m}^3/(\text{hm}^2)$ ). Die Bahnen wurden in zwei Meter lange Abschnitte geteilt und die zehn Aussparungen wurden in die Bahn hineingeschnitten. Anschließend wurden die Bahnen in der vollen Breite in die Messapparatur eingespannt, sodass sie an allen Seiten überstehen. Nach dem Platzieren der Durchführungen, erfolgte das Montieren der Manschetten. Wie oben beschrieben erfolgte das Aufkleben dabei „in der Luft“, wodurch das Anreiben des Klebebandes nur mit geringem Druck möglich war.

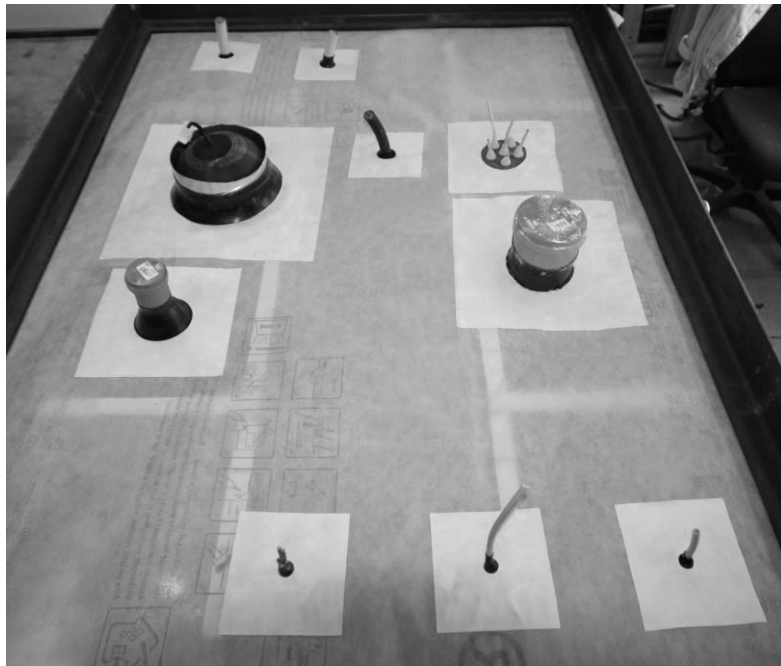


Abbildung 9: Fertig montierte und verklebte Durchführungen auf einer Luftdichtheitsbahn.

### 4.3 Anschluss an Beton

Für die Untersuchung der Betonanschlüsse wurden Betonplatten hergestellt welche auf die Messvorrichtung angepasst sind. Die Kabel und Rohre wurden durch die Aussparungen geführt und im Messstand fixiert. Vor der Verklebung der Manschetten wurde die Betonplatte von Staub befreit und an den vorgesehenen Klebestellen dünn mit dem PARTEL ACRAPRIME Haftprimer des Herstellers bestrichen. Dieser ist eine Haftungsgrundierung für mineralische Oberflächen.



Abbildung 10: Durchführungen durch eine Betonplatte.

## 4.4 Anschluss an OSB-Platte

Für die Anschlüsse an Holzwerkstoffplatten wurden luftdichte OSB-Platten verwendet (Hersteller SMARTPLY PROPASSIV; 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. Anschließend wurden die Kabel und Rohre erneut mit den entsprechenden Manschetten verklebt.



Abbildung 11: OSB-Platte mit verklebten Durchführungen im Messstand.

## 5. Messablauf

Nach Einsetzen des jeweiligen Bauteils in den Messstand und dem Montieren und Verkleben der Manschetten, 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 **24.05.2018 bis zum 07.08.2018**.

## 6. Messergebnisse

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

### 6.1 Durchführungen durch Bahn

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

**Tabelle 4: Messergebnisse der zwei Messungen der Durchführungen durch die Luftdichtheitsbahn verklebt mit Produkten der Serie KABSEAL PRO**

