

Kunststoff-Folien

Joachim Nentwig

Herstellung - Eigenschaften - Anwendung

ISBN 3-446-40390-6

Leseprobe

Weitere Informationen oder Bestellungen unter
<http://www.hanser.de/3-446-40390-6> sowie im Buchhandel

2 Kunststoff-Folien, Grundbegriffe

Eine Folie (oder ein Film) ist ein dünnes, flächiges Material, das bei Herstellung, Verarbeitung und Anwendung meist in Form von Folienrollen vorliegt. Folien sind mehr oder weniger flexibel. Ihre Flexibilität ist in hohem Maße von der Dicke der Folienbahn, aber auch von der Art des eingesetzten Rohstoffs abhängig. Bei sehr steifen Produkten spricht man eher von Platten. Die Übergänge sind jedoch fließend und nicht klar definiert. Ein weiches, flexibles Material größerer Dicke wird eher als Folie angesehen werden als ein dünnes, aber sprödes Produkt. Die Dicken der Folien liegen zwischen etwa 2 und 500 μm . Bei noch dünneren Folien spricht man von Membranen. Folien können transparent oder undurchsichtig sein. Man unterscheidet Solo- und Verbundfolien, Kunststoff- und Metallfolien.

Die wirtschaftliche Bedeutung der Kunststoff-Folien ist seit den 50er Jahren enorm gewachsen. Heute hat sich dieses Wachstum verlangsamt. Trotzdem haben Folien auch jetzt noch sehr gute Entwicklungsmöglichkeiten. Sie sind sehr häufig die rationellste und auch in ökologischer Hinsicht vorteilhafteste Problemlösung für Verpackungsfragen und technische Probleme.

Kunststoff-Folien finden eine wichtige Ergänzung durch Aluminiumfolien, mit denen sie häufig auch kombiniert werden (Abschnitt 9.1). Sonderformen von Kunststofffolien führen zu speziellen Anwendungen (Kapitel 9).

In diesem Kapitel werden solche Definitionen und Merkmale der Kunststoff-Folien besprochen, die mehr oder weniger für alle Produkte gelten.

2.1 Solo- und Verbundfolien

Solofolien bestehen aus einem einheitlichen Material. Verbundfolien enthalten unterschiedliche Materialien, sie bestehen aus mehreren verschiedenen Schichten. Wenn Solofolien beschichtet oder lackiert sind, spricht man üblicherweise nicht von Verbundfolien. Folien aus zwei Schichten des gleichen Materials werden als Doppelfolien bezeichnet.

Durch den Aufbau von Verbundfolien gelingt die Kombination verschiedener Eigenschaften der Einzelfolien zu einem Eigenschaftsprofil, das dem jeweiligen Verwendungszweck optimal angepasst ist. Beispiele sind Verbundfolien für die Fleisch- und Fleischwarenverpackung, standfeste sterilisierbare Packungen oder für die medizinische Verpackung. Besonders wichtige Gruppen von Verbundfolien sind Kunststoff-Aluminium-Verbunde, PA/PE-Folien und Sperrschichtfolien. Die Kombinationsmöglichkeiten sind außerordentlich vielfältig.

Zur Herstellung von Verbundfolien werden die Kaschierung, die Extrusionsbeschichtung und vor allem die Coextrusion angewendet.

2.2 Doppelfolien

Doppelfolien sind aus zwei Schichten des gleichen Ausgangsmaterials aufgebaut. Sie stehen also zwischen den Solofolien mit einer einheitlichen Schicht und den Verbundfolien aus mehreren Schichten verschiedener Materialien.

Es ist falsch, Doppelfolien als Produkte aus zwei identischen Kunststoffschichten zu bezeichnen. Die beiden eingesetzten Kunststoffe sind identisch, eine Identität zweier Solofolien über die gesamte Folienbahn (vgl. Abschnitt 2.4) ist jedoch höchst unwahrscheinlich.

Neben der Erzeugung größerer Foliendicken ist ein wesentlicher Grund für die Herstellung von Doppelfolien gerade der Ausgleich von Unregelmäßigkeiten in den Folienbahnen aus identischen Rohstoffen. So werden durch das Zusammenfügen von zwei Folienbahnen Mikroporen ausgeschaltet und eine gleichmäßigere Verteilung der mechanischen Eigenschaften über die Folienbahn erreicht. Ähnliches gilt auch für Doppelfolien aus Aluminium.

