

Untersuchungsbericht

Luftdichtheitsprüfung verschiedener Materialdämmungen

Holzweichfaser

Hanf

Zellulose

Strohballen

Autoren: Katharina Hartmann, Usar Schrumpf, Janne Steinmetz

Juli 2023

Inhalt

1. Einleitung.....	3
2. Zu prüfendes Material.....	4
3. Prüfvorrichtung (Messstand)	4
4. Montage Materialdämmungen.....	5
4.1 Holzweichfaser, Hanf und Zellulose	5
4.2 Stroh.....	7
5. Messablauf.....	9
5.1 Messgeräte	9
5.2 Messergebnisse	10
5.3 Einzelne Messwerte	14
5.3.1 Holzweichfaser-Dämmplatte	14
5.3.1.1 Holzweichfaser 80 mm	14
5.3.1.2 Holzweichfaser 160 mm	15
5.3.1.3 Holzweichfaser 200 mm	16
5.3.2 Hanf-Dämmmatte.....	17
5.3.3 Zellulose-Dämmplatte	18
5.3.4 Strohballen	19
5.3.4.1 Strohballen 360 mm.....	19
5.3.4.2 Strohballen 370 mm.....	20
6. Danksagung	21

1. Einleitung

Die Luftdichtheit in der Fläche ist eine zentrale Voraussetzung eines erfolgreichen Luftdichtheitskonzeptes. Insbesondere bei energieeffizienten Gebäuden ist eine gute Luftdichtheit der Gebäudehülle eine wichtige Säule der Gesamtfunktion. Untersuchungen der Luftdichtheit von Produkten zur Flächenabdichtung und entsprechende Messwerte sind nach dem heutigen Stand der Literatur bereits ausreichend vorhanden. Dagegen liegen zur Luftdichtheit von Materialdämmungen in der Literatur kaum Messwerte und Untersuchungsergebnisse vor. Diese Information ist aber z.B. bei Innendämmung oder auch bei der Frage, ob Außendämmung als luftdichte Schicht geeignet sein könnte, ein wichtiger Faktor. Daher werden in diesem Untersuchungsbericht Luftdichtheitsuntersuchungen verschiedener plattenförmiger Dämmstoffe sowie von Strohballen dokumentiert.

2. Zu prüfendes Material

Die benötigten Materialdämmungen wurden im Handel bezogen oder vom Hersteller zur Verfügung gestellt. Es wurden Dämmstoffe aus den Materialien Holzweichfaser, Zellulose, Hanf und Stroh in unterschiedlichen Abmessungen und Schichtstärken geprüft.

Folgende Produkte und Abmessungen wurden untersucht:

- Holzweichfaser-Platte (Stärke: 80mm)
- Holzweichfaser-Platte (Stärke: 160mm)
- Holzweichfaser-Platte (Stärke: 200mm)
- Hanfdämmmatte (Stärke: 80mm)
- Zellulose-Platte (Stärke: 70mm)
- Strohballen (Stärke: 360mm)
- Strohballen (Stärke: 370mm)

3. Prüfvorrichtung (Messstand)

Für die Versuchsdurchführung wurde ein Messstand verwendet, welcher aus einem luftdichtem Holzkasten und passendem Rahmen zum Fixieren der eingesetzten Abdeck- bzw. Einbauplatten besteht. Der Aufbau („Messraum“) wurde über einen Adapter-Ring an das MLM (Micro Leakage Meter vom Hersteller TEC USA / Blower Door GmbH) angeschlossen. Mittels der drei Druckschläuche wird der Druck an der Messblende (MLM) und vom „Messraum“ (grüner Holzkasten) mit den Druckdifferenzdosen des APT (Automatic Performance Meter, Hersteller TEC, USA) verbunden (siehe Abbildung 1). Aus der Druckdifferenz an der Messblende des MLM wird rechnerisch der Volumenstrom berechnet.

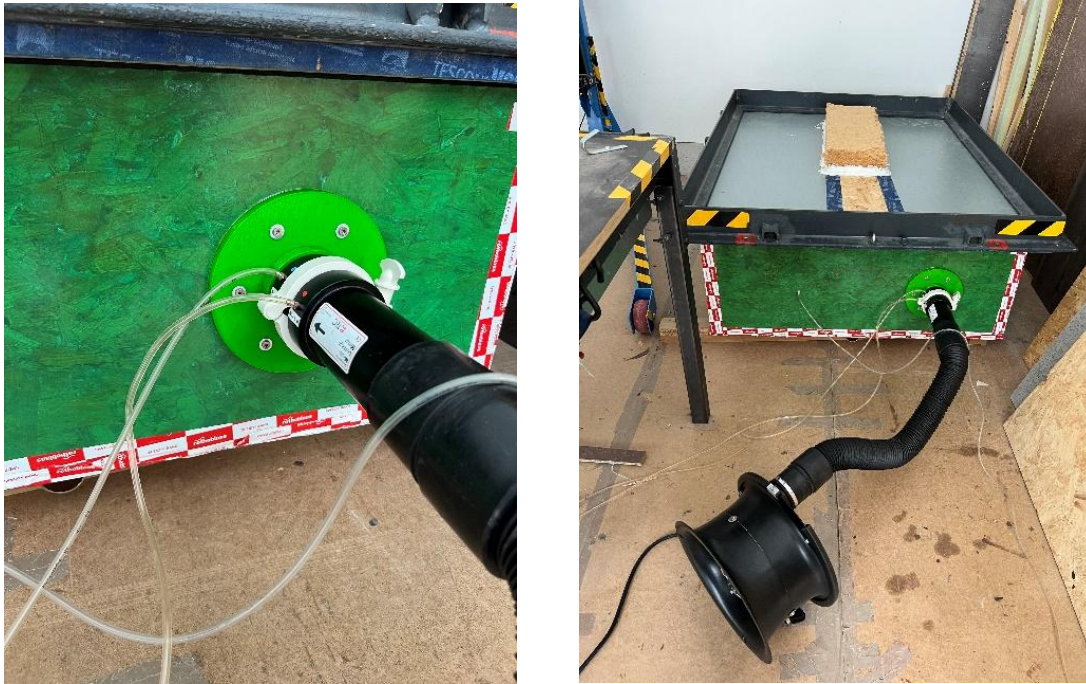


Abbildung 1: Verbindungsflansch an der Messvorrichtung mit angeschlossener MLM-Messblende (links) und im Vordergrund der schwarze DuctBlaster als Messgebläse. Im Hintergrund eine aufgeklebte Probe (rechts).

4. Montage Materialdämmungen

4.1 Holzweichfaser, Hanf und Zellulose

Die Dämmplatten aus **Holzweichfaser, Hanf und Zellulose** wurden in passende Formate gesägt bzw. geschnitten und auf die Aussparung einer Holzplatte (21,5cm x 77 cm) mit leichter Überlappung gelegt. Zum Abdichten wurde die Übergangsstelle von der Holzplatte zu Probe mit ISO-TOP FLEKKLEBER XP (ISO-Chemie GmbH) versiegelt (in Abbildung 2 rechts weiß). Die graue Holzplatte liegt auf dem Holzkasten („Messraum“) der Messvorrichtung auf und dient der Flächenverkleinerung der oberen freien Öffnung der Messvorrichtung.