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

Druckstufen	Pa	50	100	150	200	250	300	350
Durchführungen durch Bahn #1								
Volumenstrom Gesamt	m³/h	0,23	0,38	0,51	0,63	0,74	0,85	0,95
Leckage des Messstandes	m³/h	0,11	0,14	0,16	0,17	0,19	0,20	0,21
spezifischer Luftvolumenstrom	m³/h	0,13	0,24	0,35	0,45	0,56	0,67	0,78
längenbezogener Leckagevolumenstrom	m³/(h m)	0,09	0,16	0,24	0,31	0,38	0,46	0,53
Durchführungen durch Bahn #2								
Volumenstrom Gesamt	m³/h	0,17	0,29	0,40	0,50	0,59	0,67	0,76
Leckage des Messstandes	m³/h	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,14	0,15
spezifischer Luftvolumenstrom	m³/h	0,12	0,22	0,30	0,39	0,46	0,54	0,61
längenbezogener Leckagevolumenstrom	m³/(h m)	0,09	0,15	0,21	0,26	0,32	0,37	0,42

Mittelwert

PHI-Bewertung  $V_L = 0,09 \text{ m}^3/(\text{h m})$

ergibt Luftdichtheitsklasse **A** nach PHI

$V_L \leq 0,3$

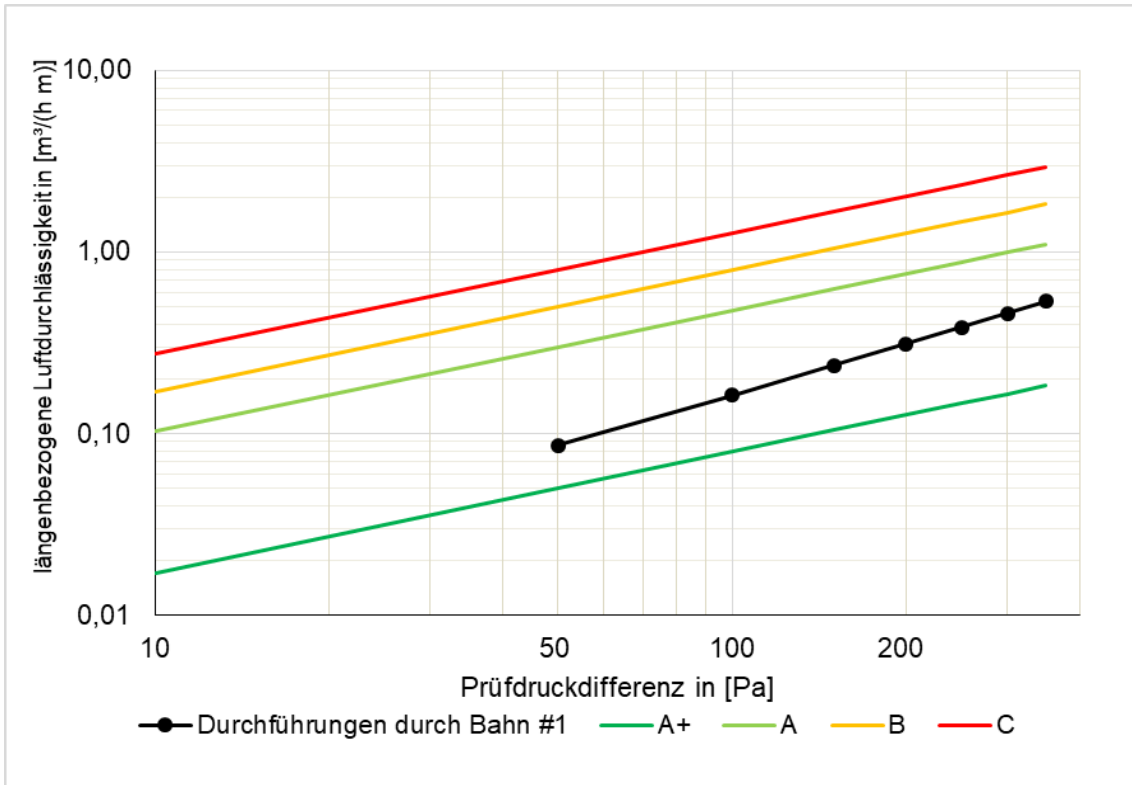


Abbildung 12: Messreihe der Probe “Durchführungen durch Bahn #1“. Die Zertifikatsklassen A+ bis C nach PHI sind ergänzend eingetragen.

