

Barrierefolien für Vakuum-Isolationspaneele im Bauwesen

Dr.-Ing. Dirk Kaczmarek, Wipak Walsrode GmbH & Co. KG

1 Einleitung

Vakuum Isolationspaneele (VIP) werden seit ca. 20 Jahren erfolgreich zur Kühlschranksolisierung eingesetzt. Auf eine ebenso lange Zeit kann die Firma Wipak im Bereich der Hochbarrierefolien verweisen. Im Laufe der letzten Jahre haben sich aber immer neue Anwendungsfelder für VIPs hervorgetan. So finden heutzutage VIPs ihre Anwendung im Bereich der Schuhisolierung, Rohrisolation und natürlich auch im Baubereich. Auf der einen Seite hat jeder dieser Bereiche zwar eine identische primäre Aufgabe und zwar die Isolierung, d.h. die Folie muss eine hohe Permeationsbarriere darstellen. Auf der anderen Seite sind die Anforderungen die an das VIP und somit an die Hochbarrierefolie gestellt werden doch völlig unterschiedlicher Natur.

Im Folgenden wird auf die Randbedingungen an Hochbarrierefolie speziell für den Baubereich eingegangen und wie diese mit Hilfe der Barrierefolien von Wipak erfüllt werden.

2 Wipak Walsrode

Wipak Walsrode GmbH ist Teil der europäischen Wipak Group, die mit ca. 1800 Mitarbeiter an mehreren Standorten in Europa hochwertige Verbundfolien produziert. So stellt Wipak flexible und standfeste Folien für die Verpackung von Nahrungs- und Genussmitteln sowie für medizinische und technische Anwendungen her. Wipak und das nordamerikanische Schwesterunternehmen Winpak gehören zur Verpackungssparte des finnischen Konzerns Wihuri Oy. Auf dem Gebiet der mehrlagigen Folien, besonders bei Barrierefolien, ist Wipak Technologieführer. Die Folienspezialisten bauen mit frischen Ideen auf ihre jahrzehntelange Erfahrung in der Folienherstellung auf und führen die Tradition der Innovationen fort. Der Bereich der technischen Folien wird unter dem Namen Covexx geführt und innerhalb dieses Bereiches nehmen die Barrierefolien für VIPs ein wesentliches Arbeitsfeld ein.

3 Anforderungen

Die Anwendungsbereiche in der Bauindustrie haben zum Teil ganz eigene Anforderungen. Zum einen werden sie durch gesetzliche Bestimmungen geregelt und somit auch an die Folie „weitergegeben“ und zum anderen resultieren sie auch aus den doch sehr unterschiedlichen Rahmenbedingungen im Vergleich zum Kühlschrank.

4 Permeation

Die Anforderung an die Lebensdauer von VIPs im Bauwesen ist ungleich höher als die von VIPs in Kühlschränken. Geht man bei Kühlschränken von einer Lebensdauer von 15 Jahren aus, so ist sie im

Bauwesen bei 30 Jahren wenn nicht so gar bei 50 Jahren anzusetzen. Aus dieser bedeutend höheren Anforderung an die Lebensdauer wird sinngemäß auch eine niedrigere Permeation an die Barrierefolie gestellt.

Der Wert für die Sauerstoffpermeation steht hierbei stellvertretend für die Permeation von Gasen, insbesondere von unpolaren Stoffen. Diese Permeation wird in Volumeneinheit je Fläche Folie, je Tag und je bar Druckdifferenz ausgedrückt. Die Druckdifferenz ist dabei die Partialdruckdifferenz zwischen den beiden Seiten der Folie. Hierbei ist zu beachten, dass in der Literatur und in diversen Angaben zu Permeationsraten sehr viele unterschiedliche Zahlen bei unterschiedlichen Bedingungen zu entdecken sind. Wichtig ist an dieser Stelle, dass Angaben unterhalb von $0,01 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \text{ d bar}$ unrealistisch sind. $0,01$ ist die derzeitige Messgrenze für Sauerstoffdurchlässigkeiten bei Standardmessgeräten, wie sie zum Beispiel in der Qualitätskontrolle eingesetzt werden. Nur Werte bis zu dieser Grenze können sicher garantiert und von Ihrem Folienhersteller überwacht werden. Alle Werte darunter können über aufwendige Meßmethoden abgeschätzt oder interpoliert werden, können aber nur als Abschätzung dienen, nie als abgesicherter Qualitätsgrenzwert. Darüber hinaus ist die Angabe der Messbedingungen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit) wichtig. Da die Gasdurchlässigkeiten mit Erhöhung der Temperatur ansteigen, Bild 1. Ebenso wirken sich steigende Luftfechtigkeiten je nach Folientype ebenfalls negativ auf die Permeationsraten aus. So findet eine Permeationsteigerung von ca. 5-7% pro 1°C Temperaturerhöhung statt [Mo05].