Wenn zwei längsgereckte Polyethylen- oder Polypropylenfolien so miteinander kombiniert werden, dass die Streckrichtungen im Endprodukt einen Winkel von 90° bilden, werden so genannte XF-Folien mit sehr guten mechanischen Eigenschaften in Längs- und Querrichtung bei minimalem Materialeinsatz erhalten. Diese nach dem Prinzip der Sperrholzherstellung erhaltenen Produkte sollte man eigentlich als Verbundfolien bezeichnen.

Eine Variante der Doppelfolienherstellung ist die Coextrusion von zwei Schichten eines Thermoplasten an Stelle einer einzigen dickeren Schicht. Auch hier gelingt eine Optimierung der Eigenschaften.

2.3 Folienherstellung, Folienverarbeitung

In der Folientechnologie unterscheidet man zwischen Folienherstellung und Folienverarbeitung. Bei der Folienherstellung werden Rohstoffe, vor allem thermoplastische Kunststoffe und Aluminium, zum Halbzeug Folie umgeformt. Die Entscheidung für das eine oder andere Verfahren ergibt sich primär aus den Eigenschaften der Ausgangsmaterialien. Selbstverständlich beeinflussen auch die Anforderungen an die Folieneigenschaften die Wahl des Herstellungsverfahrens.

Die thermoplastische Verarbeitung (Abschnitt 3.2) ist das mit Abstand wichtigste Verfahren zur Herstellung von Kunststofffolien. Sie erfolgt durch Kalandrieren oder Extrudieren. Abhängig vom angeschlossenen Werkzeug unterscheidet man das Blasfolienverfahren und das Flachfolienverfahren. Extrusion und Coextrusion haben für die Folienherstellung in den letzten Jahren steigende Bedeutung erlangt. Die enorme Vielfalt der angebotenen Thermoplaste und die schnelle Weiterentwicklung der Technologie werden auch in Zukunft die Herstellung von Folien durch thermische Verformung begünstigen.

Beim Gießverfahren (Abschnitt 3.1) erfolgt die Umformung von organischen Polymeren aus Lösungen. Sie wird bei Stoffen angewendet, die nicht oder nur unter Zersetzung schmelzen. Beispiele sind Cellulose oder Polyimide. Da bei der Anwendung von Gießverfahren Lösungsmittel erforderlich sind, die zurückgewonnen werden müssen, ist ihre Ökologie zwangsläufig ungünstiger als bei der thermoplastischen Verformung. In speziellen Fällen, vor allem zur Herstellung von sehr dünnen Folien, werden Gießverfahren trotzdem auch bei Thermoplasten angewendet. Ein wichtiges Beispiel ist die Herstellung von Polycarbonatfolien.

Walzverfahren werden zur Herstellung von Metallfolien, insbesondere von Aluminiumfolien angewendet. Sinterverfahren sind auf spezielle Produkte beschränkt. Beispiele sind Tetrafluorethylenfolien und Polyimidfolien.

Grenzfälle der Folienherstellung sind die Gewinnung von Schaumfolien auf Basis von Polyurethan oder Polyethylen und die Herstellung von Elastomerfolien.

Bei den meisten Verfahren zur Folienherstellung werden die erhaltenen Folienbahnen zu Folienrollen aufgewickelt (Abschnitt 7.1).

Diese reichen mit ihren Eigenschaften in vielen Fällen zum direkten Einsatz beim Anwender aus. So können PE-Blasfolien direkt zur Herstellung von Tragetaschen, Beuteln oder Säcken oder als Landwirtschafts- und Baufolien eingesetzt werden.

In sehr vielen Fällen sind jedoch die geforderten Eigenschaften von Folien nicht bei ihrem Herstellungsprozess zu erreichen: Die Folien müssen weiter verarbeitet werden. Zur Folienverarbeitung werden vielfältige technische Prozesse angewendet, um ihren Einsatz beim Endverbraucher und/oder die gewünschte Funktionalität zu erreichen.