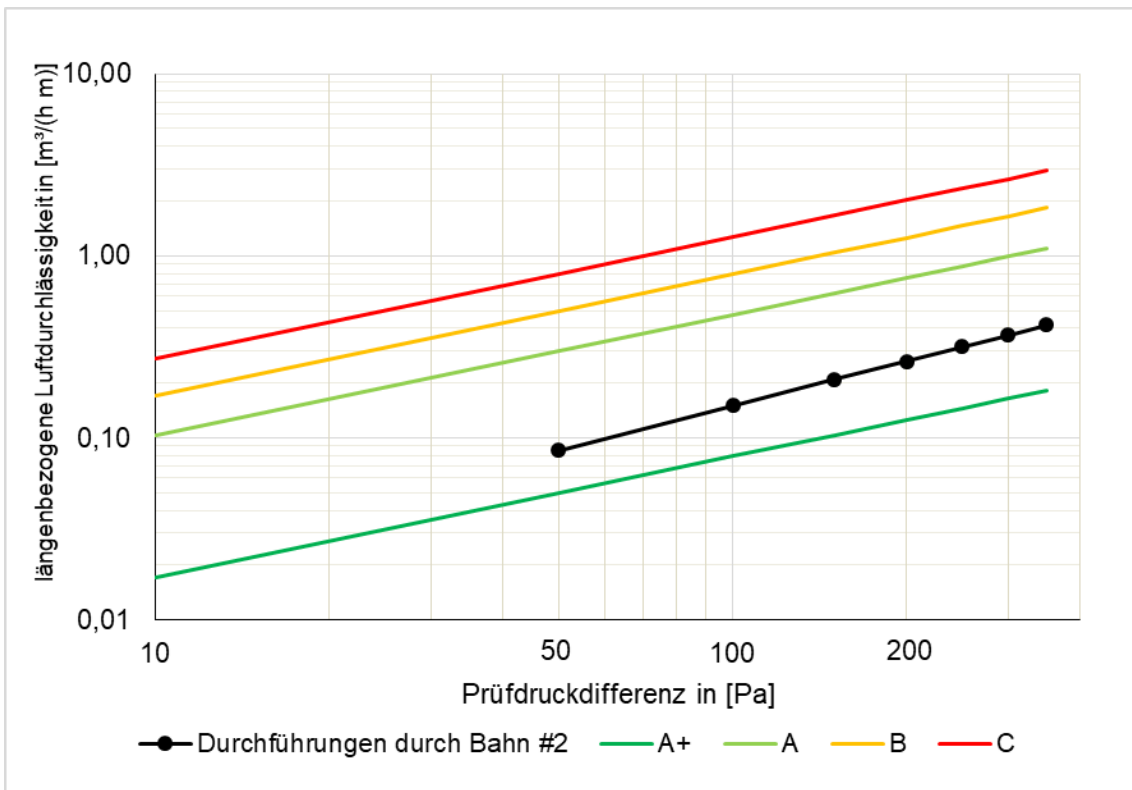


Abbildung 13: Messreihe der Probe “Durchführungen durch Bahn #2“. Die Zertifikatsklassen A+ bis C nach PHI sind ergänzend eingetragen.

## 6.2 Durchführung durch OSB

Durchführungen durch Luftdichtheitsbahn	
OSB	X
Beton	

**Tabelle 5: Messergebnisse der zwei Messungen der Durchführungen durch OSB verklebt mit Produkten der Serie KABSEAL GAS**

Umfang aller Durchführungen 1,46 m

Druckstufen	Pa	50	100	150	200	250	300	350
Durchführungen durch OSB #1								
Volumenstrom Gesamt	m³/h	0,17	0,29	0,38	0,47	0,55	0,62	0,69
Leckage des Messstandes	m³/h	0,07	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17	0,18
spezifischer Luftvolumenstrom	m³/h	0,11	0,19	0,26	0,33	0,39	0,45	0,51
längenbezogener Leckagevolumenstrom	m³/(h m)	0,07	0,13	0,18	0,22	0,27	0,31	0,35
Durchführungen durch OSB #2								
Volumenstrom Gesamt	m³/h	0,19	0,31	0,42	0,51	0,60	0,68	0,76
Leckage des Messstandes	m³/h	0,05	0,07	0,09	0,11	0,12	0,14	0,15
spezifischer Luftvolumenstrom	m³/h	0,14	0,24	0,32	0,40	0,47	0,54	0,61
längenbezogener Leckagevolumenstrom	m³/(h m)	0,10	0,16	0,22	0,27	0,32	0,37	0,42