Der zweite entscheidende Kennwert ist die Wasserdampfdurchlässigkeit. Dieser Wert wird in Gewicht je Folienfläche und Tag angegeben und sollte bei heutigen Barrierefolien $< 0,05 \text{ g}/\text{m}^2 \text{ d}$ betragen (38°C , 90% r.F.). Auch hier ist die Angabe von Temperatur und Luftfeuchtigkeit wichtig, da sich auch die Wasserdampfdurchlässigkeit mit Temperatur und Luftfeuchtigkeit verändert, Bild 1. Weiterhin stellt die Wasserdampfdurchlässigkeit den symbolischen Wert für die Permeation von polaren Stoffen durch die Konstruktion dar.

Die Ursache im starken Anstieg der Permeationswerte bei höheren Temperaturen ist damit zu begründen, dass beim Erreichen der Glasübergangstemperatur eine Veränderung beim Kunststoff auftritt. Bei dieser Temperatur findet der Übergang vom energieelastischen Bereich (=Glasbereich) zum entropieelastischen Bereich (=gummielastischer Bereich) stattfindet.

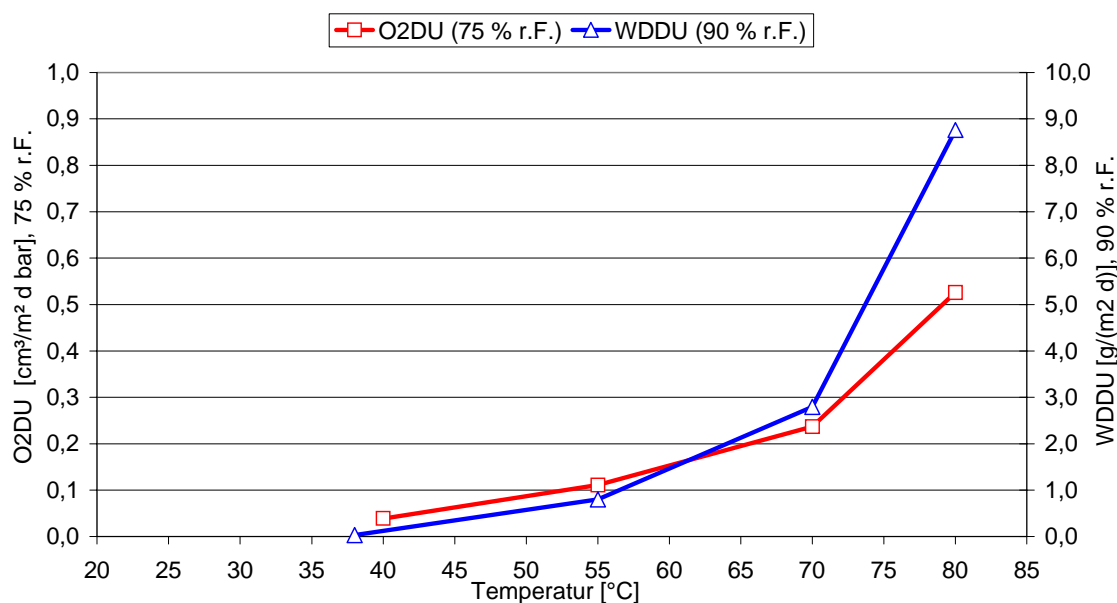


Bild 1: Permeationsanstieg infolge einer Temperaturerhöhung bei einer nicht angepassten VIP-Folie