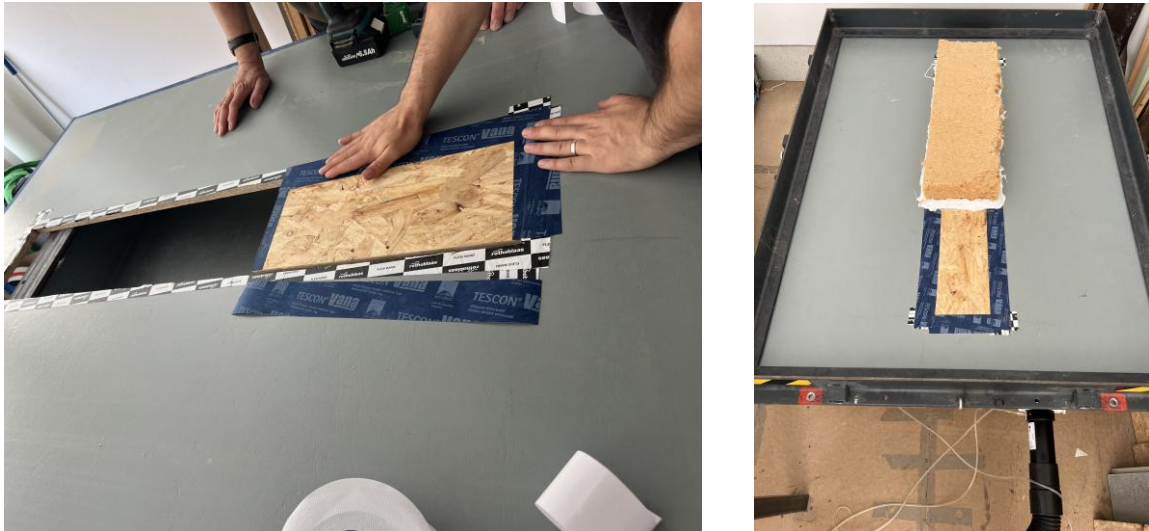


Abbildung 2: Beschichtete OSB-Platte (grau) mit Verkleinerung der Aussparung durch eine eingesetzte und abgeklebte beschichtete OSB-Platte (links), aufgelegtes Prüfmaterial mit abgedichteten Übergangsstellen (rechts).

Untersucht werden soll der Volumenstrom der durch die Plattenstärke des Materials strömt. Bei dem Messaufbau ist Abzusehen, dass ein Großteil der Luft über die Flanken (Seitenbereiche) der Platte aus- oder eintreten, da hier der Luftwiderstand vermutlich am geringsten sein wird. Um diesem Effekt entgegenzuwirken, wurden die Probekörper seitlich mit elastischer Folie umwickelt. Anschließend wurde diese an den Unter- und Oberkanten verklebt. Die Überlappung der Probe auf der beschichteten OSB-Platte beträgt umlaufend ca. je 1 cm. Der umlaufende Bereich zwischen Holz- und Dämmplatte wurde mit ca. 3 cm Kleber (Höhe am Dämmstoff und breite auf der Holzplatte) verschlossen. An der oberen Kante des Dämmstoffs betrug die Raupenhöhe des Klebers zur Folie ca. 1-2 cm. Anschließend wurde die Folie an der Unter- und Oberkante an die Probe gedrückt und die Seiten so luftdicht verschlossen (Abbildung 3).



Abbildung 3: Holzweichfaserplatte mit Verklebung und ohne seitliche Abdichtung (links). Seitlich mit Folie abgedichtete und oben und unten verklebte Hanfdämmmatte (rechts)

Der Unterschied der Luftdurchlässigkeit mit und ohne umwickelter Folie wurde an einer Probe exemplarisch untersucht.

4.2 Stroh

Die mit Folie umspannten **Strohproben** wurden in gelieferter Form (etwa 50 cm x 90 cm x 36 cm und 50 cm x 83 cm x 37 cm) mit der größeren Seitenfläche auf den Prüfstand gelegt. In die Aussparung (57 cm x 120 cm) wurden von unten Holzstege montiert, um das Aufliegen der Probe zu gewährleisten. Um den Bereich zwischen Aussparung und der in der Mitte liegenden Strohprobe zu schließen, wurde eine elastische und luftdichte Folie (hier: Vario® KM Duplex UV vom Hersteller ISOVER Saint-Gobain) über die Strohprobe gestülpt und mit der Platte und dem Prüfkörper verklebt. Diese wurde mit einem Anschlusskleber (hier: ORCON classic Allround vom Hersteller pro clima) ca. 3 cm breit an die umspannende Folie und beschichteten OSB-Platte angebracht. Die umspannende Folie wurde oberhalb und unterhalb des Strohballens entfernt. Dadurch entstand ein mit Stroh gefüllter Folien-Kanal, durch welchen die Luft strömt, um den Druck auszugleichen.



Abbildung 4: Gelieferter, mit Folie vollständig umwickelter Strohballen auf dem Prüfstand (links), überstülpte Folie und angebrachter gelber Anschlusskleber (rechts).



Abbildung 5: Strohballe mit verklebter Folienschürze (links) und fertig präparierte Probe mit offener Oberfläche auf der Ober- und Unterseite (Unterseite im Bild nicht zu sehen) (rechts).

Trotz der Abdichtungsmaßnahmen verbleibt jedoch bei den Strohproben eine deutliche Leckage am Rand zwischen Folie und Probe. Daher wurde nach dem ersten Versuch die Abklebung der umlaufenden Folie zum Stroh weiter verbessert. Der Effekt ist in Abbildung 6 zu erkennen: Die blaue Kurve zeigt die Druckdifferenz des „Messraumes“ unter der Probe gegenüber dem Außenraum. Vor der verbesserten Abdichtung wurden bei der maximal erreichten Druckstufe etwa 7 Pa weniger Druckdifferenz aufgebaut als nach der weiteren Abdichtung.

