

E 12044
24. Jahrgang · September 2013

5-2013

Flexo+Tief Druck

Internationale technische
Fachzeitschrift für
Flexo- und Verpackungs-Tiefdruck



Prüfen und Bewerten von Folienverpackungen

Dipl.-Ing. KARSTEN SCHRÖDER

Es muß erst alles dicht sein, bevor man Permeation messen kann«, so Dr. HORST-CHRISTIAN LANGOWSKI vom Fraunhofer IVV in Freising/D. Die Permeationsmessung kommt in der Regel erst dann zum Einsatz, wenn die üblichen Dichtheitsprüfmethoden bei Folienverpackungen keinen Gas-/Flüssigkeitsaustausch mehr nachweisen. Zur Verdeutlichung dieses Sachverhalts ein Praxisbeispiel:

Viele Konsumenten prüfen vor dem Kauf im Supermarkt die Dichtigkeit einer Vakuumverpackung mit gemahlenem Kaffee, indem sie versuchen, die »harte« Kaffeeverpackung mit ihren Fingern zusammenzudrücken. Normalerweise gelingt das nicht, weil in der Verpackung ein Unterdruck von 500 mbar herrscht. Zudem besteht die Kaffeeverpackung aus einer Hochbarriere-Verbundfolie mit einer Aluminiumschicht als Gasbarriere. Meßtechnisch ist kein Gasaustritt festzustellen und damit ist die Verpackung dicht bzw. »hart«. Dennoch kommt es vor, daß die Kaffeeverpackung »weich« ist. Ursachen hierfür können eine undichte Siegelnaht oder Mikrostiche in der Verpackung sein, die nur durch eine Permeationsmessung festgestellt werden können.

Permeationsmessungen sind um ein Vielfaches sensibler bzw. genauer als Dichtheitsprüfungen. Diese Prüfmethode beschäftigt sich mit dem Gasaustausch durch ein Material. Dagegen mißt die Dichtheits-

prüfung die Gasströmung, die beispielsweise aus einer beschädigten Verpackung (ein kleines Loch) austritt.

Das ist genau der Grund dafür, warum Dichtheitsprüfungen und nicht Permeationsmessungen zu einer verbesserten Qualität bei den Vakuumverpackungen führten. Mittlerweile kann die Aussage getroffen werden, daß so gut wie alle flexiblen Verpackungen im Supermarktregal dicht sind oder sein sollten. Doch anders verhält es sich bei der Permeation von Verpackungen.

$\text{cm}^3/\text{m}^2 \times \text{d} \times \text{bar}$

Mit dieser sperrigen Einheit wird der Zahlenwert für die Permeation bzw. Gasdurchlässigkeit von Folienverpackung angegeben. Sie gibt an, wieviel Menge an Sauerstoff (cm^3) durch einen Quadratmeter (m^2) Folie pro Tag (d) permeiert (dringt). Differiert der innere und äußere Druck einer Folienverpackung, so muß dieser in bar mit angegeben werden. Dazu ein Beispiel zur Veranschaulichung:

Ein Kubikzentimeter (1 cm^3) entspricht in etwa dem Volumen eines Würfelzuckers. Für eine $12 \mu\text{m}$ dicke PET-Folie beträgt der Permeations-Wert rund $100 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \times \text{d} \times \text{bar}$. Das heißt, »100 Stück Würfelzucker« wandern durch einen Quadratmeter Folie pro Tag (bei gleichen inneren und äußeren Druckverhältnissen). Wird nun diese PET-Folie metallisiert oder mit AlO_x oder SiO_x beschichtet, kann der Permeations-Wert auf »ein Stück Würfelzucker« reduziert werden (Abbildung 1).

Permeationsrate

Die Permeationsrate ist für die Qualitätsbestimmung von Folienverpackungen ein wichtiger Parameter. Das Bestreben eines Gases, durch die Folie zu dringen (permeieren), wird durch den Partialdruckunterschied zwischen der Außen- und

Innenseite einer Folienverpackung bestimmt. Der Sauerstoffanteil in der Umgebungsluft beträgt 21%, der in der Folienverpackung 0%. Daraus ergibt sich bei einem »normalen« Atmosphärendruck von 1000 mbar (= Hekto Pascal [hPa]) eine Differenz von 210 mbar. Das ist der »Antrieb«, mit dem der Sauerstoff versucht in die Folienverpackung einzudringen.

Daraus folgt: Je größer die Differenz des Sauerstoffanteils in der Umgebungsluft zum Sauerstoffanteil im Innern einer Folienverpackung ist, desto größer ist die Permeationsrate. Besitzt die Verpackungsfolie eine gute Sauerstoffbarriere, so ist auch deren Permeationsrate niedrig.