Einfachstes Beispiel ist das Schneiden und Wickeln, wo Rohrollen für die weitere Verwendung konfektioniert werden. Durch Folienverarbeitung werden solche Verbundfolien gewonnen, die nicht in einem Arbeitsgang durch Coextrusion hergestellt werden. Weitere Verarbeitungsverfahren verändern die Folienoberfläche durch Bedampfen, Beschichten, Bedrucken oder Beflocken. Die Oberflächenbehandlung ist in den meisten Fällen in die Folienherstellung integriert. Dies kann natürlich auch bei einfachen Ver-

arbeitsprozessen der Fall sein, z. B. durch Einschaltung eines Druckwerks in ein Verfahren der Folienherstellung. Zur Folienverarbeitung zählt auch die Herstellung von Beuteln, Säcken und Tragetaschen.

Die Unterscheidung von Folienherstellung und -verarbeitung hat mehr als eine formale Bedeutung. Es gibt in der Folienindustrie meist eine Arbeitsteilung. Der integrierte Hersteller und Verarbeiter von Folien ist selten.

2.4 Folienbahn

Das bei der Folienherstellung oder -verarbeitung gebildete endlose Band bezeichnet man als Folienbahn. Diese wird zu Folienrollen aufgewickelt, nur in ganz seltenen Fällen zu Folienbögen geschnitten.

Die Folieneigenschaften sind in Längsrichtung und Querrichtung der Folienbahn meist unterschiedlich. Die Längsrichtung oder Maschinenrichtung ist die Richtung, in der eine Folie beim Produktionsprozess transportiert wird. Die Querrichtung liegt im Winkel von 90° zur Längsrichtung. Im Allgemeinen wird eine isotrope Folienbahn angestrebt, bei der die Eigenschaften in Längs- und Querrichtung gleich sind. Dies ist in der Praxis allerdings kaum vollständig zu erreichen, da die Zug- und Spannungsverhältnisse in den beiden Richtungen meist unterschiedlich sind.

In einigen Fällen strebt man bewusst Anisotropie der Folienbahn an. So werden Folien bei Reckverfahren unterschiedlich oder nur in einer Richtung verstreckt. Beispiele sind Magnetbandfolien (Abschnitt 5.8.2) oder nur in Längsrichtung verstreckte Polyamidfolien (Abschnitt 5.9).

Für die Verarbeitung und Handhabung der Folienrollen ist eine einwandfreie, möglichst gleichmäßige Beschaffenheit der Folienbahn außerordentlich wichtig.

Das Auftreten von Bahnfehlern (Abschnitt 2.6) soll möglichst vermieden werden. Dies gelingt in modernen Produktionsanlagen durch Regeleinrichtungen, welche die Bahnspannung durch Steuermotoren für die Antriebswalzen konstant halten. Bei der Herstellung von Verbundfolien ist die Gefahr des Auftretens von Bahnfehlern höher als bei der Fertigung von Solofolien.

Von besonderer Bedeutung ist die absolute Staubfreiheit einer Folienbahn bei der Herstellung von Fotofolien und Magnetbandfolien. Es wurden hierfür spezielle Folienbahn-Reinigungssysteme (Abschnitt 2.7) entwickelt.

2.5 Folienrolle

Folienrollen sind *die* Anbietersform von Folien bei Herstellung, Transport, Verarbeitung, Anwendung und Lagerung. Ihre einwandfreie Qualität ist deshalb von größter Bedeutung. Fehler in der Folienbahn führen zwangsläufig zu Fehlern in der Folienrolle. Folienrollen entstehen durch Wickeln der Folienbahn auf Papp- oder Metallkerne. Der Wickelprozess ist für die Qualität entscheidend. Er wird als erster Verfahrensschritt bei der Folienverarbeitung behandelt (Abschnitt 7.1). Der fliegende Rollenwechsel, d. h. der Austausch einer vollen Folienrolle durch einen neuen Wickelkern ist bei modernen Anlagen zur Verarbeitung von Folienrollen heute eine Selbstverständlichkeit. Man unterscheidet zwischen Rohrollen, die einer weiteren Verarbeitung zugeführt werden, und Fertig- oder Kundenrollen, die für den Endverbraucher der Folien, z. B. für den Verpackungsbetrieb oder den Beutelhersteller bestimmt sind.

Die Standfestigkeit von Folienrollen hängt sehr stark vom Folienmaterial ab. Folienrollen von einer Breite über 60 cm sollten jedoch unabhängig davon stets waagrecht im Wickelkern aufgehängt, transportiert und gelagert werden. Die verwendeten Gestelle oder Halterungen werden auch im Deutschen meist als „Racks“ bezeichnet. Das Aufstellen der Rollen auf ihre Grundfläche würde zu Verschiebungen innerhalb der Folienrolle und damit schnell zur Unbrauchbarkeit der Produkte führen.

