

Merkblätter für die Prüfung von Packmitteln

Herausgegeben von der Industrievereinigung für Lebensmitteltechnologie und Verpackung e.V. (IVLV)



Merkblatt No. 105/2010

Ermittlung des Gleitreibungskoeffizienten von bahnförmigen Flachformgütern unter verarbeitungsrelevanten Bedingungen

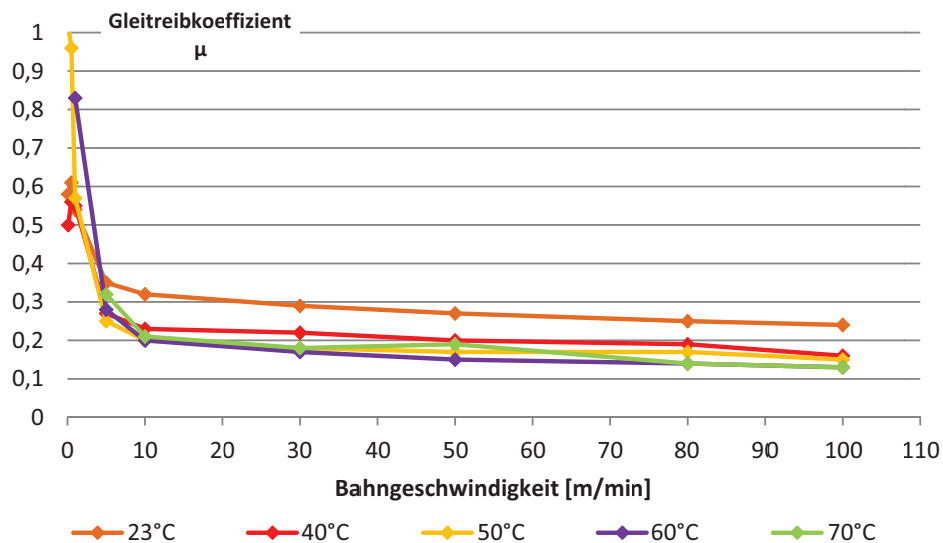


Abbildung 1 Gleitreibungskoeffizienten eines Packstoffes in Abhängigkeit von Geschwindigkeit und Reibkörpertemperatur

Arbeitsgruppe "Abfüllen und Verpacken von Lebensmitteln - AVL", Dezember 2010

Fraunhofer-Anwendungszentrum für Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik, Dresden

1 Zweck und Anwendung

Die Prüfung nach diesem Merkblatt dient der Ermittlung der Gleitreibungskoeffizienten von bahnförmigen Flachformgütern, im Speziellen nichtklebrigen Kunststofffolien und -bahnen (nachfolgend als „Folie“ bezeichnet) mit einer Dicke von bis zu 0,5 mm, beim Gleiten gegeneinander oder gegenüber anderen Materialien und erfolgt in Anlehnung an DIN EN ISO 8295 [2].

Im Rahmen des IVLV-Forschungsvorhabens „Reibverhalten von Folien“ (2009) wurden Bahngeschwindigkeit und Reibkörpertemperatur als wesentliche Einflussfaktoren auf den Reibkoeffizienten von Folien identifiziert. Diese Faktoren werden derzeit nicht als variable Parameter bei der Ermittlung des Reibkoeffizienten für bahnförmige Flachformgüter nach DIN EN ISO 8295 [2] berücksichtigt, haben jedoch maßgeblichen Einfluss auf dessen Betrag.

Das vorliegende Merkblatt legt eine Verfahren zur Bestimmung des Gleitreibungskoeffizienten von Folien in Anlehnung an die DIN EN ISO 8295 [2] jedoch unter Variation von Bahngeschwindigkeit und Reibkörpertemperatur fest.

2 Begriffe

Für die Anwendung dieses Merkblattes gelten die folgenden Begriffe.

2.1 Reibung

Widerstand, den zwei aufeinanderliegende Oberflächen dem Gleiten gegeneinander aufbauen. Es wird zwischen statischer und dynamischer Reibung unterschieden.