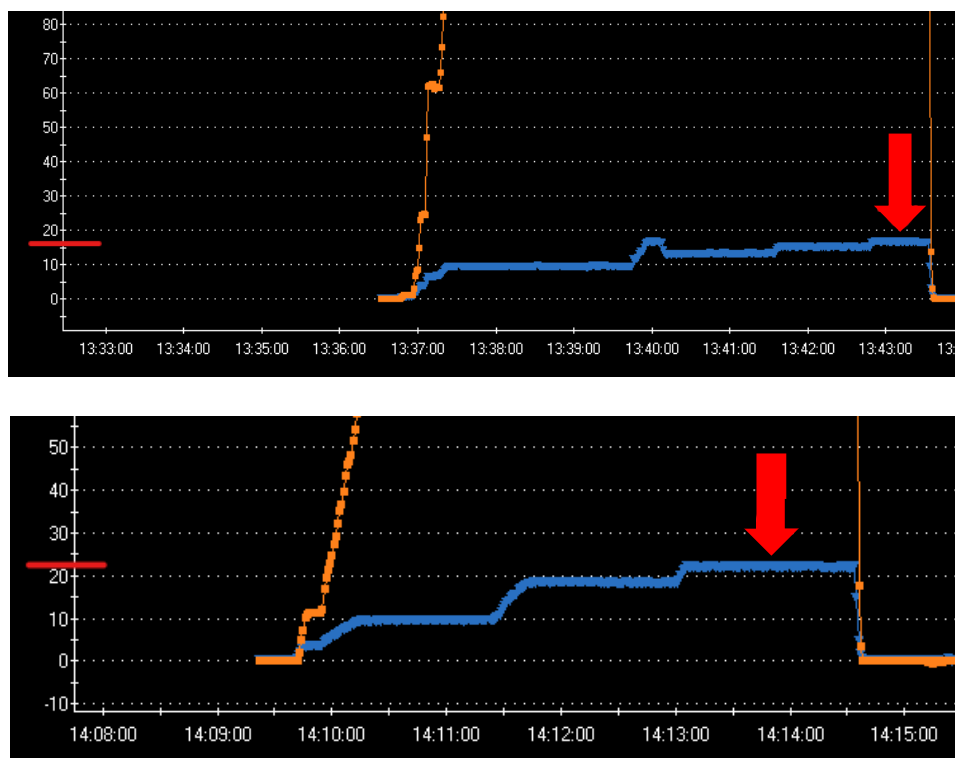


Abbildung 6: Oben: Druckmessung des „Messraums“ bei der Untersuchung der Strohprobe ohne Verklebung der Oberkanten mit Folie (blaue Kurve), unten: mit nachträglicher Verklebung der Folie als Seitenabdichtung an den oberen Kanten

5. Messablauf

Nach Einsetzen und fixieren der Dämmung in den Messstand wurde eine Messung in Anlehnung an DIN EN 12114 durchgeführt. Als Druckstufen der Messungen der Über- und Unterdruckreihe wurden folgende Werte eingestellt: 9, 18, 27, 36 und 50 Pa. Zusätzlich wurde eine weitere maximale Druckstufe angefahren, deren Höhe bei den verschiedenen Dämmplatten in Abhängigkeit deren Dichtheit, individuell ausgefallen ist. Bei den Messungen wird für jede einzelne Druckdifferenz (Druckstufe) indirekt der geförderte Volumenstrom mittels des MLM gemessen und aufgezeichnet (Druckdifferenz-Messung). Vor der eigentlichen Dichtheitsmessung wurde die Eigenleckage des Gesamtaufbaus festgestellt. Dazu wurde der Messstandes mit eingebauter Holzfaserdämmplatte (Stärke: 80mm) von oben mit einem Deckel verschlossen. Dann wurde die Dichtheit des Gesamtaufbaus bei den oben genannten Druckstufen gemessen und dokumentiert („Nullmessung“). Dieser damit ermittelte Leckagevolumenstrom des Messstandes wird von den späteren Messergebnissen abgezogen. Diese vorausgehende Nullmessung wurde für alle weiteren Messungen verwendet, da weitere Nullmessungen aufgrund des Messstandaufbaus (Materialstärke der Proben) zu einem unverhältnismäßigen Aufwand geführt hätten. Die Höhe der Undichtheit und der dagegen relativ kleine Leckagewert der Nullmessung (ca. 1:100) erlauben diese Vereinfachung.

Die Messungen des untersuchten Luftdichtheits-Systems erfolgten im Zeitraum vom 24.05.2023 bis zum 14.06.2023.

5.1 Messgeräte

Zur Messung des Volumenstromes wurde das MLM des Herstellers The Energy Conservatory (TEC) / Vertrieb: Blower Door GmbH verwendet. Der Differenzdruck wurde mit einem Automated Performance Testing System (APT) des gleichen Herstellers gemessen.

Tabelle 1: Übersicht über die verwendeten Messgeräte

Name	Gerätetyp	Serien-Nr.	Messbereich	Messgenauigkeit
MLM	MLM B2	#1100	Blende 1 0,17 – 78,5 m³/h @80 Pa	± 5% oder 0,37 m³/h (größerer Wert)
TEC Automated Performance Testing System	APT	00724	0-2000 Pa	±1 %

5.2 Messergebnisse

Die Messungen an allen sieben Mustern der Dämmstoffe wurden nach dem oben beschriebenen Verfahren durchgeführt; die Leckage des Prüfstandes wurde jeweils abgezogen. Bei der Auswertung werden die gemessenen Leakageströme durch die Proben rechnerisch auf die Fläche von 1 m² bezogen, um sie untereinander vergleichen zu können. In Abbildung 7 sind die Mittelwerte der gemessenen flächenbezogenen Luftdurchlässigkeiten und die berechneten Fehlergrenzen bei einer Druckdifferenz von 50 Pa im Vergleich dargestellt. Hierbei ist auffällig, dass die Hanfdämmung mit Abstand den höchsten Wert von ca. 1000 ± 52,7 m³/(h m²) aufweist. Die restlichen Materialdämmungen weisen Werte von ca. 300 bis 500 m³/(h m²) auf. Bei den Holzweichfaserdämmungen, sowie bei den Strohballen ist eine Verbesserung der Luftdichtheit mit zunehmender Materialstärke zu erkennen.