Die Handhabung der Folienrollen am Ende des Produktionsprozesses, zwischen den einzelnen Fertigungsverfahren und beim Versand zum Verbraucher wurde mit der Steigerung der Rollenbreiten und Rollendurchmesser immer schwieriger. Auch die wachsenden Fertigungsgeschwindigkeiten zwingen zu immer weitergehender Automatisierung der Techniken zur Handhabung der Folienrollen.

Der automatische Transport von schweren Folienrollen auf führerlosen Fahrzeugen ist heute in modernen Produktionsanlagen Stand der Technik. Dabei werden die Rohrollen automatisch gewogen, registriert, im Lager eingeordnet und damit für den Wiederabruf zur Verarbeitung bereitgestellt. Wichtige Kenngrößen bei Folienrollen sind Rollenbreite, Gewicht, Außendurchmesser der Rolle, Kerndurchmesser und Lauflänge. Man versteht darunter die auf einer Rolle verfügbare Länge der Folienbahn. Sie ist natürlich stark von der Art der Folie, vor allem von ihrer Dicke, abhängig. Viele Hersteller bieten Folien zur Weiterverarbeitung in standardisierten Lauflängen an. Die Zusammenhänge der einzelnen Kenngrößen zeigt Tabelle 8 am Beispiel von PP-BO. Die Lauflänge L ist in m angegeben.

Tabelle 8: Kenndaten von Folienrollen

Dicke [m]	Einheit	1 L	2 L	3 L	6 L
	Rollenaußendurchmesser	330 mm	500 mm	600 mm	800 mm
	Kerndurchmesser	76 mm	152 mm	152 mm	152 mm
12		6 300	12 600	18 900	37 800
15		5 000	10 000	15 000	30 000
20		3 800	7 600	11 400	22 800
21		3 600	7 200	10 800	21 600
25		3 000	6 000	9 000	18 000
25		3 000	6 000	9 000	18 000
30		2 500	5 000	7 500	15 000
35		2 200	4 400	6 600	13 200
40		1 900	3 800	5 700	11 400

2.6 Bahnfehler

Fehler in der Folienbahn können bei allen Verfahren der Folienherstellung auftreten. Ihre Vermeidung ist für die Weiterverarbeitung der Folien unbedingt wichtig. Schwerwiegende Bahnfehler sind das Auftreten von Stippen, Bahnverlauf, Rollneigung und mangelnde Dickengleichmäßigkeit.

2.6.1 Stippen

Stippen, auch Gelteilchen oder „Fischaugen“ genannt, sind isolierte Verunreinigungen in der Folienbahn, die die Folieneigenschaften sehr negativ beeinflussen. Durch Stippen wird auch die Gefahr von Abrissen der Folienbahn wesentlich erhöht. Das Auftreten von Stippen kann eine Reihe von Ursachen haben:

- Fremdverunreinigungen, z. B. Staub- und Schmutzteilchen, die aus der Umgebung in die Rohstoffe oder beim Herstellungsprozess in die Folie gelangt sind.
- Vernetzte oder besonders hochmolekulare Anteile im eingesetzten Polymeren, die beim Fertigstellungsprozess nicht vollständig schmelzen.
- Durch zu hohe Temperaturbeanspruchung geschädigtes Ausgangsmaterial. Eine solche Schädigung kann im Extruder durch falsche Prozessführung oder durch eine nicht geeignete Rezeptur verursacht sein. Häufig tritt auch die Bildung vernetzter Anteile auf, etwa bei der Rückführung von Thermoplasten oder bei Wiederverwendung von regranulierten Rohstoffen.
- Verschmutzungen am Düsenpalt, z. B. durch Abbauprodukte oder ausgeschiedene Additive.

- Bei Folien, die Füllstoffe enthalten, z. B. bei opaken PP-BO-Folien, kann es durch schlechte Verteilung der anorganischen Füllstoffe zur Stippenbildung kommen. Das gleiche gilt bei Einfärbung durch Pigmente.

Die Vermeidung von Stippen gelingt durch sorgfältiges Arbeiten, das bereits bei der Herstellung der thermoplastischen Kunststoffe beginnen muss.