Mittelwert

PHI-Bewertung  $V_L = 0,08 \text{ m}^3/(\text{h m})$

ergibt Luftdichtheitsklasse **A** nach PHI

$V_L \leq 0,3$



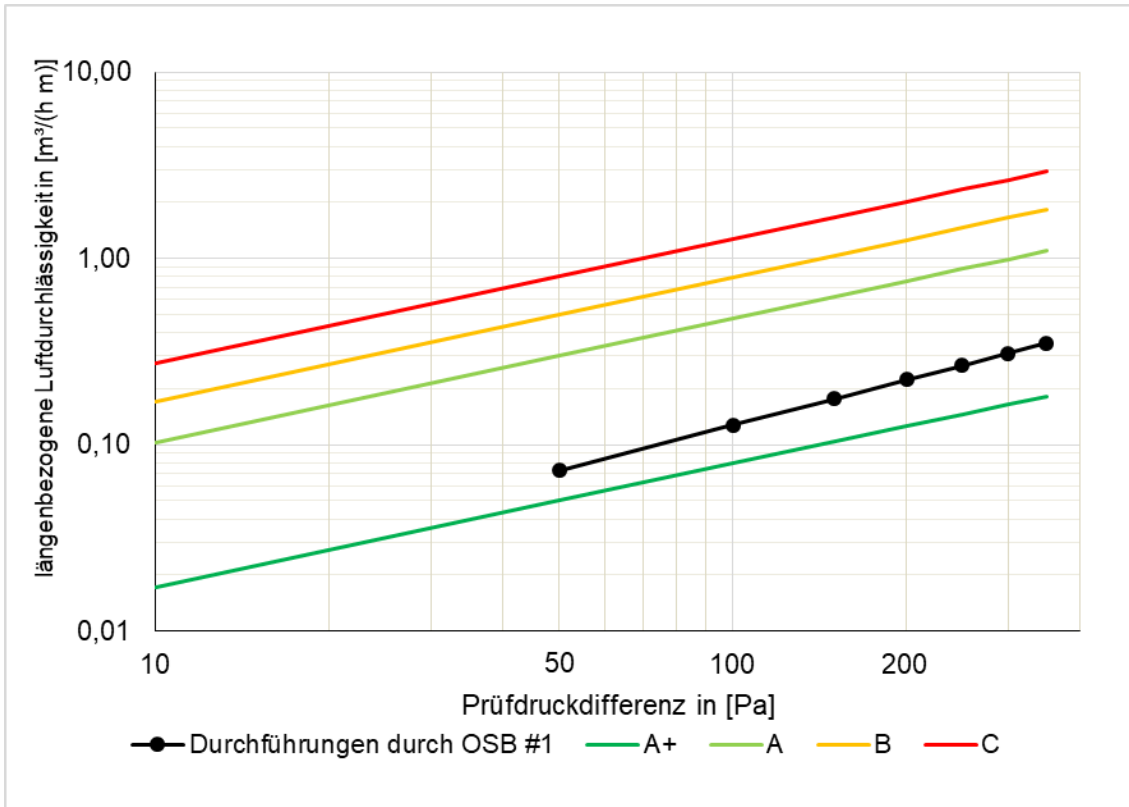


Abbildung 14: Messreihe der Probe “Durchführungen durch OSB #1“. Die Zertifikatsklassen A+ bis C nach PHI sind ergänzend eingetragen.