Nur die Kombination aus guten Sperrwerten gegen Sauerstoff und Wasserdampf garantiert eine gute Gesamtbarriere. Aus dieser Auflistung der zwei entscheidenden Permeationswerten, kann auch der einfache Schluss gezogen werden, dass Barrierefolien für den Baubereich einen anderen Aufbau haben müssen wie Barrierefolien für den VIP Einsatz in Kühlschränken. Da z.B. im Bauwesen bedeutend höhere und schwankende Temperaturen herrschen als im Vergleich zum Kühlschrank, wo von einer konstanten Außentemperatur von ca. 23°C ausgegangen werden kann.

Allerdings kann der Permeationsanstieg durch eine richtige Auswahl der Einzelfolien auch bei höheren Temperaturen auf ein Minimum kompensiert werden, Bild 2.

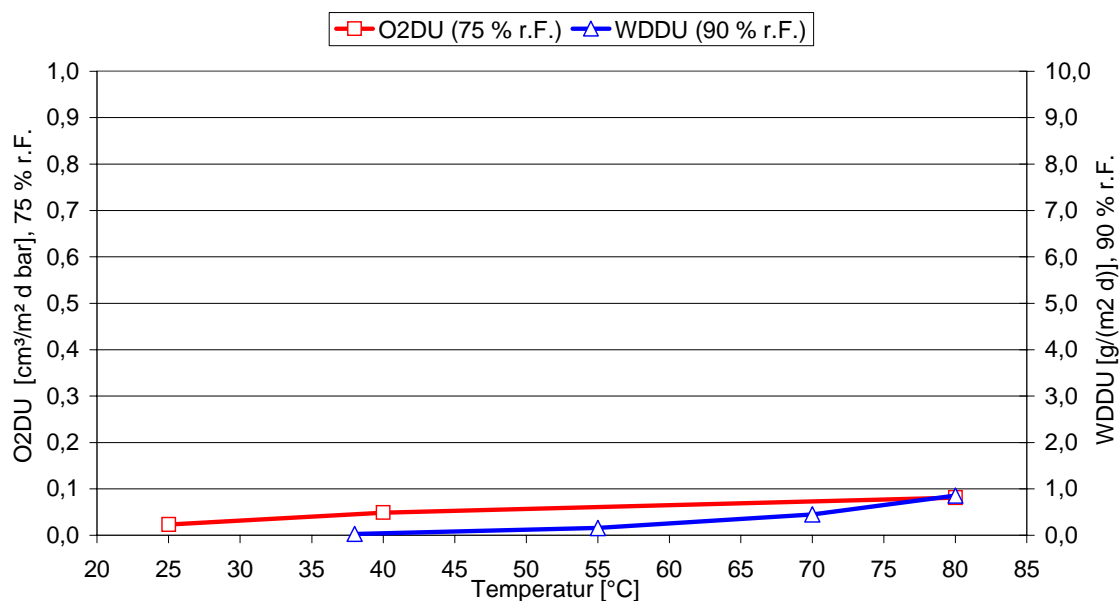


Bild 2: Optimierte Barrierefolien für den Baubereich: Covexx BE M DL 165 B2

Eine Hürde bei der Weiterentwicklung von Barrierefolien stellt ohne Frage die Messung der Durchlässigkeiten dar. Sowohl die Messung der Wasserdampfdurchlässigkeit als auch die der Sauerstoffdurchlässigkeit ist ein sehr zeitintensiver Prozess (mehrere Tage pro Temperaturpunkt) welche zudem ein hohes Maß an Erfahrung verlangt. So ist z.B. zu beachten, dass die Probe entsprechend der Anwendung eingespannt wird. Bei den VIP-Folien heißt dies, dass außen Umgebungsdruck (ca. 1 bar) und die entsprechende Feuchte angelegt wird. Dies klingt zwar banal, ist aber entscheidend bei der Messung und kann dass Ergebnisse entscheidend beeinflussen. Des Weiteren, sind die heutigen gängigen Geräte an Ihrer Messgrenze angelangt.