Die einzelnen Polymere haben unterschiedliche Neigung zur Stippenbildung. Thermisch empfindliche Produkte sind naturgemäß besonders anfällig. Dies gilt z. B. für Polyvinylchlorid, wo es durch falsches Einmischen der Additive oder nicht homogene Verteilung der Rohstoffe zum Auftreten von Stippen kommen kann. Polyamide sind ebenfalls nicht ganz problemlos zu Folien zu verarbeiten. Bei der Herstellung von PE-LLD und PE-LD-Folien wurde PE-LLD nicht zuletzt deshalb bevorzugt, weil es eine geringere Neigung zur Stippenbildung hat.

2.6.2 Bahnverlauf

Die beiden parallelen Kanten einer Folienbahn sollten völlig geradlinig verlaufen. Wenn die Bahn abweichend von dieser Idealform in einer Kurve verläuft, wie das in Bild 14 schematisch und überzeichnet dargestellt ist, führt dies zu Problemen beim Aufwickeln der Folie. Die Beurteilung des Bahnverlaufs erfolgt durch Auslegen von mindestens 10 m einer Folienbahn, visuelle Beurteilung und Vermessung. Eine Abweichung von etwa 100 mm auf 10 m Folienbahn ist für manche Verarbeitungsverfahren schon nicht mehr tolerierbar. Der Bahnverlauf wird durch Fehler in der Fertigungsanlage verursacht, z. B. durch unregelmäßige Bahnspannung, ungleichmäßige Abkühlung oder Erwärmung der Folienbahn oder schlechte Verteilung der Polymerschmelze im Düsenspalt.

2.6.3 Rollneigung

Die Folienbahn soll planar, d. h. in einer Ebene liegen. Sie soll eine einwandfreie Planlage haben. Die Krümmung einer Folienbahn in Querrichtung bezeichnet man als Rollneigung. Dieser in Bild 15 schematisch dargestellte Bahnfehler kann verschiedene Ursachen haben, z. B. ungenügende Dickengleichmäßigkeit oder eingefrorene

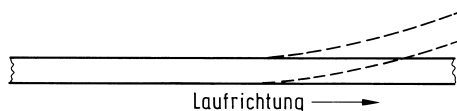


Bild 14: Bahnverlauf



Bild 15: Rollneigung

Tabelle 9: Thermische Längenausdehnungskoeffizienten für Polymere und Aluminium

Material	Thermischer Längenausdehnungskoeffizient [1/K · 10 ⁻⁵]
Polyethylen (PE-HD)	200
Polyethylen (PE-LD)	150
Polypropylen (PP)	110–170
Polyamid (PA)	70–100
Polyvinylchlorid (PVC)	70–80
Styrolpolymerisate (SP)	70–80
Polyphenyloxid (PPO)	60–70
Polyethylenterephthalat (PET)	60
Aluminium (Al)	24

Spannungen der Makromoleküle. Rollneigung tritt sehr häufig bei der Coextrusion auf, wenn Thermoplaste mit sehr unterschiedlichen Längenausdehnungskoeffizienten oder Kunststoffe mit Metallfolien kombiniert werden. Tabelle 9 zeigt die großen Unterschiede zwischen einzelnen Kunststoffen und vor allem zwischen Kunststoffen und Aluminium. Die Rollneigung kann bei Mehrschichtfolien durch einen symmetrischen Aufbau vermieden werden. Weitere Ursachen für eine Rollneigung können schlechte Schichtdickenverteilung oder unterschiedliche Schmelzviskositäten der Rohstoffe, z. B. bei der Herstellung von PA/PE-Folien sein. Bild 16 zeigt den Einfluss einer möglichst

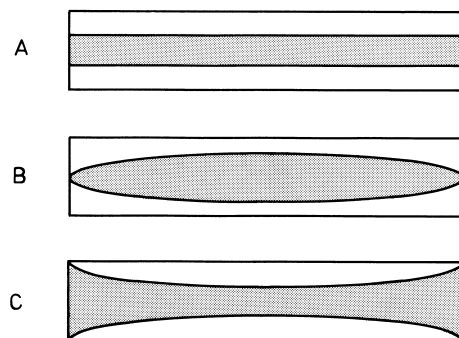


Bild 16: Einfluss der Viskosität auf die Schichtdickenverteilung bei der Herstellung von coextrudierten Flachfolien
 A abgestimmte Viskosität der Produkte, gute Schichtdickenverteilung; B Viskosität des eingebetteten Materials höher als die der Deckschicht; C Viskosität des eingebetteten Materials niedriger als die der Deckschicht

guten Abstimmung der Viskositäten der Einzelkomponenten. Bei A wird durch gute Abstimmung eine sehr gleichmäßige Schichtdickenverteilung erreicht. B zeigt die Folge einer höheren, C die einer niedrigeren Viskosität des eingebetteten Materials.