Nun könnte man annehmen, daß eine »intakte« Folienverpackung eine 100%-Barriere gegenüber dem Eindringen oder Austreten von Gasen (z.B. Sauerstoff) bildet. Doch aus folgenden Gründen ist das nicht der Fall: Gase können sich in der Folie – oder genauer an der Folienoberfläche – lösen (Adsorption), die Folie durchwandern (Diffusion) und in eine Atmosphäre (z.B. im Inneren der Folienverpackung) wieder »entlösen« (Desorption).

Werden die normierten Werte (Eigenschaften) unterschiedlicher Verpackungsfolien miteinander verglichen, muß dies unter Angaben gleicher Atmosphärendrucke, Temperaturen und des Gases geschehen (z.B. die Sauerstoffpermeationsrate einer Folie wurde ermittelt bei $23 \text{ }^\circ\text{C}$, 75% rel. Luftfeuchtigkeit und 1000 bar Atmosphärendruck). Dabei gibt die Permeationsrate Auskunft darüber, wie gut die Sperrwirkung (Barriere) einer Folie gegenüber einem bestimmten Gas (z.B. Sauerstoff) ist.

Was gibt die Wasserdampfdurchlässigkeit an?

Die Wasserdampfdurchlässigkeit (WDD) – auch Water Vapour Transmission Rate (WVTR) – bezeichnet die Menge an Wasserdampf, die ein Folienmaterial bzw. eine Folienverpackung durchdringt.

Im Gegensatz zur Sauerstoffdurchlässigkeit (Sauerstoffpermea-

Geschäftsführer Innoform GmbH, Oldenburg/D.

Abbildung 1:
Ein Kubikzentimeter entspricht in etwa dem Volumen eines Würfelzuckers. Für eine $12 \mu\text{m}$ dicke PET-Folie beträgt der Permeations-Wert rund $100 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{bar}$. Das heißt, »100 Stück Würfelzucker« wandern durch einen Quadratmeter Folie pro Tag.



tion), wird die durchdringende (permeierende) Menge nicht als Stoffmenge sondern als Masse (g) angegeben. Daher lautet die Maßeinheit für Folienmaterialien folgendermaßen:

$$\frac{g}{m^2 \times \text{Tag}}$$

Angewendet auf Folienverpackungen lautet die Maßeinheit:

$$\frac{g}{\text{Tag} \times \text{Packung}}$$

Das Meßprinzip ist vergleichbar mit anderen Formen der Permeationsmessung. Das zu messende Medium (Wasserdampf) wird auf nur einer Seite der Probe (Folie oder Verpackung) angeboten. Auf der anderen Seite wird ermittelt, wie viel davon die Probe durchdringt. Ein mögliches Verfahren dafür ist die Trägergasmethode, wie in *Abbildung 2* schematisch dargestellt. Der blau markierte Bereich stellt das Medium zur Einstellung der richtigen Feuchtigkeit (z.B. Salzlösung) dar. Eine weitere Methode ist die gravimetrische Methode, die hier ebenfalls schematisch dargestellt ist (*Abbildung 3*). *Abbildung 4* zeigt, wie im Trägergasverfahren auch ganze Verpackungen hinsichtlich ihrer Permeation überprüft werden können.

Wofür wird die Wasserdampf-Durchlässigkeitsrate benötigt?

In der Praxis findet sich häufig die Aufgabenstellung, bestimmte Füllgüter, wie beispielsweise Feuchttücher, vor dem Austrocknen zu schützen. Andererseits kommt es bei »knackigen« Lebensmitteln wie Keksen oder Chips darauf an, daß nicht zu viel Luftfeuchtigkeit aus der unmittelbaren Umgebung während der Lagerung in die Verpackung eindringt. Speziell bei Kartoffelchips konnte durch die zusätzliche Metallisierung der Verpackung eine Verbesserung der Wasserdampfbarriere erzielt werden, wodurch die Haltbarkeit deutlich gesteigert werden konnte.

Die Maßeinheit für WDD oder WVTR unterscheidet sich hinsichtlich der Sauerstoffdurchlässigkeit im Wesentlichen nur durch die Gewichts-Angabe in der Formel (Gramm) anstatt des Volumens (Kubikzentimeter). Dabei gilt: Je niedri-

ger die Rate, desto weniger Feuchtigkeit dringt durch das Material. Die übergeordnete Aufgabe besteht jedoch immer darin, das abgepackte Füllgut entweder vor dem Austrocknen oder aber vor dem Feuchtwerden zu schützen.

Was ist eine gute Barriere?