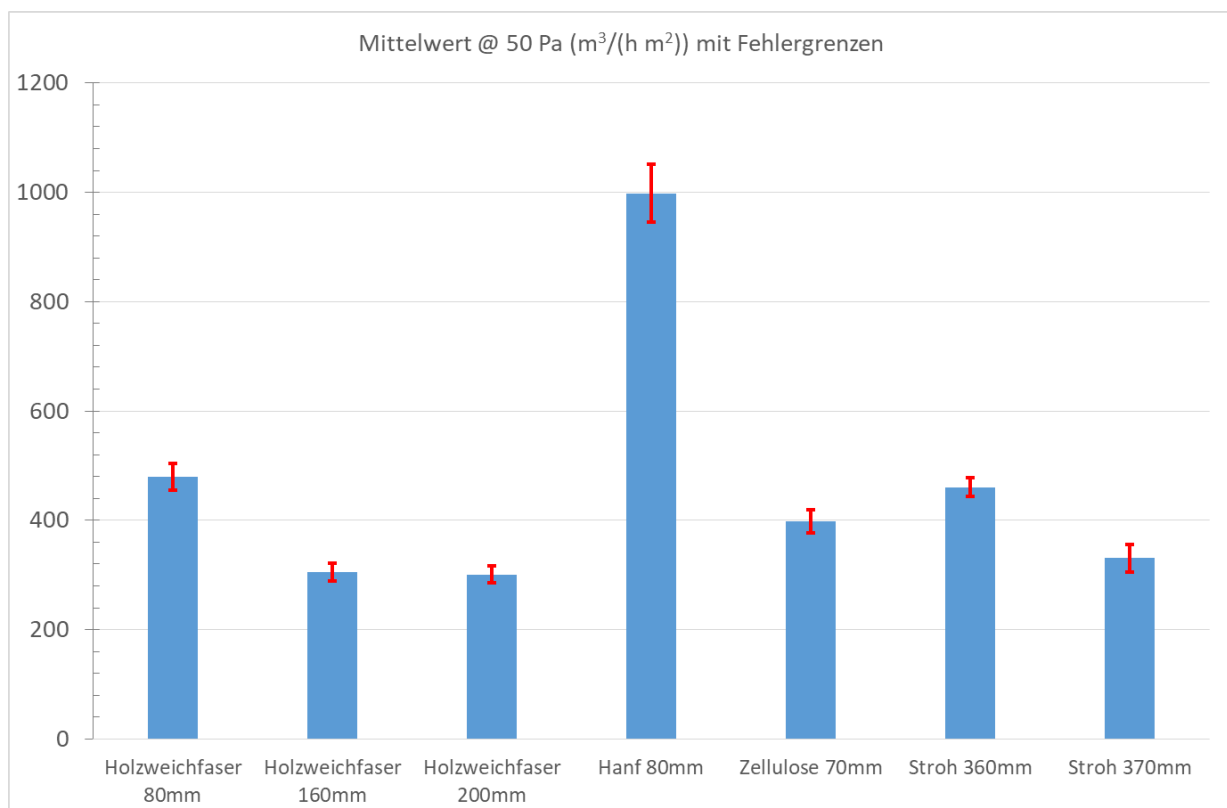


Abbildung 7: Übersicht der Mittelwerte der gemessenen flächenbezogene Luftdurchlässigkeit @ 50 Pa aller gemessenen Materialdämmungen mit rot eingezeichneten Fehlergrenzen

In Tabelle 2 sind die Mittelwerte der Messungen aus Abbildung 7 als Zahlenwerte dargestellt.

Tabelle 2: Übersicht der Mittelwerte der gemessenen flächenbezogene Luftdurchlässigkeit @ 50 Pa aller gemessenen Materialdämmungen mit Fehlergrenzen

Dämmstoff	Mittelwert @ 50 Pa ($\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$) mit Fehlergrenzen
Holzweichfaser 80mm	$479,2 \pm 24,7$
Holzweichfaser 160mm	$305,2 \pm 15,8$
Holzweichfaser 200mm	$300,5 \pm 15,6$
Hanf 80mm	$998,0 \pm 52,7$
Zellulose 70mm	$398,1 \pm 20,6$
Stroh 360mm	$460,6 \pm 17,0$
Stroh 370mm	$330,9 \pm 25,6$

Um Referenzwerte der folgenden Messergebnisse darzustellen, werden in Abbildung 8 und Tabelle 3 einige Vergleichsdaten angegeben. Der aussagekräftigste Referenzwert wird durch die flächenbezogene Luftdurchlässigkeit der Mineralwolle mit einem oberen Wert von ca. $150 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ abgebildet. Dieser Wert liegt unterhalb aller, in dieser Untersuchung, gemessenen Werte und ist somit luftundurchlässiger. Die vergleichbarste flächenbezogene Luftdurchlässigkeit zur Mineralwolle stellt die Holzweichfaserdämmung (Materialstärke 200 mm), mit einer flächenbezogenen Luftdurchlässigkeit von ca. $300 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$, dar. Jedoch fehlt hierbei die Angabe der Materialstärke der Mineralwolle. Die Holzweichfaserplatten werden in der Literaturquelle mit einem deutlich besseren Wert von 2 bis $3,5 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ angegeben; auch hier liegt keine Angabe zur Dicke/Höhe der Probe vor.

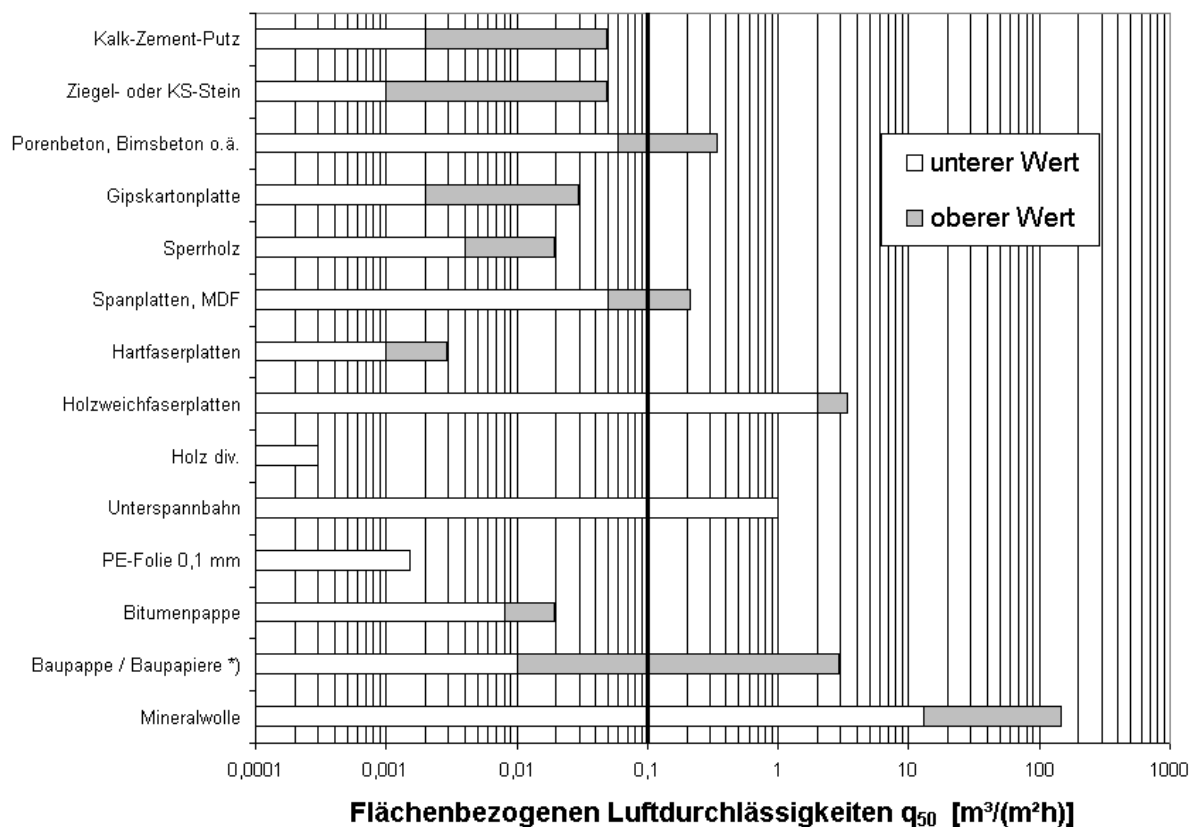


Abbildung 8: Beispiele für die flächenbezogene Luftdurchlässigkeit (q_{50} -Wert) verschiedener Baumaterialien (nur Material, ohne Einfluss vom Anschluss)¹