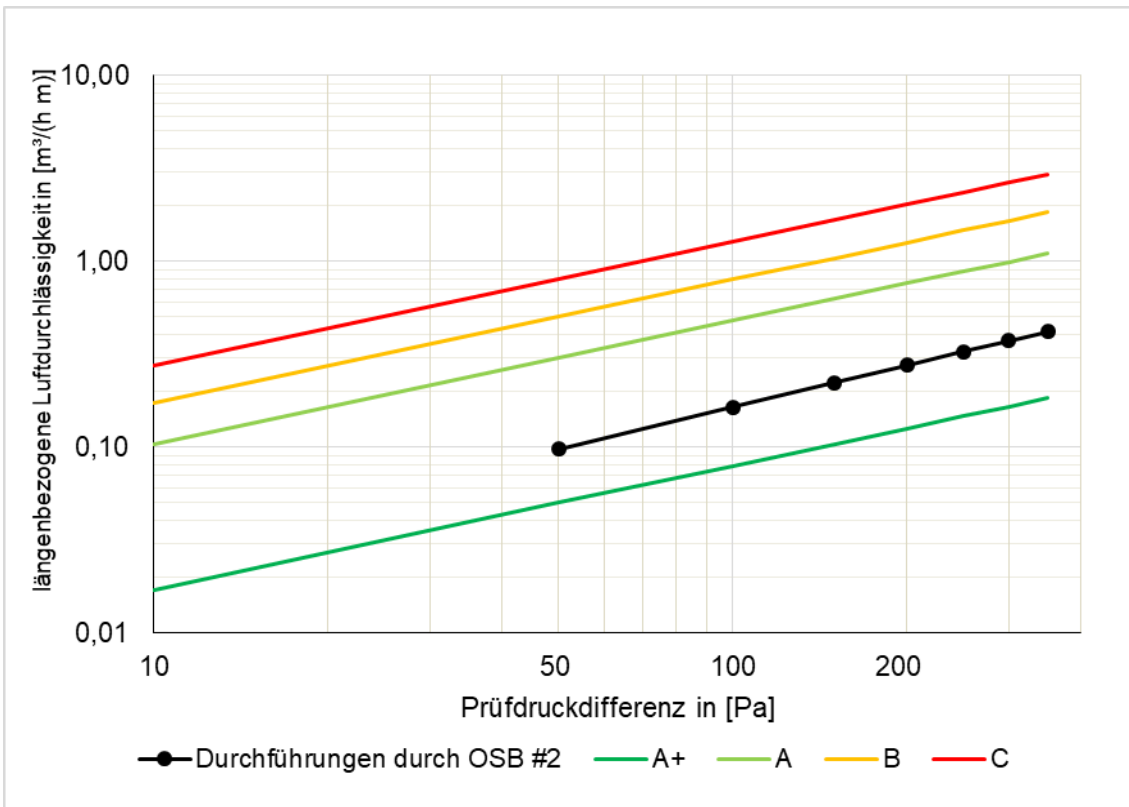
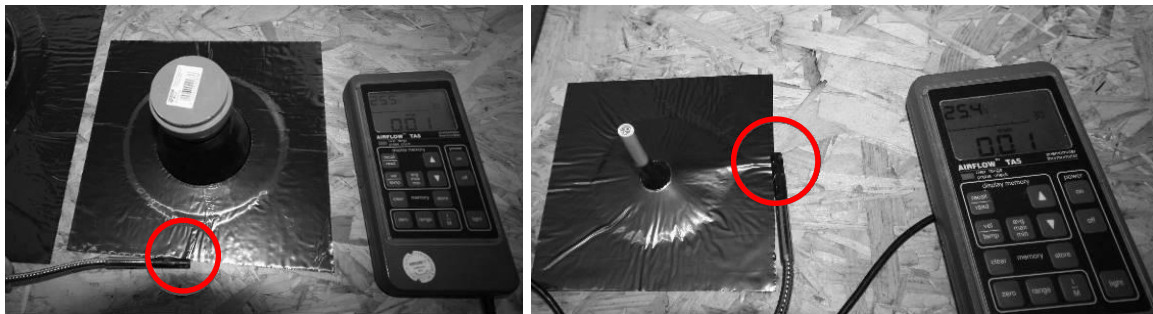


Abbildung 15: Messreihe der Probe “Durchführungen durch OSB #2“. Die Zertifikatsklassen A+ bis C nach PHI sind ergänzend eingetragen.

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

- An der Verklebung zum Bauteil der KABSEAL PRO 6 ALU 4-11 Manschette, KABSEAL GAS 8-12 Manschette und KABSEAL GAS 50-72 Manschette, wegen leicht verknitterter Verklebung der Manschette.
- Am EPDM Kragen der KABSEAL GAS 100-110 Manschette in Verbindung zu dem HT-Rohr DN110.
- An der Verbindung des Wellrohrs zu dem EPDM Kragen der Manschette KABSEAL GAS 22-25.