1.1 Mechanische Eigenschaften

Bei den mechanischen Eigenschaften ist, neben einer guten Verbundhaftung der einzelnen Lagen, eine saubere Siegelung notwendig. Hierbei spielt zum einen die Erfahrung des Verarbeiters eine entscheidende Rolle und zum anderen die Auswahl der Siegelschicht. Da bei den meisten VIPs der Kern aus gepresster pyrogener Kieselsäure besteht, die staubig ist, muss zu jedem Zeitpunkt gewährleistet sein, dass sich keine Körner in der Siegelnaht befinden. Andernfalls könnte an dieser Stelle eine erhöhte Permeation eintreten, die evtl. erst nach mehreren Tagen oder Wochen sichtbar ist. Allerdings sollte die Siegelschicht auch in einem breitem Temperatur/Druck und Zeit-Fenster siegelfähig sein.

Eine weitere notwendige Eigenschaft, ist die Erzielung einer ausreichenden Durchstoßfestigkeit. Hierbei ist aber zu beachten, dass die Messung von außen nach innen durchgeführt werden muss, da eine Schädigung der Folie primär von außen eintritt, wie z.B. durch Kratzer oder Stöße.

1.2 Baustoffklasse B2

Ein sehr entscheidender Unterschied im Anforderungskatalog für Hoch-Barrierefolien im Bauwesen im Gegensatz zum Einbau in einem Kühlschrank ist die Erfüllung der Baustoffklasse B2 nach DIN 4102 [NN98]. Hierbei ist zu beachten, dass nicht die Barrierefolie alleine geprüft wird, sondern das komplette VIP. Würde die Barrierefolie alleine geprüft werden, so stellt die Erfüllung der Baustoffklasse B2 keine allzu schwierige Aufgabe dar. Wird aber das komplette VIP geprüft, so liegen andere Randbedingungen vor. Durch die Tatsache, dass der Kern des VIPs ein schlechter Wärmeleitträger ist, wird die entstandene Hitze nicht abgeführt und bleibt lokal an der Stelle vorhanden. Hierdurch erfährt die Folie eine unweit höhere thermische Beanspruchung im Vergleich zu einer Prüfung ohne Stützkörper.

Die Prüfung eines VIPs gestaltet sich vereinfacht gesprochen so, dass eine definierte Flammengröße auf die sensibelste Stelle (Kantenbeflammung) bei einem VIP gerichtet wird. Diese Flamme wird 15 Sekunden auf das VIP gerichtet und in den darauf folgenden 20 Sekunden, darf die Flammenspitze eine definierte Höhe nicht überschreiten.

Im Zuge von zahlreichen Versuchsreihen, hat die Firma Wipak eine Folie entwickelt, die die Anforderungen der Baustoffklasse B2 nach DIN 4102 erfüllt (Covexx BE M DL 165 B2). Hierbei wurden keine Kompromisse zu den weiteren geforderten Eigenschaften wie Durchlässigkeiten und Lebensdauer gemacht. Es handelt sich vielmehr um eine Weiterentwicklung einer bis dato schon erfolgreichen Hochbarrierefolie mit dem ad on der Erfüllung der Baustoffklasse B2.

1.3 Alkalische / Säurehaltige Umgebung

Da im Baubereich auch stark alkalischen Umgebungen vorhanden sein können, muss dies bei der Betrachtung berücksichtigt werden. So weist Zement einen ph-Wert von 14 auf. In diesem Zusammenhang ist der kritische Punkt an der Naht/Schnittkante der Folie zu sehen. Hier kann durch ein Penetrieren des Zements in den Schnittbereich eine Auflösung der metallisierten Schicht erfolgen, dies würde eine Delamination der Folie nach sich ziehen und somit einen verfrühten Ausfall bedeuten. Dies kann durch ein einfaches Umkleben der Schnittkanten vermieden werden, wobei erste Einbauten den Erfolg dieser einfachen Möglichkeit aufgezeigt haben.

Wichtig ist zudem auch die Kompatibilität mit sonstigen Baumaterialien (Klebern, Putz, ...). Also auch die Fragestellung wie wird das VIP befestigt. Dies sind im Moment noch Fälle, die durch eine intensive Kommunikation zwischen Anwender, VIP-Produzent und Folien-Lieferant abgestimmt werden müssen.