¹ Zeller, J.; Dorschky, S.; Borsch-Laaks, R.; Feist, W.: Luftdichtigkeit von Gebäuden – Luftdichtigkeitsmessungen mit der Blower Door in Niedrigenergiehäusern und anderen Gebäuden, Institut für Wohnen und Umwelt, Darmstadt 1995

Tabelle 3: Beispiele für die Luftdurchlässigkeit verschiedener Baumaterialien (nur Material, nicht eingebaut). Zahlenwerte zu Abbildung 8²

Material	Luftdurchlässigkeit @ 50 Pa [m³/(h m²)]
Kalk-Zement-Putz (Mindestdicke einhalten)	0,002 – 0,05
Ziegel- oder KS-Stein	0,001 – 0,05
Porenbeton, Bimsbeton o.ä.	0,06 – 0,35
Gipskartonplatte	0,002 – 0,03
Sperrholz	0,004 – 0,02
Spanplatten, MDF	0,05 – 0,22
Hartfaserplatten	0,001 – 0,003
Holzweichfaserplatten	2 – 3,5
Holz div.	bis 0,0003
Unterspannbahn	1
PE-Folie 0,1 mm	0,0015
Bitumenpappe	0,008 – 0,02
Baupappe / Baupapiere	0,01 – 3
Mineralwolle	13 – 150

² Zeller, J.; Dorschky, S.; Borsch-Laaks, R.; Feist, W.: Luftdichtigkeit von Gebäuden – Luftdichtigkeitsmessungen mit der Blower Door in Niedrigenergiehäusern und anderen Gebäuden, Institut für Wohnen und Umwelt, Darmstadt 1995

5.3 Einzelne Messwerte

Die Messergebnisse sind in den folgenden Tabellen und Abbildungen, sortiert nach Material und Maßen dargestellt.

5.3.1 Holzweichfaser-Dämmplatte

5.3.1.1 Holzweichfaser 80 mm

Tabelle 4: Messergebnisse der gemessenen Holzweichfaser Dämmungen 80 mm

Druckstufen	Pa	10	20	30	40	50
Volumenstrom Gesamt	m ³ /h	18,22	34,51	50,13	65,34	80,25
Leckage des Messtandes	m ³ /h	0,32	0,50	0,66	0,79	0,92
spezifischer Luftstrom	m ³ /h	17,91	34,00	49,47	64,55	79,33
Flächenbezogener Leckagevolumenstrom	m ³ /(h m ²)	108,16	205,40	298,85	389,90	479,21

Q50 **479,21** m³/(h m²)

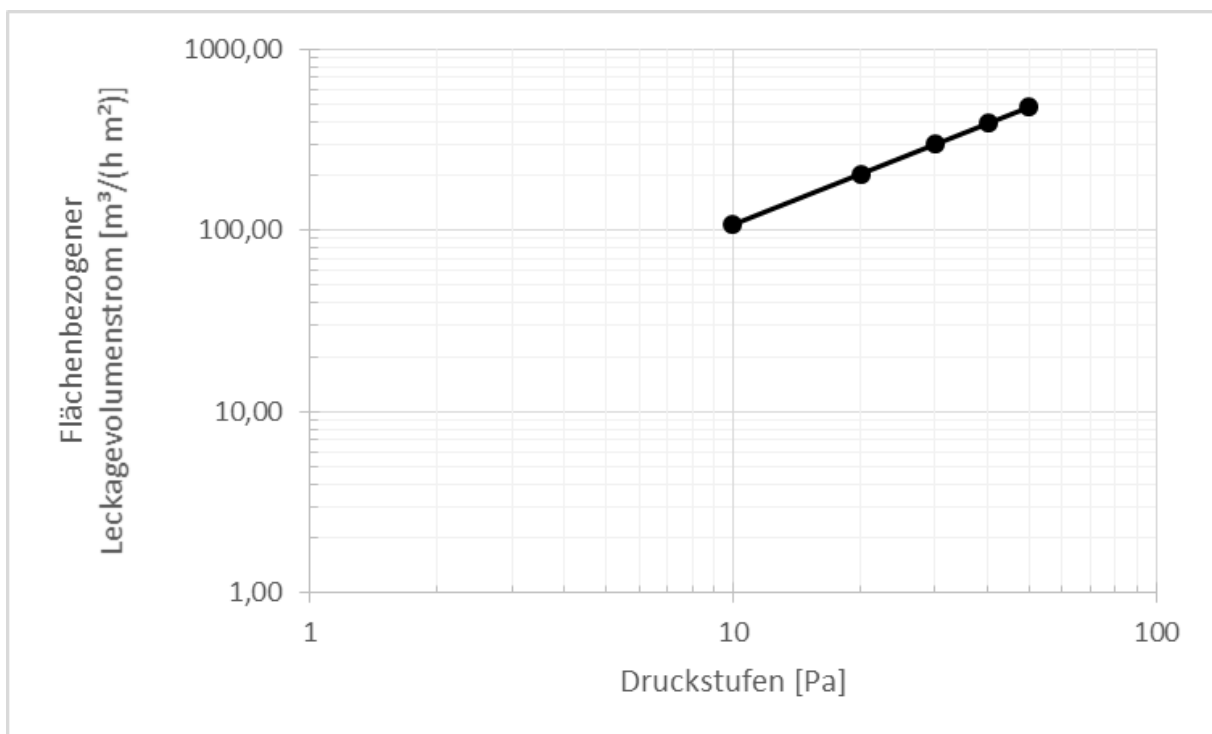


Abbildung 9: Messreihe der Holzweichfaserdämmung 80 mm

5.3.1.2 Holzweichfaser 160 mm

Tabelle 5: Messergebnisse der gemessenen Holzweichfaser Dämmungen 160 mm

Druckstufen	Pa	10	20	30	40	50
Volumenstrom Gesamt	m ³ /h	12,29	22,58	32,41	42,01	51,45
Leckage des Messtandes	m ³ /h	0,32	0,50	0,66	0,79	0,92
spezifischer Luftstrom	m ³ /h	11,97	22,07	31,75	41,22	50,53
Flächenbezogener Leckagevolumenstrom	m ³ /(h m ²)	72,31	133,34	191,79	248,96	305,23

Q50 **305,23** m³/(h m²)