Zunächst muß man sich die Frage stellen, über welche Barriereigenschaften muß eine flexible Verpackung eigentlich verfügen? Wird zum Beispiel ein trockenes Lebensmittel verpackt, das gegenüber Sauerstoff unempfindlich ist, so reicht eine Folie mit guter Wasserdampfbarriere oft aus. Es ist somit völlig ausreichend, daß diese Folie eine nur geringe Sauerstoffbarriere besitzt. Für den Einkäufer bedeutet das, er kann die Verpackungsfolie gegebenenfalls günstiger einkaufen, weil für den Zusatznutzen Sauerstoffbarriere nicht bezahlt werden muß.

Und was bedeutet in diesem Zusammenhang eine bessere Barriere? Das zu quantifizieren und abzugrenzen ist äußerst schwierig. *Tabelle 1* soll in dieser Hinsicht mehr Klarheit und Orientierung geben. Dabei werden die in der täglichen Praxis angewandten, sehr allgemein gehaltenen Ausdrücke zur Beschreibung von Barriereigenschaften eindeutig definiert. Auch hier gilt: Je kleiner der Wert, desto besser die Barriere einer Folie.

Nicht nur auf die Folie kommt es an

Zwei Kriterien bestimmen die Barriereigenschaften einer flexiblen Verpackung: Die Permeationsrate der eingesetzten Verpackungsfolie und das Füllgut/Lebensmittel in der Verpackung. Welche Wechselwirkungen zwischen Verpackungsgut und Folienverpackung im Detail ablaufen, wissen selbst oft nicht einmal Experten. Hier können Lagertests Informationen darüber geben, wie sich die Barrierebeständigkeit einer flexiblen Verpackung mit dem Füllgut über einen definierten Zeitraum verändert.

In der Praxis werden für Verpackungsfolien häufig nur die Permeationsraten für Wasserdampf und Sauerstoff angegeben, da mit die-

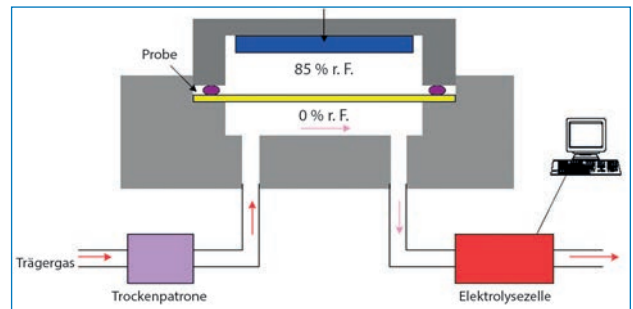


Abbildung 2: Elektrolytisches Meßverfahren (Quelle: Fraunhofer IVV, Freising).

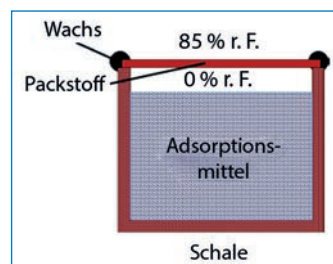


Abbildung 3: Gravimetrisches Meßverfahren (Quelle: Fraunhofer IVV, Freising).

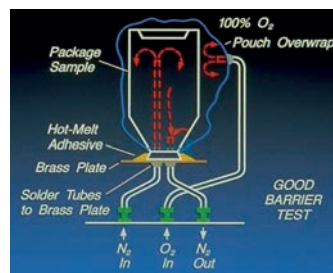


Abbildung 4: Fertigpackungsmessung hinsichtlich Permeation (Quelle: Fa. Lippke).

auf, kann man auch im Allgemeinen von einer guten Folie mit guten Barriereigenschaften sprechen. Das heißt aber nicht, daß eine Barriere gegen Licht oder andere Gase (z.B. Stickstoff) unbedingt vorhanden sein muß (*Tabelle 2*).

Tabelle 1 (unten): Richtwerte für die Barriere von Folien.

Allgemeiner Ausdruck	Licht (opt. Dichte)	O ₂ [cm ³ /m ² xdxbar] (23 °C/75% r.F.)	H ₂ O-Dampf [g/m ² xdxbar] (23 °C/85% r.F.)
Niedrig	< 2,0	> 10	> 5,0
Mittel	2,0-2,8	1,0-10	0,5-5
Hoch	> 2,8	< 1,0	< 0,5
Ultra-Hoch		< 0,1	< 0,1

Tabelle 2 (ganz unten): Wasserdampf- und Sauerstoffdurchlässigkeit von Folienmaterialien (Quelle: www.innoformtestservice.de/tpages/tools/permeation.php).

Material	Sauerstoffdurchlässigkeit [ml/m ² d ² bar] (23 °C/85% relative Feuchte auf 0% relative Feuchte)	Wasserdampfdurchlässigkeit [g/m ² d ² bar] (23 °C/85% relative Feuchte auf 0% relative Feuchte)
PP-BO 20 µm	1200	1,3
PP-BO 12 µm	2000	2,1
PET-BO 12 µm	100	15
PA-BO 12 µm	42	11700