**Abbildung 16:** Geringe Restleckagen nachweisbar an der Verbindung zum Bauteil bei ca. 200 Pa Überdruck an der KABSEAL GAS 50-72 (links) und KABSEAL GAS 8-12 (rechts) Manschette. Mit einem Thermoanemometer wird die Luftgeschwindigkeit an der Leckage gemessen.



**Abbildung 17:** Geringe Restleckagen nachweisbar an der Verbindung zum Bauteil bei ca. 200 Pa Überdruck an der KABSEAL PRO 6 ALU 4-11 Manschette. Mit einem Thermoanemometer wird die Luftgeschwindigkeit an der Leckage gemessen.



**Abbildung 18: Geringe Restleckagen nachweisbar an der Verbindung des Kabels/Rohrs zum Kragen der Manschette bei ca. 200 Pa Überdruck an der KABSEAL GAS 100-110 Manschette (links) und an der KABSEAL GAS 22-25 Manschette (rechts). Bei der KABSEAL GAS 22-25 Manschette befindet die Leckage nur an der Verbindung zum Leerrohr. Mit einem Thermoanemometer wird die Luftgeschwindigkeit an der Leckage gemessen.**

Es handelt sich um kleinere Restleckagen, bei welchen erst ab 200 Pa Druckdifferenz eine Luftgeschwindigkeit messbar war. Die kleineren Restleckagen an der Verbindung zum Bauteil können durch sehr sorgsames auftragen der Manschette vermieden werden, so dass keine Falten entstehen. Die Restleckagen am Leerrohr können durch genaues anlegen an das tiefere „Tal“ des Rohres behoben werden. Bei 50 Pa liegt der Wert unter der Messgrenze des Thermoanemometers und war daher nicht nachweisbar.

### 6.3 Durchführung durch Beton

Durchführungen durch Luftdichtheitsbahn	
OSB	
Beton	X

**Tabelle 6: Messergebnisse der zwei Messungen der Durchführungen durch Beton verklebt mit Produkten der Serie KABSEAL GAS**

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

Druckstufen	Pa	50	100	150	200	250	300	350
Durchführungen durch Beton #1								
Volumenstrom Gesamt	m³/h	0,29	0,48	0,63	0,77	0,90	1,02	1,13
Leckage des Messstandes	m³/h	0,07	0,11	0,14	0,17	0,20	0,23	0,26
spezifischer Luftvolumenstrom	m³/h	0,23	0,37	0,49	0,59	0,69	0,79	0,88
längenbezogener Leckagevolumenstrom	m³/(h m)	0,16	0,25	0,33	0,41	0,48	0,54	0,60
Durchführungen durch Beton #2								
Volumenstrom Gesamt	m³/h	0,19	0,32	0,42	0,51	0,60	0,68	0,76
Leckage des Messstandes	m³/h	0,07	0,11	0,14	0,17	0,20	0,22	0,24
spezifischer Luftvolumenstrom	m³/h	0,12	0,20	0,28	0,34	0,40	0,46	0,52
längenbezogener Leckagevolumenstrom	m³/(h m)	0,08	0,14	0,19	0,23	0,28	0,31	0,35