2.1.1 Statische Reibung (Haftreibung)

Reibung, die bei Beginn einer Gleitbewegung als Schwellenwert zu überwinden ist

2.1.2 Dynamische Reibung (Gleitreibung)

Reibung, die während einer Gleitbewegung bei einer bestimmten Geschwindigkeit fort dauert

2.1.3 Reibkraft F

Kraft, die notwendig ist, um die Reibung zu überwinden. Man unterscheidet zwischen der statischen Reibkraft F_H (Haftkraft) und der dynamischen Reibkraft F_G (Gleitkraft)

2.1.4 Normalkraft F_N

Kraft, die senkrecht zur Richtung der Gleitbewegung der Folien wirkt

2.2 Reibkoeffizient μ

Quotient aus der Reibkraft zur Normalkraft

2.2.1 Haftreibungskoeffizient μ_H

$$\mu_H = \frac{F_H}{F_N}$$

2.2.2 Gleitreibungskoeffizient μ_G

$$\mu_G = \frac{F_G}{F_N}$$

ANMERKUNG 1

Der Reibkoeffizient von Folien liegt üblicherweise im Bereich zwischen 0,2 und 1.

ANMERKUNG 2

Der Reibkoeffizient ist im Idealfall eine von Prüfgerät und Prüfbedingungen unabhängige Kennzahl. Da sich Folien im Allgemeinen nicht ideal verhalten, sind alle Prüfparameter in diesem Merkblatt bzw. der internationalen Norm DIN EN ISO 8295 [2] festgelegt.

3 Kurzbeschreibung

Die zu prüfenden Oberflächen der Reibpartner werden plan und mit gleichmäßigem Kontaktdruck aufeinander gelegt. Aufgezeichnet wird die Kraft, die notwendig ist, um die Reibpartner gegeneinander zu verschieben.

4 Prüfgerät

Das Prüfgerät ist, bis auf die im Folgenden angeführten Ausnahmen, gemäß DIN EN ISO 8295 [2] auszuführen.

4.1 Reibkörper

Die Relativgeschwindigkeit zwischen den Proben wird durch die Bewegung der Folie erzielt. Der Reibkörper selbst verharrt in Ruhe und gewährleistet eine Austauschbarkeit der Oberflächen, welche wiederum als Reibpartner dienen. Dabei ist sicher zu stellen, dass verschiedene, im maschinellen Transport potenziell im Kontakt stehende Materialien, als Reibpartner verwendet werden können.

Darüber hinaus soll der Reibkörper so gestaltet sein, dass eine Folienprobe eingespannt und somit eine Prüfung Folie gegen Folie durchgeführt werden kann.

Für den Reibkörper selbst ist eine Temperierung vorzusehen. Hierfür sind Heizelemente so anzuordnen, dass sich eine definierte Temperatur sowie deren homogene Verteilung im Bereich der Prüffläche einstellen. Bei bewegter Bahn ist eine konstante Temperatur im Bereich von $23-100^{\circ}\text{C} \pm 2\text{K}$ zu realisieren.

4.2 Relativgeschwindigkeit

Der Aufbau des Prüfgeräts gewährleistet das Realisieren einer Relativgeschwindigkeit zwischen den Reibpartnern. Hierbei besteht die Möglichkeit der Bewegung des Reibkörpers oder der Bewegung der zu prüfenden Bahn. Das vorliegende Merkblatt bezieht sich ausschließlich auf eine Prüfung mit bewegter Bahn.

Um ein verarbeitungsrelevantes Geschwindigkeitsspektrum abdecken zu können, sind Differenzgeschwindigkeiten im Bereich von 0,1-100m/min $\pm 0,1$ m/min zu gewährleisten.

Dabei ist eine vibrationsarme Bewegung sicherzustellen.

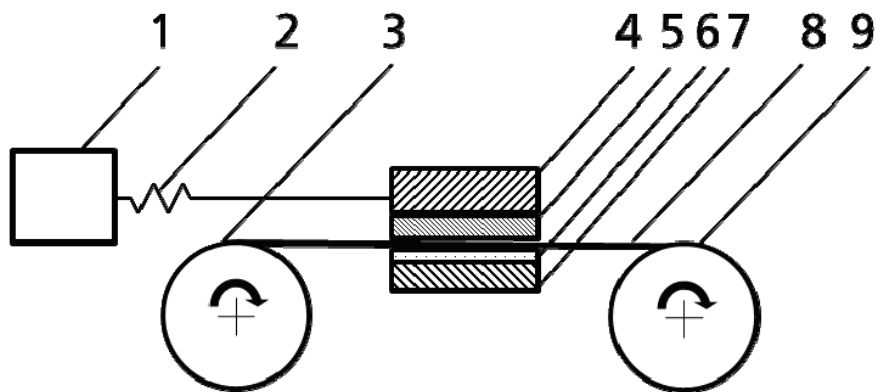


Abbildung 1 Schematischer Versuchsaufbau

1-Kraftmesssensor, 2-Feder, 3-Folienwickel (Abwickler), 4-Reibkörper, 5-Probe, 6-Filzauflage, 7-Gegenhalter, 8-Folienbahn, 9-Folienwickel (Aufwickler)

5 Probe

Für jede Messung ist eine Folienbahn als Wickel sowie eine Probe des Reibpartners vorzuhalten. Die Probe kann entweder ein Stück der Folie (Probefolie) oder ein dem Maschinenbauteil adäquates Material (Probekörper) darstellen. Entsprechend der Gestaltung des Reibkörpers muss die Probe eine Mindestprüffläche von 63 mm x 63 mm aufweisen und am Reibkörper fixiert werden.