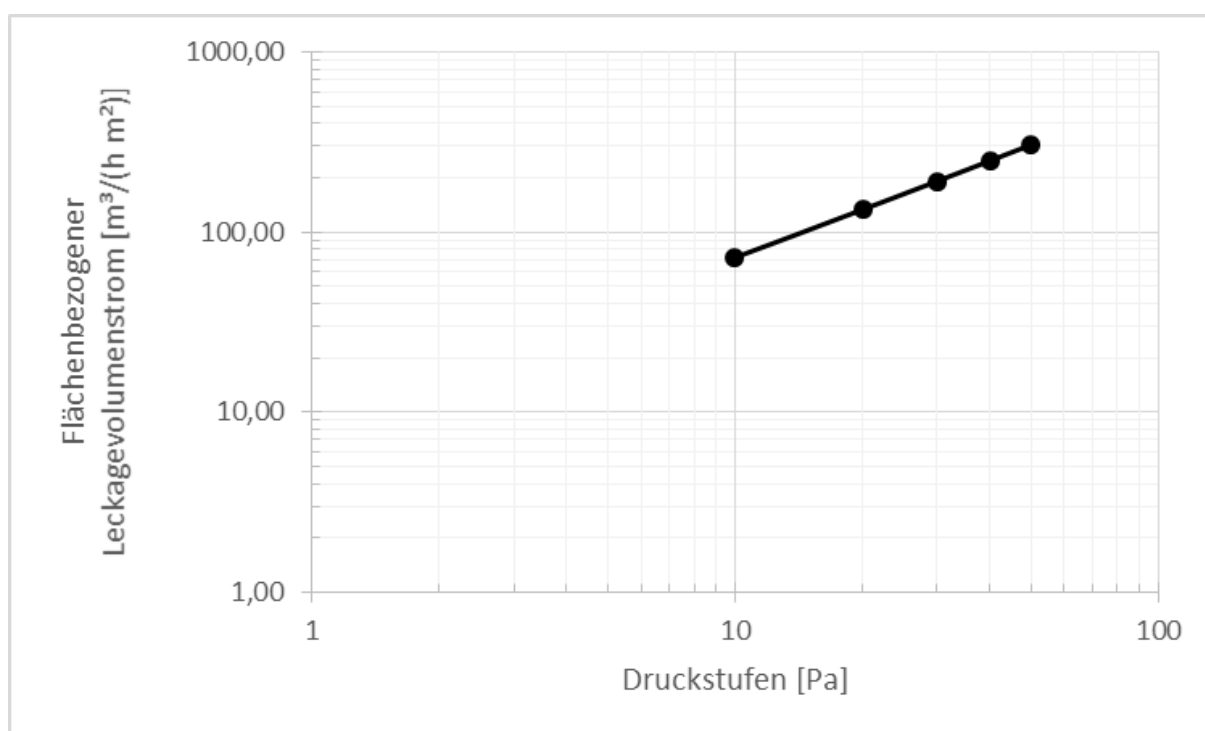
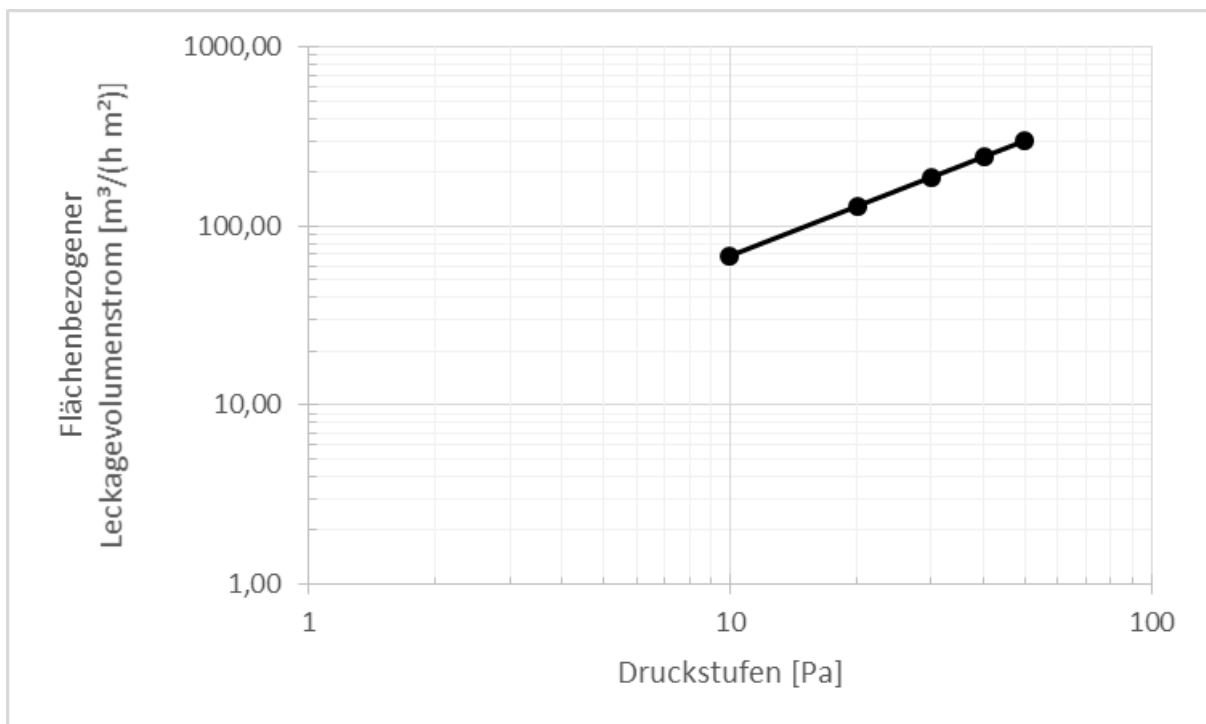


Abbildung 10: Messreihe der Holzweichfaserdämmung 160 mm

5.3.1.3 Holzweichfaser 200 mm

Tabelle 6: Messergebnisse der gemessenen Holzweichfaser Dämmungen 200 mm

Druckstufen	Pa	10	20	30	40	50
Volumenstrom Gesamt	m ³ /h	11,65	21,94	31,77	41,32	50,66
Leckage des Messtandes	m ³ /h	0,32	0,50	0,66	0,79	0,92
spezifischer Luftstrom	m ³ /h	11,33	21,43	31,11	40,52	49,74
Flächenbezogener Leckagevolumenstrom	m ³ /(h m ²)	68,42	129,46	187,93	244,78	300,46

Q50 **300,46** m³/(h m²)

Abbildung 11: Messreihe der Holzweichfaserdämmung 200 mm

5.3.2 Hanf-Dämmmatte

Tabelle 7: Messergebnisse der gemessenen Hanfdämmung 80 mm

Druckstufen	Pa	10	20	30	40	50
Volumenstrom Gesamt	m ³ /h	42,35	77,27	109,84	140,98	171,09
Leckage des Messtandes	m ³ /h	2,00	3,18	4,17	5,06	5,87
spezifischer Luftstrom	m ³ /h	40,35	74,09	105,67	135,92	165,22
Flächenbezogener Leckagevolumenstrom	m ³ /(h m ²)	243,75	447,55	638,31	821,03	998,00