Mittelwert

PHI-Bewertung  $V_L = 0,12 \text{ m}^3/(\text{h m})$

ergibt Luftdichtheitsklasse **A** nach PHI

$V_L \leq 0,3$

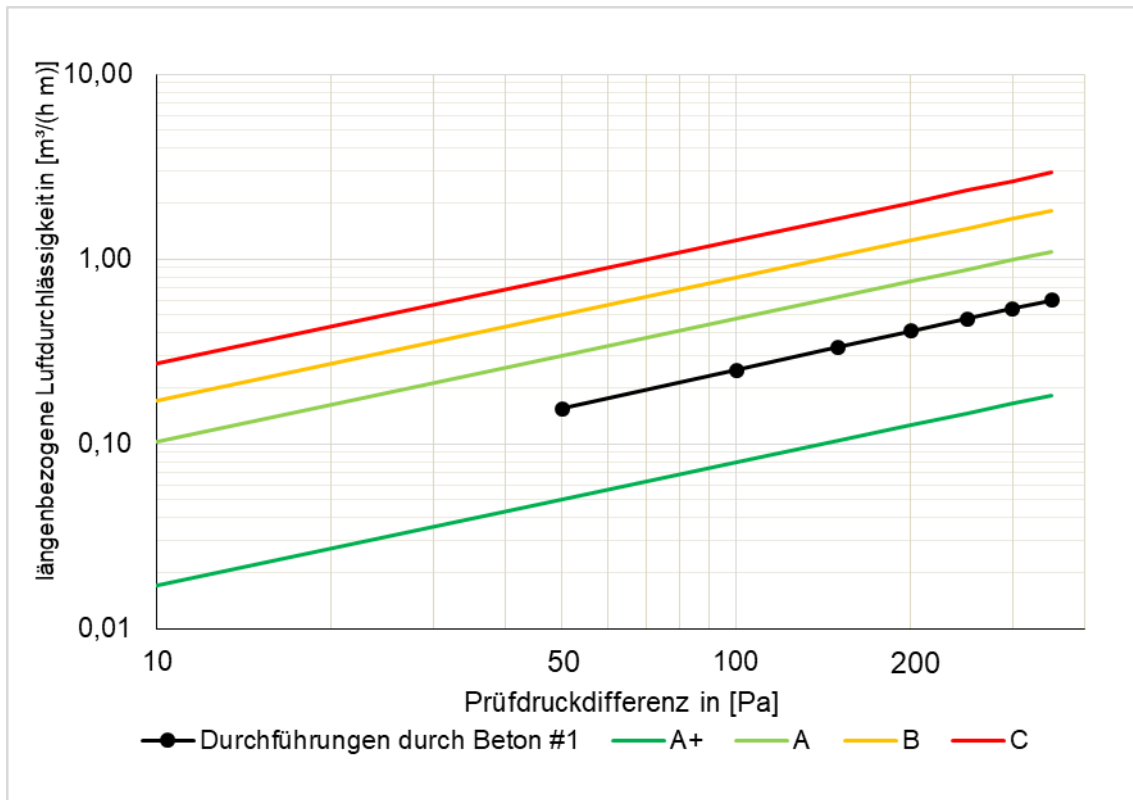


Abbildung 19: Messreihe der Probe “Durchführungen durch Beton #1“. Die Zertifikatsklassen A+ bis C nach PHI sind ergänzend eingetragen.