1.4 Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit des VIPs wird neben dem Kern auch entscheidend durch die Folie bestimmt. Hierbei gibt es unterschiedliche Folienkonzepte:

- Barrierefolien die eine konkrete Aluminiumschicht enthalten
- Barrierefolien auf reiner polymerer Basis
- Barrierefolien auf metallisierte oder beschichtete mehrlagige Verbundsysteme

- In sehr wenigen Anwendungsfälle auch Hybridsysteme

Barrierefolien mit Aluminium enthalten wie der Name schon sagt immer eine Aluminiumfolie im Kern der Folie. Diese Aluminiumfolie ist zwischen $5\mu\text{m}$ und $25\mu\text{m}$ dick, typischerweise zwischen $7\mu\text{m}$ und $12\mu\text{m}$. Somit liegt hier der Nachteil der hohen inhärenten thermischen Leitfähigkeit des Aluminiums vor, die einen Teil der durch die VIP erzielten Isolationseigenschaften wieder verbraucht. Bei einer metallisierten Barrierefolie liegen mehrere einzelne (bis zu drei) metallisierte Folien vor, hierbei beträgt die Gesamtstärke der metallisierten Schicht ca. 100-300 nm. Durch diese dünnen metallisierten Schichten wird eine ausreichende Barriere erzielt und somit stellen metallisierte Folien die am häufigsten eingesetzten Folien im VIP-Bereich dar.

Barrierefolien auf rein polymerer Basis, haben zwar den Vorteil, dass sie zum Teil tiefziehfähig sind und eine optische Transparenz aufweisen, allerdings liegen die Nachteile in den hohen Dicken der Folien um die notwendige Barriere zu erzielen und in dem starken Anstieg der Permeation bei erhöhter Temperatur und Luftfeuchtigkeit.

1.5 Aufbau der Folien

Der prinzipielle strukturelle Aufbau der Folien, hat sich in den letzten Jahren nicht verändert und kann in der entsprechenden Literatur entnommen werden [Ja03, Br02]. Egal ob die funktionale Barrierschicht nun eine Aluminiumfolie, metallisierte Folie(n) oder eine polymere Folie(n) ist, so kann der Aufbau vereinfacht wie folgt dargelegt werden. Nach außen liegt ein Substrat, welches für die Anbindung an die Umgebung verantwortlich ist. Dies kann u.a. sowohl Polyester, Polypropylen oder auch Polyethylen sein, wobei hierbei die Randbedingungen sehr entscheidend sind. Als Siegelschicht dient in der Regel ein Polyethylen mit den Anforderungen wie zuvor beschrieben.

1.6 Fertigung

Die Fertigung von Hochbarrierefolien verlangt ein hohes Maß an technischem Know-how. So dürfen die metallisierten Folien bei der Kaschierung auf der einen Seite einer nicht zu hohen Dehnung unterworfen werden, aber auf der anderen Seite muss die Bahnspannung so hoch gewählt werden, dass ein faltenfreies Aufwickeln realisiert wird. Allerdings kann nicht geleugnet werden, dass zwangsläufig bei jeder Kaschierstufe eine Schädigung der Folie eintritt. Wäre dies nicht der Fall, so würde sich die Gesamtpermeation der Verbundfolie durch eine einfache Addition der Einzelpermeationraten ergeben. Somit könnte in Anlehnung einer Reihenschaltung aus der Elektrotechnik die Gesamtpermeation berechnet werden.

Die heutigen Hochbarrierefolien für VIPs stellen die Premiumklasse bei den Verbundfolien dar, da die Anforderungen sehr komplex sind. All dies führt dazu, dass es nicht die eine VIP-Folie gibt. Es muss vielmehr genau auf die Anforderungen geschaut werden. Die Firma Wipak Walsrode bietet hierbei anwendungsspezifische Hochbarriere-Folien an, die teilweise schon jahrelang in entsprechenden Bereichen ihre Anwendung finden (Tabelle 1). Allerdings ist, wie bei fast jeder technischen Anwendung, im Bereich der Hochbarriere-Folien vor dem Einsatz ein genaues Anforderungsprofil zu definieren.