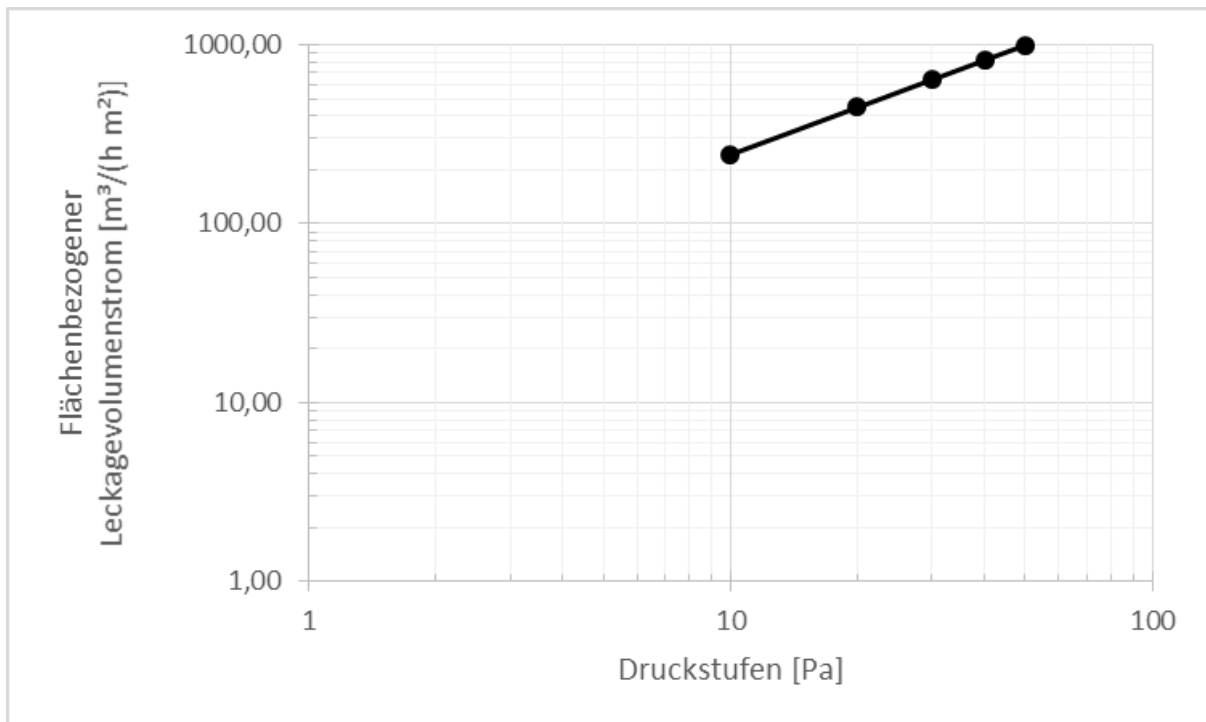
Q50 **998,00** m³/(h m²)

Abbildung 12: Messreihe der Hanfdämmung 80 mm

5.3.3 Zellulose-Dämmplatte

Tabelle 8: Messergebnisse der gemessenen Zellulosedämmung 70 mm

Druckstufen	Pa	10	20	30	40	50
Volumenstrom Gesamt	m ³ /h	16,36	30,00	42,78	55,05	66,94
Leckage des Messtandes	m ³ /h	0,35	0,55	0,73	0,89	1,03
spezifischer Luftstrom	m ³ /h	16,01	29,44	42,05	54,16	65,91
Flächenbezogener Leckagevolumenstrom	m ³ /(h m ²)	96,73	177,86	254,03	327,15	398,10

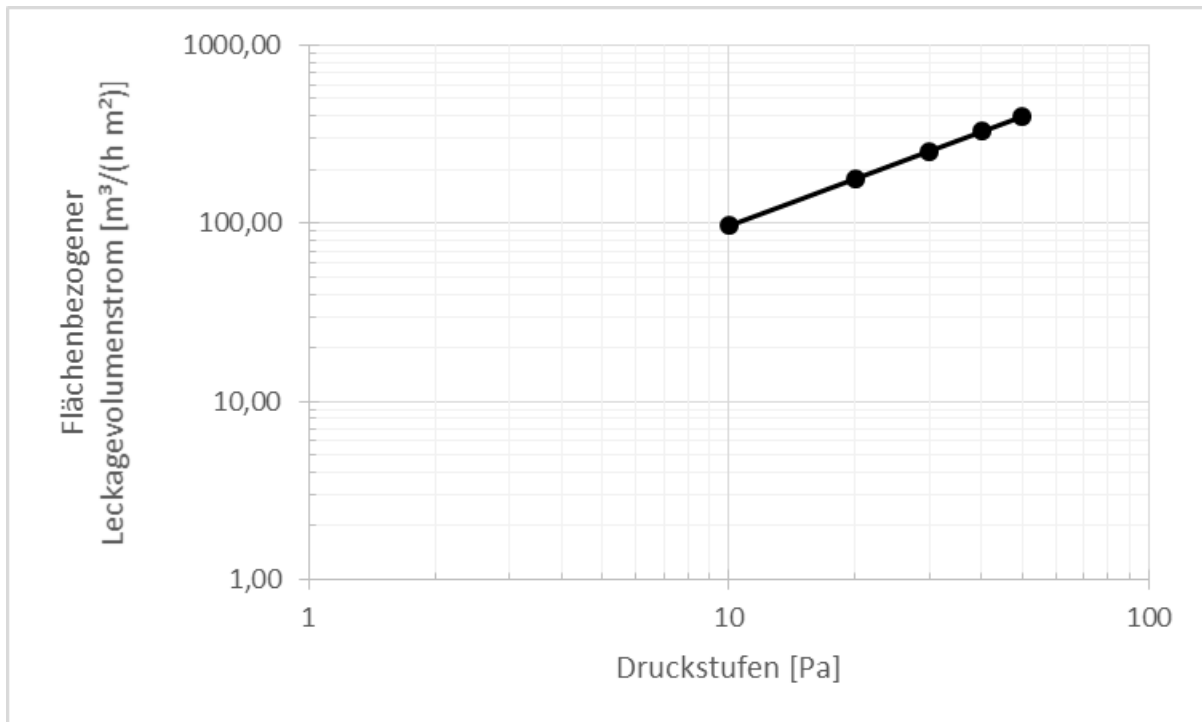
Q50 **398,10** m³/(h m²)

Abbildung 13: Messreihe der Zellulosedämmung 70 mm

5.3.4 Strohballen

5.3.4.1 Strohballen 360 mm

Tabelle 9: Messergebnisse der gemessenen Strohballendämmung 360 mm

Druckstufen	Pa	10	20	30	40	50
Volumenstrom Gesamt	m ³ /h	66,60	108,80	144,99	177,75	208,17
Leckage des Messtandes	m ³ /h	0,32	0,50	0,66	0,79	0,92
spezifischer Luftstrom	m ³ /h	66,28	108,30	144,33	176,95	207,25
Flächenbezogener Leckagevolumenstrom	m ³ /(h m ²)	159,72	260,96	347,78	426,39	499,40