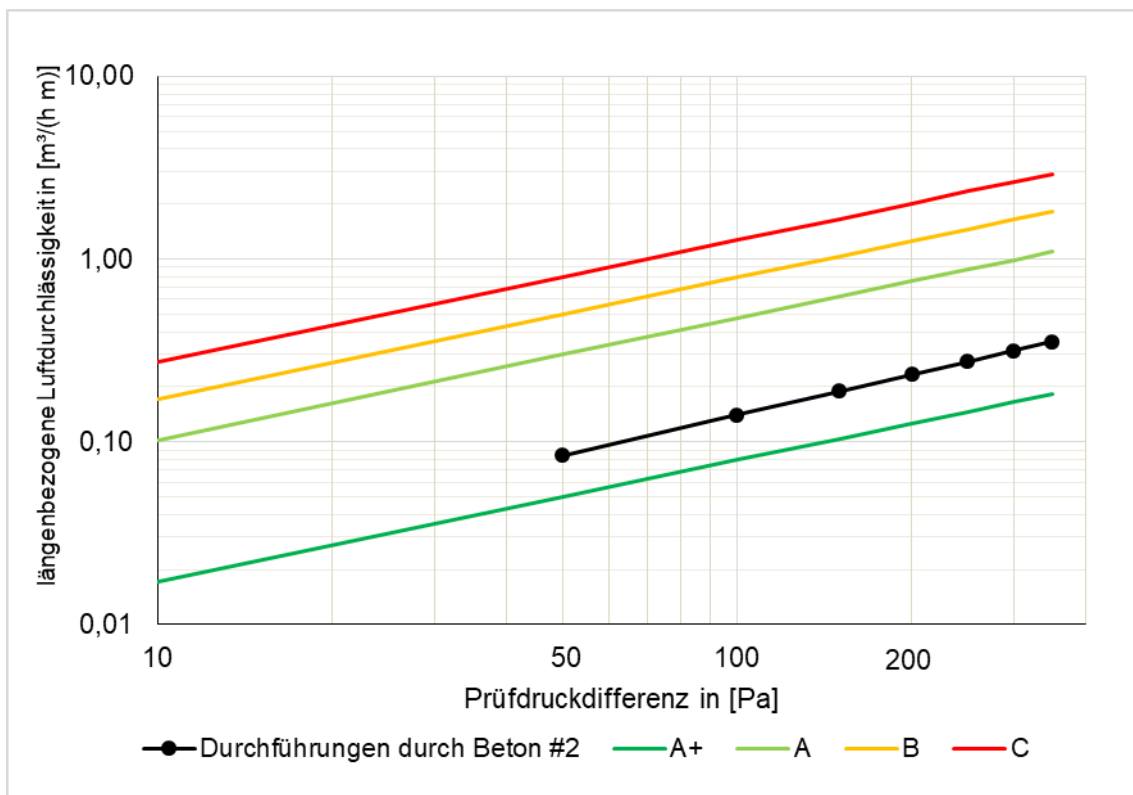


Abbildung 20: Messreihe der Probe “Durchführungen durch Beton #2“. Die Zertifikatsklassen A+ bis C nach PHI sind ergänzend eingetragen.

Auch bei der Betonmessung entstehen einige kleinere Restleckagen bei höheren Druckstufen an der Verbindung zwischen Manschette und Bauteil, sowie zwischen Manschette und Rohr.



**Abbildung 21:** Kleine Restleckagen an der KABSEAL PRO 6 ALU 4-11 Manschette (links), der KABSEAL GAS 22-25 Manschette (Mitte) in Verbindung zum Bauteil und an der KABSEAL GAS 180-195 Manschette am Wickelfalz (rechts) bei ungefähr 150 Pa. Die Messung der Luftgeschwindigkeit erfolgt auch hier mit einem Thermoanemometer.

## 6.4 Bewertung der Leckagen bei allen Materialoberflächen

An den KABSEAL PRO Manschetten konnten keine Leckagen zwischen Manschette und Kabel oder Manschette und Bauteil mit dem Anemometer nachgewiesen werden.

Die festgestellten Restleckagen der KABSEAL GAS Manschette zu den Bauteiloberflächen entstehen durch mechanische Belastung der Manschette. Beim Durchführen des Kabels bzw. des Rohrs wird der Alu-Klebekragen mechanisch beansprucht und bildet Falten. Beim anschließenden Befestigen des Kragens legen diese Falten sich auf der Bauteiloberfläche an, wodurch bei höherer Druckdifferenz der Überdruckmessung dann kleinere Restleckagen messbar sind.

Außerdem entstanden Restleckagen zwischen der KABSEAL GAS 180-195 Manschette und dem Wickelfalz. Hier waren kleinere Restleckagen zwischen EPDM-Kragen und dem erhöhten Falz messbar. Diese Leckage könnte durch Verschließen dieser kleinen Öffnung mit z.B. Spritzmasse behoben werden. Jedoch zeichnete auch an dieser Stelle das Anemometer erst ab 150 Pa kleinere Restleckagen auf.

**Insgesamt kann festgestellt werden, dass es sich überwiegend nur um kleinere Restleckagen handelt, welche nur bei höheren, in der Realität bauteiluntypischen Druckdifferenzwerten ab 150 Pa festgestellt wurden.**

## 7. Messbedingungen

Die mittleren Raumklimabedingungen während den Messungen und der Lagerung betragen:

Raumtemperatur: 24,5 °C  
Raumluftfeuchte: 47,3 % 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 7: Übersicht über die verwendeten Messgeräte

Name	Gerätetyp	Serien-Nr.	Messbereich	Messgenauigkeit
LaminarMasterFlow-System	LMF	PH796	0-85 l/min	2% im Bereich von 8-80 l/min
TEC Automated Performance Testing	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 **0,09 (±0,004) m<sup>3</sup>/(hm)** normiert auf 50 Pa Prüfdruck. Damit wird die PHI Zertifizierungsklasse „phA“ erreicht.

Tabelle 8: Übersichtsdarstellung der Messergebnisse der Luftdichtheitsuntersuchung.

Mittelwert von	m <sup>3</sup> /(hm) @ 50 Pa
Durchführung durch Bahn	0,08
Durchführung durch OSB	0,08
Durchführung durch Beton	0,10
<b>Gesamt</b>	<b>0,09 (±0,004)</b>

Tabelle 9: 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 10.08.2018



Søren Peper