Tabelle 1: Auflistung der Hoch-Barriere-Folien von Wipak Walsrode

| COVEXX | Eigenschaften | Siegelung | WVTR [g / m ² d] (38 °C, 90 % r.F.) | OTR [cm ³ / m ² bar d] (23 °C, 0 % r.F.) |
|-------------------------------|--|-----------|---|---|
| BE M DL 105 | Langlebige VIPs z.B. Kühlschrank | a/a | 0,05 | 0,01 |
| BE M DL 110 | Kurzlebige VIPs z.B. Kühlboxen | a/b | 0,07 | 0,05 |
| 1.6.1.1 <i>BE M DL 165</i> | Langlebige VIPs z.B. Haus-Isolierung | a/b | 0,03 | 0,01 |
| 1.6.1.2 <i>BE M DL 165 B2</i> | Langlebige VIPs, Erfüllung der Baustoffklasse B2 z.B. Haus-Isolierung | a/b | 0,04 | 0,01 |
| 1.6.1.3 <i>BE M DL 165 S</i> | Langlebige VIPs, hohe Temperaturstabilität | a/b | 0,03 | 0,01 |
| 1.6.1.4 <i>BE M DL 135 I</i> | Langlebige VIPs, Hohe Anbindung zu EPS-Schaum | a/a | 0,04 | 0,01 |
| 1.6.1.5 <i>AL P 85</i> | Folien mit einer Barrierschicht aus Aluminium z.B.: VIPs in denen der Randeffect eine untergeordnete Rolle spielt | a/a | n.m. | n.m. |

n.m.: nicht messbar, a: VIP Innere-Seite, b: VIP Äußere-Seite

5 Zusammenfassung

Im Bereich der Hoch-Barrierefolien für VIPs konnten in den letzten Jahren entscheidende Schritte gemacht werden. So wurden durch eine kontinuierliche Weiterentwicklung die Durchlässigkeiten auch bei höheren Temperaturen entschieden gesenkt und es konnten neue Anwendungsfelder erschlossen werden. Durch das erfüllen wichtiger gesetzlicher Vorschriften (Baustoffklasse B2 nach DIN 4102) ist ein weiterer entscheidender Schritt getätigt worden um VIPs auch im Baubereich zu etablieren. Allerdings bedarf es nun auch einer Implementierung dieser neuen VIP-Folien in den entsprechenden Anwendungsgebieten.

Die Firma Wipak Walsrode hat auf dem Gebiet der Hochbarriere-Folien ein hohes Maß an Wissen, welches auf Grund der jahrelangen Erfahrung in diesem Gebiet aufgebaut wurde. Auch in Zukunft wird sich Wipak Walsrode mit der Herstellung und Weiterentwicklung von Barrierefolien für Hochisolationswerkstoffe beschäftigen. Denn die bis dato installierten VIPs machen Mut für die Zukunft und stellen mit Sicherheit ein innovatives und gleichzeitig interessantes Dämmmaterial da.

6 Literatur

- [Br02] Brandt, R.; Vakuum-Isolations-Paneele eine anspruchsvolle Anwendung für Sperrschichtfolien?, SKZ-Fachtagung, Würzburg, 24.-25. September 2002
- [Ja03] Jacobsen, S.; Hochbarrierefolien für Vakuum-Isolationspaneele - eine Übersicht - Vip-Bau 2003, 1. Fachtagung Rostock-Warnemünde, 10.-11. Juli 2003
- [Mo05] N.N.; 9th International Mocon Seminar – New Developments in Gas and Water Vapor Permeation Testing, 15.03.2005, Koblenz
- [NN98] N.N.; Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Teil 1: Baustoffe – Begriffe, Anforderungen und Prüfungen, DIN 4102-1, Beuth Verlag, Berlin

Dr.-Ing. Dirk Kaczmarek

Wipak Walsrode GmbH & Co. KG

Postfach 1661

29656 Walsrode

Tel.: 05161/44-2661

Fax: 05161/44-142661

E-Mail: dirk.kaczmarek@wipak.com

Internet: <http://www.wipak.com>