Q50 **499,40** m³/(h m²)

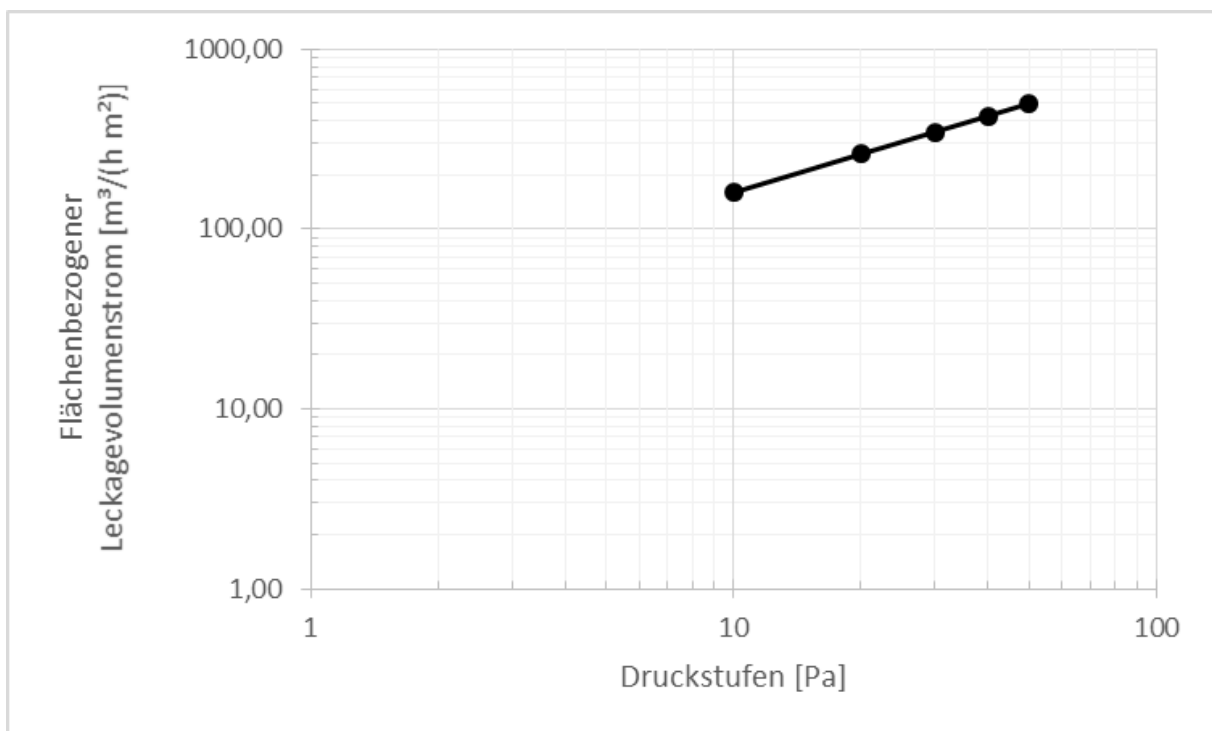


Abbildung 14: Messreihe der Strohballendämmung 360 mm

5.3.4.2 Strohballen 370 mm

Tabelle 10: Messergebnisse der gemessenen Strohballendämmung 370 mm

Druckstufen	Pa	10	20	30	40	50
Volumenstrom Gesamt	m ³ /h	43,65	74,18	101,22	126,23	149,84
Leckage des Messtandes	m ³ /h	0,32	0,50	0,66	0,79	0,92
spezifischer Luftstrom	m ³ /h	43,33	73,68	100,57	125,44	148,92
Flächenbezogener Leckagevolumenstrom	m ³ /(h m ²)	96,29	163,73	223,48	278,75	330,92

Q50 **330,92** m³/(h m²)

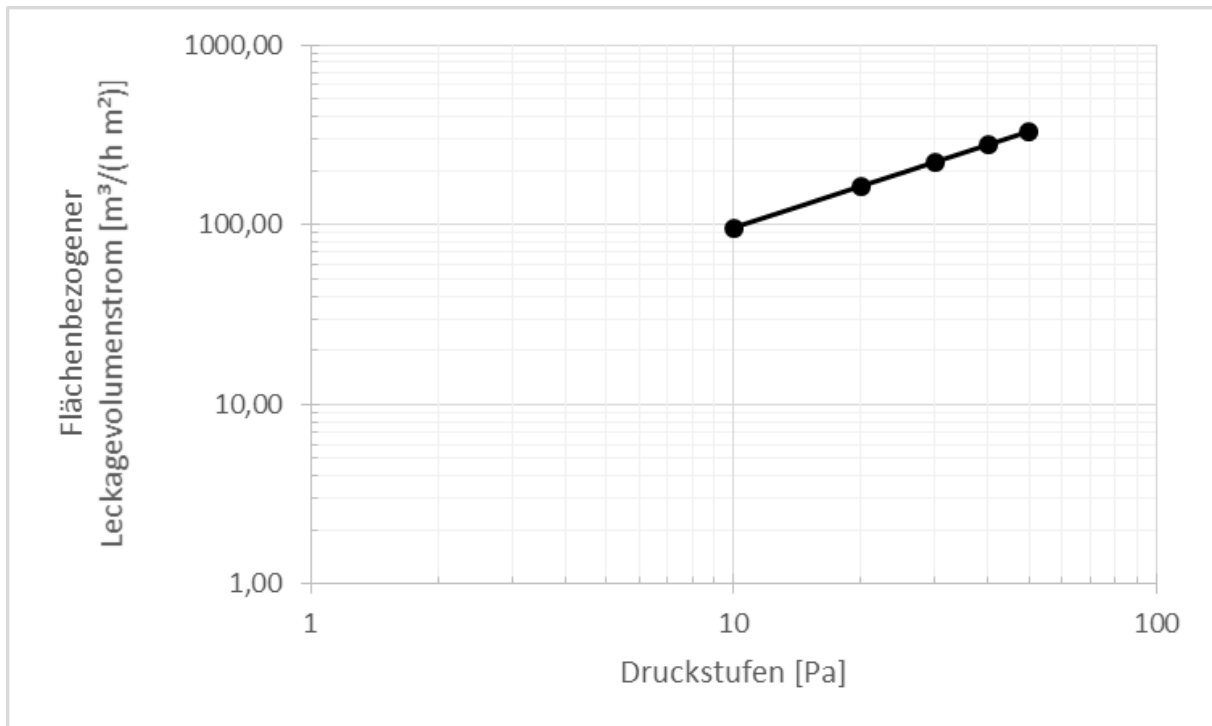


Abbildung 15: Messreihe der Strohballendämmung 370 mm

6. Danksagung

Der Firma BauStroh möchten wir für die Bereitstellung und Zusendung der beiden Strohballen danken.

Der Firma ISO-Chemie GmbH danken wir für die Bereitstellung der spritzbaren Abdichtungsprodukte.