2.6.4 Dickengleichmäßigkeit

Mangelnde Dickengleichmäßigkeit ist ein Fehler, der die Verarbeitung einer Folienbahn erschweren oder unmöglich machen kann. Dickengleichmäßigkeit der Folien ist ein entscheidendes Qualitätsmerkmal.

Dickenmessgeräte spielen deshalb in der Qualitätskontrolle von Folien eine wichtige Rolle. Ihr Haupteinsatzgebiet ist die on-line-Messung in der laufenden Produktion. Die Dickenmessgeräte traversieren dabei kontinuierlich in Querrichtung zur Folienbahn. Die gemessenen Werte geben ein Dickenprofil über die Breite der Folienbahn wieder.

Bei relativ niedrigen Bahnbreiten kann eine Traverse mit einseitiger Aufhängung eingesetzt werden. Bei größeren Produktionsbreiten ist jedoch ein auf beiden Seiten der Anlage verankerter Traversierrahmen erforderlich. Das Messgerät läuft in diesem Rahmen kontinuierlich in Querrichtung über die Folienbahn. Die Steuerung der Traversierung erfolgt über die Erfassung der Bahnkanten. Als Ergebnis werden bei der Nullpunkt-kontrolle ausgezeichnete Ergebnisse erhalten, wie Bild 17 mit dem Nullprofil eines 12 m langen Traversierrahmens zeigt. Gemessen wurde in diesem Fall das Flächengewicht, exakter gesagt, die Flächenmasse. Diese kann bei einheitlicher Dichte der Folie leicht auf die Dicke umgerechnet werden.

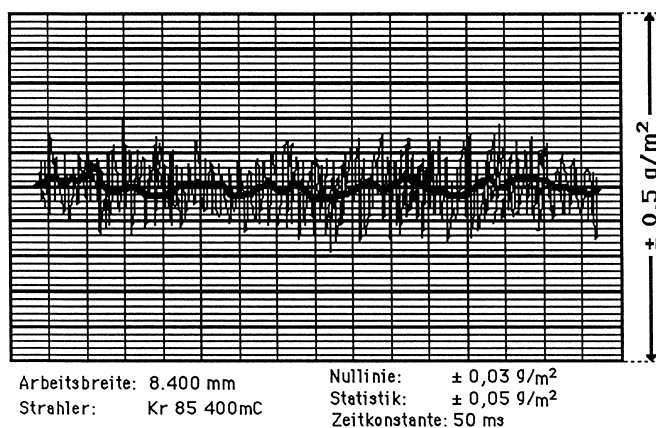


Bild 17: Nullprofil eines Traversierrahmens bei der Dickenmessung

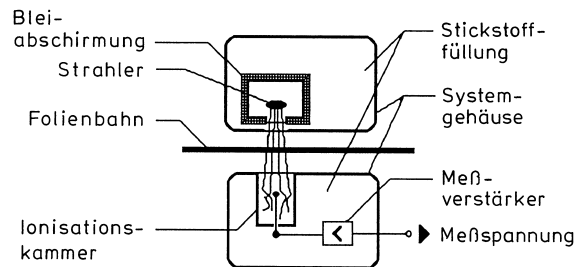


Bild 18: Dickenmessung mit der Betastrahlen-Methode

Zur Dickenmessung stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung.

Die *Betastrahlen-Methode* ist das am häufigsten angewendete Verfahren. Sie führt über die Bestimmung des Flächengewichts zur Ermittlung der Gesamtfoliendicke. Die Energie der Betateilchen wird beim Durchtritt durch die Folie absorbiert. Daneben findet eine Streuung einzelner Teilchen statt, die deshalb den Detektor nicht erreichen. Trotzdem hängen die Messwerte annähernd exponentiell von der Flächenmasse der Folienbahn ab. Das Prinzip der Messanordnung zeigt Bild 18. Die Strahlenquelle befindet sich auf der einen, die Ionisationskammer als Detektor auf der anderen Seite der Folienbahn. Die austretenden Betastrahlen werden durch einen Messverstärker gebündelt. In der mit Argon gefüllten Ionisationskammer werden durch die eintretenden Betateilchen Ionen erzeugt. Die an die Kammer angelegte Spannung bewirkt einen elektrischen Strom. Dieser ist der durchtretenden Betastrahlung proportional. Nach entsprechender, vom System abhängiger Eichung, wird der Messwert auf die Flächenmasse bzw. die Foliendicke umgerechnet.

Bei der *Gammastrahlen-Methode* zeigt die Absorption eine streng exponentielle Abhängigkeit von der Flächenmasse der Folie. Sie hängt außerdem sehr stark vom jeweiligen Material ab. Das Messprinzip entspricht weitgehend der Betastrahlen-Methode, die Auswertung der Messsignale ist unterschiedlich. Strahlenschutz und Sicherheitsmaßnahmen sind bei beiden Verfahren zu beachten.

Die *Infrarot-Messung* nutzt die Tatsache, dass jeder chemische Stoff in diesem Wellenbereich charakteristische Absorptionsmaxima aufweist. Das Messprinzip zeigt Bild 19. Von der Sendeoptik oberhalb der Folienbahn wird durch eine Halogenlampe die Folie mit Licht mit einem kontinuierlichen Linienspektrum durchstrahlt. Die gestreuten und unterschiedlich absorbierten Lichtwellen werden durch ein Rad mit Interferenzfiltern selektiert und in einem Fotodetektor in elektrische Messwerte umgewandelt. Diese werden verstärkt und dem Rechner zugeführt. Die Methode ist nur bei Folien mit Dicken von mindestens 15 bis 20 μm anwendbar.

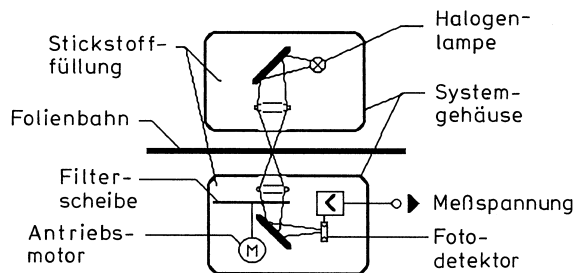


Bild 19: Infrarot-Dickenmessung

Bei der *induktiven* Dickenmessung wird die Foliendicke direkt gemessen. Das Verfahren wird dann angewendet, wenn die Umrechnung des Flächengewichts wegen stark schwankender oder unbekannter Dichte der Folien nicht möglich ist. Das Prinzip zeigt Bild 20. Auf beiden Seiten der Folienbahn befinden sich mechanische Fühler, die direkten Kontakt mit der Folienoberfläche haben. Die Fühler sind in einen elektromagnetischen Schwingkreis integriert. Der aktive Teil des Schwingkreises befindet sich auf der Sensorplatte. Die Resonanzfrequenz wird von der Referenzplatte als passives Element in Abhängigkeit von der Dicke der Folie beeinflusst. Die erhaltenen Frequenzen werden im Rechner in die Foliendicke umgerechnet.

Infolge der wachsenden Bedeutung der Coextrusion hat die selektive Dickenmessung der Einzelschichten von Verbundfolien in letzter Zeit steigende Bedeutung erlangt. Im allgemeinen wird die Infrarot-Messung eingesetzt. Aber auch Kombinationen, bei denen die Gesamtschichtdicke durch Betastrahlung und die Einzelschichtdicke durch Infrarot-Spectren gemessen werden, stellen interessante Problemlösungen dar.

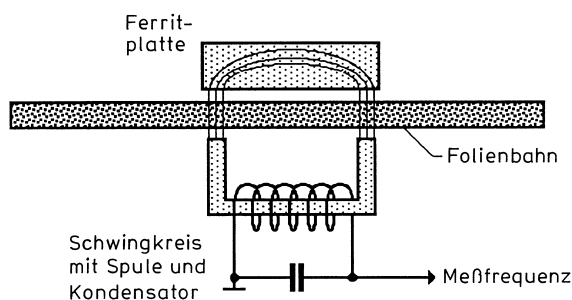


Bild 20: Induktive Dickenmessung