Es sind mindestens drei Probenpaare zu prüfen. Dabei ist die Prüfung in verschiedenen Bereichen der Bahn (linker Rand, Mitte, rechter Rand) durchzuführen. Bei einer Prüfung, bei der eine Folie als Reibpartner verwendet wird, sind die Proben über die Folienbreite bzw. im Falle von Schlauchfolien über den Umfang gleichmäßig verteilt zu entnehmen.

Gibt es keine anders lautenden Vorgaben, ist die Bewegungsrichtung während der Prüfung parallel zur Herstellrichtung der Folie zu wählen.

Werden für die beiden Oberflächen – Vorderseite (V) und Rückseite (R) – unterschiedliche Reibungseigenschaften erwartet, sind in Abstimmung der beteiligten Parteien die beiden Oberflächen entsprechend zu kennzeichnen und nach dem Schema V/V, R/R und/oder V/R zu prüfen.

Die Proben sind mit größter Sorgfalt zu handhaben. Eine Beeinflussung der Oberflächen durch Staub, Fingerabdrücke, Fremdstoffe oder mechanische Schädigung, wie z.B. Kratzer, Knicke, ist durch entsprechende Behandlung der Proben auszuschließen.

ANMERKUNG 3

Die Prüfung von drei Paar Proben stellt die Mindestanzahl zur Abschätzung des statistischen Toleranzintervalls dar. Abhängig von der vorgesehenen Präzision und der Homogenität des zu prüfenden Materials darf die Anzahl der geprüften Proben erhöht werden. Als Leitlinie hierzu dient ISO 2602 [4].

6 Konditionierung

Wurden zwischen den Parteien keine anderslautenden Vereinbarungen getroffen, sind die Proben gemäß DIN EN ISO 291 [3] vor der Prüfung mindestens 16 h im Normalklima 23/50 zu lagern.

7 Durchführung

Die folgende Anleitung bezieht sich auf eine Prüfgeräteeinrichtung entsprechend Abbildung 1. Bei Verwendung einer anderen gleichwertigen Apparatur ist den Gegebenheiten entsprechend vorzugehen. Die Prüfung ist unter den in 6 benannten klimatischen Bedingungen durchzuführen.

7.1 Messung - Allgemeines

Die Folienbahn (8) ist entsprechend Abbildung 1 durch den Messaufbau zu führen. Dabei ist zu beachten, dass die Bahn im Bereich der Kontaktstelle zum Reibkörper (4) horizontal ausgerichtet ist. Ein Einsinken des Reibkörpers wird durch das Auflegen auf die Gegenhalter (7) mit Filzauflage (6) verhindert. Faltenbildung ist durch das Aufbringen einer ausreichend hohen Bahnkraft vorzubeugen. Der Reibkörper (4) ist mittels einer Feder (2) mit dem Kraftmesssensor (1) zu verbinden und auf der sich mit der vorgegebenen Geschwindigkeit bewegend Folienbahn zu positionieren (linker Rand, Mitte, rechter Rand). Die Reibkörpertemperatur ist entsprechend der Prozess-temperatur (Einsatztemperatur) der Folie einzustellen.

Für das Aufnehmen einer Reibwertkennlinie sind jeweils mindestens 3 Messwerte für folgende Geschwindigkeiten zu ermitteln: 0,1 m/min; 1 m/min, 10 m/min, 20 m/min, 50 m/min, 100 m/min. Die Messungen sind mit einer Dauer von je mindestens 1 s mit einer Abtastfrequenz von mindestens 10 Hz durchzuführen. Der arithmetische Mittelwert der so ermittelten Reibwerte ergibt den Reibkoeffizienten für die entsprechende Parameterkonstellation.

ANMERKUNG 4

Eine Erhöhung der Genauigkeit der Reibwerte ist durch Erhöhung der Messdauer, der Abtastfrequenz und/oder der Anzahl geprüfter Proben zu erreichen. Hierbei ist jedoch darauf zu achten, dass eine Erhöhung der Messdauer einen Verschleiß der Reibkörperoberfläche und damit eine Verfälschung des Messergebnisses nach sich ziehen kann.

Durch die Ermittlung von Reibwerten für weitere Geschwindigkeiten kann eine Verbesserung der Genauigkeit der Reibwertkennlinie erreicht werden.

ANMERKUNG 5

Unter bestimmten Voraussetzungen kann es zum Auftreten des s.g. Haftgleit-effekts (Stip-Slick-Effekts) kommen, so dass eine reproduzierbare Ermittlung des Reibkoeffizienten für die jeweilige Parameterkonstellation nicht möglich ist. In diesem Fall tritt i.d.R. bei einer Erhöhung der Geschwindigkeit eine Verringerung des Effekts ein, so dass eine Messwerterfassung möglich ist.

ANMERKUNG 6

Bei mehreren Messungen an derselben Probe muss davon ausgegangen werden, dass ein Abrieb bzw. eine Glättung der Oberfläche stattgefunden hat, wodurch der Reibkoeffizient beeinflusst werden kann. Außerdem ist die Möglichkeit des Übergangs von Gleitmitteln bzw. von Gleitschutzmitteln in Betracht zu ziehen. Von einer Mehrfachverwendung der Folienproben ist daher abzusehen.

ANMERKUNG 7

Die gewählte Reibkörpertemperatur darf nicht zum Aufschmelzen der Folie oder Aneinanderkleben der Reibpartner führen.

7.2 Messung von Folie gegen Folie

Wird als Reibpartner zur bewegten Bahn eine Folienprobe gewählt, ist diese geeignet am Probekörper zu befestigen. Dabei ist sicherzustellen, dass die zu prüfende Fläche nicht beeinflusst wird (z.B. Kratzer, Verunreinigungen).

7.3 Messung von Folie im Kontakt mit Metall oder mit einem anderen Material

Ist das Reibverhalten einer Folie im Kontakt mit einer Metalloberfläche oder mit der Oberfläche eines anderen Materials zu ermitteln, ist die am Reibkörper (4) zu befestigende Probe (5) aus dem betreffenden Material zu fertigen. Hierbei ist ebenfalls zu gewährleisten, dass die zu prüfende Fläche frei von Oberflächenbeeinflussungen ist (z.B. Kratzer, Verunreinigungen).

ANMERKUNG 8

Eine mehrfache Verwendung des Probekörpers ist möglich, sofern dieser keine Beschädigungen an der zu prüfenden Fläche aufweist. Darüber hinaus ist der Probekörper vor jeder Messung mit einem geeigneten Lösungsmittel zu reinigen.

8 Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit der Messergebnisse

Mit demselben Prüfgerät können bei gleichen Prüfparametern und sachgemäßer Bedienung reproduzierbare Messergebnisse erzielt werden.

9 Prüfbericht

Im Prüfbericht sind die folgenden Angaben zu erfassen:

- a) Hinweis auf dieses Merkblatt,
- b) alle zur Identifikation der Folienprobe erforderlichen Informationen sowie das Alter der Folie (soweit bekannt),
- c) Angabe, welche der beiden Oberflächen geprüft wurde,
- d) die Einzel- und Mittelwerte sowie, falls verlangt, die Standardabweichung und die Anzahl der Prüfungen zur Ermittlung des dynamischen Reibkoeffizienten;
- e) falls Messungen von Folien im Kontakt mit anderen Materialien durchgeführt wurden, eine genaue Beschreibung dieser Materialien und ihrer Oberflächen,
- f) alle Abweichungen von diesem Merkblatt,
- g) Erläuterungen zum Prüfaufbau (Skizze),
- h) Prüfer, Prüfdatum.

10 Literatur

- [1] Bleisch, G.; Goldhahn, H.; Schricker, G.; Vogt, H.: Lexikon Verpackungstechnik, Behr's Verlag 2002
- [2] DIN EN ISO 8295: Kunststoffe - Folien und Bahnen - Bestimmung der Reibungskoeffizienten; Beuth Verlag, Berlin, Oktober 2004
- [3] DIN EN ISO 291: Kunststoffe - Normklimata für Konditionierung und Prüfung; Beuth Verlag, Berlin, August 2008
- [4] ISO 2602: Statistische Auswertung von Prüfergebnissen; Schätzung des Erwartungswertes; Konfidenzintervall; Beuth Verlag, Berlin, Februar 1980
- [5] Claus, R.: Abschlussbericht zum IVLV-Gemeinschaftsforschungsthema "Reibverhalten von Folien - Entwicklung eines Reibungsmessgerätes", Januar 2010

Autor:

Dipl.-Ing. Ronald Claus

Fraunhofer-Anwendungszentrum für Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik