

# Anforderungen an Packstoffe aus mikro-biologischer Sicht

## Microbiological demands on packaging materials

Dr. Gerhard Cerny\*

Eine wichtige Schutzfunktion der Lebensmittelverpackung ist der Schutz vor mikrobiellem Verderb. Diese Aufgabe kann die Lebensmittelverpackung aber nur erfüllen, wenn sie selbst gewissen Anforderungen aus mikrobiologischer Sicht genügt, ansonsten begünstigt sie im Gegenteil den Verderb des Füllgutes.

Packstoffe, welche mit Lebensmitteln in unmittelbare Berührung kommen, sind als Bedarfsgegenstände im Sinne des Lebensmittel- und Bedarfsgegenstandesgesetzes (LMBG) anzusehen. Sie dürfen demnach durch ihre Bestandteile und Verunreinigungen bei bestimmungsgemäßen Gebrauch die Gesundheit des Menschen nicht gefährden. Dies beinhaltet, daß Packstoffe für ihren Einsatz als Lebensmittelverpackung frei von krankheitserregenden Mikroorganismen sein müssen. Außerdem sollten die Packstoffe nicht stärker als vermeidbar verkeimt sein.

Neben der eigentlichen Keimbelastrung der Packstoffe können auch physikalische Eigenschaften der Packstoffe große Auswirkungen auf die mikrobielle Stabilität der abgepackten Lebensmittel haben. Vor allem bei der Vakuum- und Schutzgaspackung spielen die Sperreigenschaften der Packstoffe gegenüber Sauerstoff und/oder den Schutzgasen (CO<sub>2</sub>, Stickstoff) eine wichtige Rolle bei solchen Verderbserregern, die zum Wachstum auf Luftsauerstoff angewiesen sind.

Bezüglich der mikrobiologischen Beurteilung von Packstoffen zur Lebensmittelverpackung muß man unterscheiden zwischen Packstoffen, die nicht mit dem Lebensmittel in direkten Kontakt kommen und solchen Produkten, bei denen eine direkte Berührung zwischen Verpackung und Lebensmittel erfolgt.

Ich komme zunächst auf diejenigen Packstoffe zu sprechen, die nicht mit dem Füllgut in direkten Kontakt kom-

men. Man könnte annehmen, daß in diesem Fall die mikrobiologische Beschaffenheit der Packstoffe keine Rolle spielt, da die Wechselwirkung mit dem Produkt nicht auf den ersten Blick erkennbar ist. Zwei Beispiele:

Beim Transport hüttenfrischer leerer Glasbehälter werden auf den geschrumpften Paletten häufig als Zwischenlagen Wellpappen eingesetzt. Falls diese Wellpappen stark mit Schimmelpilzen belastet sind – insbesondere nach Feuchtwerden – kann es zu einer so massiven Belastung der Glasmündungen mit Schimmelpilzen kommen, so daß trotz Heißabfüllung der Produkte (z.B. Konfitüren) und trotz Dampfbeaufschlagung der Mündung Schadensfälle auftreten können. Aus diesem Grunde sind einige Glashütten dazu übergegangen, Zwischenlagen aus stoßdämpfendem Kunststoffmaterial einzusetzen, die allerdings nach jedem Umlauf gereinigt werden müssen, um ihrer Hygienefunktion gerecht zu werden.

Selbst in Fällen, in denen überhaupt keine Keimübertragung zum Füllgut erfolgt, können stark verkeimte Pappen oder Kartons Probleme bei der Lebensmittelverpackung aufwerfen, und zwar unter sensorischen Gesichtspunkten: Schimmelpilze können organische Verbindungen synthetisieren, die bekanntlich muffig-modrig riechen, bestimmte Bakterienarten – wie die Clostridien – können intensiv riechende Stoffwechselprodukte bilden wie z.B. Schwefelwasserstoff oder Buttersäure. Es dürfte verständlich sein, daß Kartonschachteln, welche die genannten Mikroorganismen in größeren Mengen beinhalten, für das Verpacken geruchsempfindlicher Produkte – wie z.B. Pralinen – denkbar ungeeignet sind.

Wie Sie gesehen haben, muß man mitunter Anforderungen an die mikrobielle Beschaffenheit von Packstoffen selbst dann stellen, wenn diese Packstoffe nicht einmal direkt mit dem Produkt in Kontakt kommen. Dies gilt übrigens auch für Versandschachteln, in denen mikrobiell verderbliche Ware in Stülpedeckelbechern abgepackt transportiert wird, z.B. Feinkostsalate.

Ich komme nun zu den Fällen, in denen der Packstoff mit dem Lebensmittel in unmittelbare Berührung gelangt. Hierbei ist es viel offensichtlicher, daß gewisse mikrobiologische Anforderungen an den Packstoff gestellt werden müssen, um einem Produktverderb entgegenzuwirken.

Ein gutes Demonstrationsobjekt sind Buttereinwickler. Diese kommen bekanntlich mit ihrer Innenfläche in direkten Kontakt mit der Butter. Obwohl nur einige Spezialisten unter den Mikroorganismen imstande sind, Butter zu verderben, ist die Wahrscheinlichkeit, daß dieser Fall eintritt, umso größer, je höher die Oberflächenverkeimung der Buttereinwickler ausfällt. Aus diesem Grund bestehen für Buttereinwickler im Rahmen von DIN-Norm 10 082 Grenzwerte bezüglich deren zulässiger Oberflächenkeimbelastung, die bei 6 Bakterien und Hefen sowie 2 Schimmelpilzen pro 100 cm<sup>2</sup> Packstoffoberfläche liegen.

Lebensmittel, welche durch Schimmelpilze verderben können, wie z. B. Backwaren, Schnittkäse u. dgl., dürfen nur mit solchen Packstoffen verpackt werden, die weitestgehend frei von Schimmelsporen sind, da selbst eine einzige Spore die vom Packstoff auf das Produkt gelangt, zum Auswachsen einer Schimmelkolonie und damit zum Produktverderb führen kann. Kunststoffolien werden häufig mit Stärkemehlen gepudert, damit sie besser auf Rollen gewickelt werden können. Hierbei gilt es zu beachten, daß die Stärkemehle frei von Schimmelpilzkontaminationen sind.

Ganz besonders hohe Anforderungen an die Keimfreiheit wird von solchen Packstoffen gefordert, die mit Lebensmitteln hoher Wasseraktivität, also mit leichtverderblichen Produkten, in Berührung kommen. Diese mikrobiell sehr anfälligen Produkte müssen für eine längere ungekühlte Lagerung nicht nur selbst durch Pasteurisations- bzw. Sterilisationsprozesse thermisch haltbar gemacht werden, sondern es muß zudem sichergestellt sein, daß die Verpackung völlig frei von produktschädlichen Keimen ist.

\* Fraunhofer Institut für Lebensmitteltechnologie und Verpackung, München

Wird das Produkt in der Verpackung erhitzt, so kann man davon ausgehen, daß das Produkt und die Verpackungsinflächen zugleich entkeimt werden, wie dies beim Dosensterilisieren in Dampfautoklaven der Fall ist.

Anders stellt sich die Situation dar, wenn Lebensmittel aseptisch abgefüllt werden, denken Sie an H-Milch, H-Sahne, Fruchtsäfte in Kartonverpackungen.

Hierbei wird das Produkt außerhalb der Verpackung mit Hitze haltbar gemacht unter optimaler Qualitätserhaltung, wobei die Verpackung in einem separaten Schritt im Sekundenbereich sterilisiert werden muß.

Dabei ist der erzielbare Sterilisations-effekt eine Funktion der Keimbela-stung der Packstoffe.

Dies bedeutet, daß zum einen Pack-stoffe, die für das aseptische Abpak-

ken verwendet werden, von Anfang an gering verkeimt sein sollten, d.h. es müssen keimarme Produktionsbedingungen im Packstoffherstellungs-betrieb gefordert werden. Hinzu kommt, daß der Packstoff bezüglich der angewandten Sterilisierverfahren genügend beständig ist, d.h. bei ter-mischen Verfahren genügend hitzere-sistent ist, bei Bestrahlung mit ener-giereichen Strahlen sich nicht zersetzt und Produkte freisetzt, die ins Lebens-mittel migrieren können.

## Anforderungen an Packstoffe und Packmittel unter dem Aspekt ihrer Wechselwirkung mit Lebensmittel

### Demands placed on packaging materials and packaging with regards to their interaction with foods

Dr. Otto Piringer\*

Lebensmittel und Verpackung bilden die beiden Teile eines Ganzen – der Packung – und müssen in ihren Eigenschaften optimal abgestimmt sein, um alle Qualitätsanforderungen zu erfüllen. Prinzipiell können Stoffübergänge aus der Umwelt und der Verpackung in Richtung Lebensmittel, sowie Stoffübergänge aus dem Lebensmittel in die Verpackung und nach außen stattfinden. Die Stoffübergänge können oft gekoppelt mit chemischen Reaktionen, zu Änderungen der Qualität führen. Die Summe dieser Vorgänge kann unter dem Begriff Wechselwirkungen zwischen Lebensmittel und dessen Umgebung (in erweitertem Sinne) bzw. Verpackung zusammengefaßt werden. Es können folglich nicht nur die Eigenschaften des verpackten Lebensmittels, sondern auch die der Verpackung verändert werden, und dies wiederum kann beschleunigend auf den weiteren Verlauf der Änderungen wirken. Voraussetzung für optimale Eignung einer Verpackung und gute Qualitätserhaltung des verpackten Lebensmittels, ist also minimale Wechselwirkung mit dem Lebensmittel. Um die von der Zeit abhängige Qualität messen zu können, kann man sie als Funktion der Konzentration eines bestimmten Inhaltsstoffes oder allgemeiner als Funktion der Konzentrationen beliebig vieler Inhaltsstoffe des verpackten Lebensmittels definieren. Wäh-

rend in ungeschützten Lebensmitteln eine relativ rasche Qualitätsabnahme stattfindet, bedeutet optimale Verpackung möglichst lange Qualitätserhaltung auf höchstem möglichem Niveau.

Die folgenden Beispiele gehören zu den wichtigsten Wechselwirkungsmöglichkeiten: Sauerstoff, Wasserdampf, Licht und Störgerüche können von außen die Verpackung durchdringen (Permeation) und im Lebensmittel Qualitätsänderungen verursachen. Permeation von Wasser, Kohlensäure und Aromastoffen kann auch in umgekehrter Richtung aus dem Lebensmittel in die Außenatmosphäre stattfinden. In den Verpackungsbestandteilen enthaltene Stoffe, z.B. in Kunststoff- und Lackschichten gelöste Reste von Rohstoffmonomeren, Fabrikationshilfsstoffen, Lösungsmitteln und verschiedene Zusatzstoffe (Gleitmittel, Weichmacher, Antioxidantien, etc.) können an die Oberfläche der Verpackung migrieren und vom Lebensmittel aufgenommen werden. Mit der Zeit steigende Konzentrationen unerwünschter Stoffe führen zur Qualitätsabnahme. Migrationsvorgänge in umgekehrter Richtung, z.B. von Fett oder Wasser aus dem Lebensmittel in die Verpackung können Quellungen verursachen, die zu einer Beschleunigung der Migration von Verpackungsinhaltsstoffen in das Lebensmittel führen. Schließlich ist eine Vielzahl von Reaktionsmöglichkeiten zwischen Inhaltsstoffen der einzelnen Verpackungsschichten, sowie zwischen In-

haltsstoffen der Verpackung und des Lebensmittels zu berücksichtigen, die zum Beispiel zur Bildung von Störgerüchen führen und dadurch die Qualität des Lebensmittels beeinträchtigen.

Das Ausmaß der oben skizzierten Wechselwirkungen läßt sich für jeden daran beteiligten Stoff durch Angabe seiner Konzentration ermitteln und mit der Qualität in Zusammenhang bringen. Da es sich bei den in Betracht kommenden Stoffübergängen in der Regel um geringe Massenbeträge, bezogen auf die Gesamtmasse des Lebensmittels, handelt, wird die Konzentration eines Stoffes im Lebensmittel in mg/kg ausgedrückt. Sinnvoll ist auch der Bezug der übergebenen Stoffmenge auf die in m<sup>2</sup> ausgedrückte, das Lebensmittel umgebende Verpackungsfläche. Das Verhältnis Verpackungsfläche zu Lebensmittelmasse spielt eine bedeutende Rolle, da Wechselwirkungen unter sonst gleichen Bedingungen diesem Verhältnis proportional sind.

Für manche Lebensmittel sind bestimmte Übergänge erwünscht (z.B. Sauerstoff für Frischfleisch) für andere jedoch unerwünscht. Dies führt zwangsläufig zu einer Vielfalt von Verpackungen mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften.

#### Rechtliche Konsequenzen der Wechselwirkungen

Im deutschen Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz (LMBG) fal-

\* Fraunhofer Institut für Lebensmitteltechnologie und Verpackung, München

## Merkblätter für die Prüfung von Packmitteln

Herausgegeben von den Arbeitsgruppen der Industrievereinigung für Lebensmitteltechnologie und Verpackung e.V. am Fraunhofer-Institut für Lebensmitteltechnologie und Verpackung, Institut an der Technischen Universität München

### Merkblatt 6

### Prüfverfahren für Kunststoffsäcke

#### Teil 2

Durchstoßversuch an Sackfolien bzw. Falzkanten mit elektronischer Meßwerterfassung  
(in Anlehnung an DIN 53 373)

#### Blatt 1: Bestimmung der Schädigungsgrößen der Sackfolie

Herausgegeben vom Arbeitskreis „Prüfverfahren für Kunststoffsäcke“ der Arbeitsgruppe „Säcke und Sackmaterialien“ –  
Neufassung April 1987

(ersetzt die Ausgabe vom Oktober 1970, veröffentlicht in Verpackungs-Rundschau 22 (1971) Nr. 1, Techn.-wiss. Beilage, S. 10–12)

#### Vorbemerkung

Als Teil 2 erscheint im folgenden die Methode des Durchstoßversuchs mit elektronischer Meßwerterfassung, die eine Beurteilung bzw. einen Vergleich von Sackfolien (Blatt 1) bzw. Falzkanten (Blatt 2) im Hinblick auf ihre Festigkeit bei Stoßbeanspruchung der gefüllten Säcke bei den Umladungen des Transports gestatten soll. (Siehe hierzu Abschnitt 10, Schrifttum.) Die Aussagefähigkeit des Prüfverfahrens wurde in einem Vergleichsversuch des Arbeitskreises nochmals erhärtet. Einige von DIN 53 373 abweichende Bedingungen rühren von dem speziellen Anwendungsfall bei Sackfolien her.

#### 1. Zweck und Anwendung

Der Durchstoßversuch nach diesem Merkblatt dient zur Beurteilung von Kunststoffolien für Kunststoffsäcke (im folgenden kurz Folien genannt) bei Stoßbeanspruchung senkrecht zur Folienebene. Das Prüfverfahren ist anwendbar bei Folien einer Dicke bis etwa 0,5 mm. Es gestattet, die Schädigungskenngrößen, d. h. das Arbeitsaufnahmevermögen, die Durchstoßkraft und die Verformbarkeit der Folien festzustellen. Durch Variation der Versuchstemperatur kann gegebenenfalls die Temperatur von Übergängen zwischen sprödem und zähem Verhalten der Folie unter den Versuchsbedingungen bestimmt werden. Schließlich kann nötigenfalls die Abhängigkeit der genannten

Eigenschaften der Folie von der relativen Luftfeuchte gemessen werden. (Beachte Anmerkung 9.1).

#### 2. Begriffe

- 2.1. Die Schädigungsarbeit  $W_s$  (J) ist die bis zum ersten Anriß der Probe (Schädigungspunkt) verbrauchte Arbeit (siehe Bild 1).
- 2.2. Die Schädigungsarbeit  $W_s/a$  (J/mm) ist die auf die Probendicke  $a$  bezogene Schädigungsarbeit  $W_s$ .
- 2.3. Die Schädigungskraft  $F_s$  (N) ist die im Schädigungspunkt vom Durchstoßkörper auf die Probe in Durchstoßrichtung ausgeübte Kraft. Sie ist im allgemeinen annähernd gleich der Maximalkraft  $F_{max}$  (siehe Bild 1).
- 2.4. Die Schädigungskraft  $F_s/a$  (N/mm) ist die auf die Probendicke  $a$  bezogene Schädigungskraft  $F_s$ .
- 2.5. Die Schädigungsverformung  $l_s$  (mm) ist die Verformung der Probe in Durchstoßrichtung im Schädigungspunkt (siehe Bild 1).
- 2.6. Die Durchstoßarbeit  $W_{ges}$  (J) ist die gesamte, beim Durchstoßen der Probe verbrauchte Arbeit. Sie enthält auch den

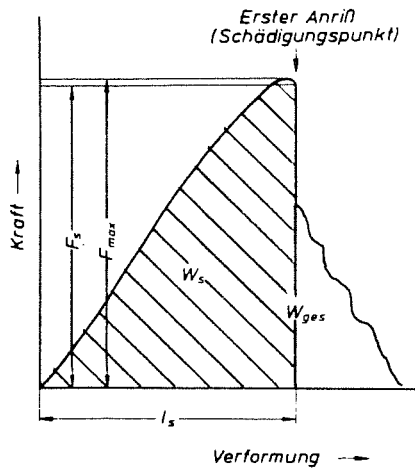


Bild 1: Kraft/Verformungs-Kurve (schematisch).

Energieanteil, der nach dem ersten Anriß hauptsächlich zum Weiterreißen bis zum Ende des Durchstoßvorganges verbraucht wird (siehe Bild 1).

## 2.7. Probe

Eine Probe ist ein Teil aus der Gesamtheit der zu prüfenden Kunststofftasche.

## 2.8. Probekörper

Ein Probekörper ist ein Ausschnitt mit den in diesem Merkblatt festgelegten Maßen, der aus einer Probe entnommen wird.

## 3. Proben

### 3.1. Entnahme der Proben

Die Entnahme der Proben erfolgt nach Vereinbarung, in Schiedsfällen nach DIN 55 446, Teil 1.

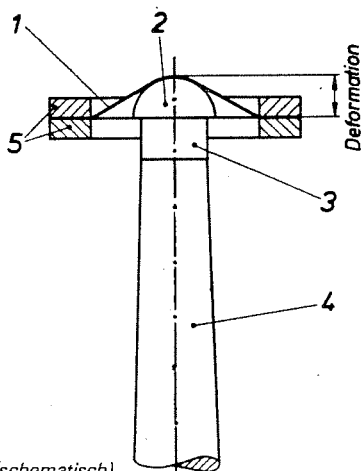
### 3.2. Probenvorbereitung

Die Proben sind im Normalklima 23/50-2 nach DIN 50 014 bis zur Gewichtskonstanz zu lagern. Sollen die Meßgrößen als Funktion der Temperatur oder der relativen Luftfeuchte bestimmt werden, so müssen die Proben unter den jeweiligen Klimabedingungen so lange gelagert werden, bis sie sich an diese angeglichen haben.

## 4. Probekörper

### 4.1. Abmessungen der Probekörper

Der Probekörper ist ein kreisförmiger Ausschnitt mit einem Durchmesser von ca. 80 mm (Einspanndurchmesser 40 mm). Bedruckte und gefaltete Stellen eines Sackes sollen nicht für die Entnahme von Probekörpern benutzt werden. An die Qualität der Schnittkanten werden keine besonderen Anforderungen gestellt.



- 1 Probekörper
- 2 Durchstoßkörper
- 3 Kraftmeßzelle
- 4 Schaft
- 5 Einspannvorrichtung

Bild 2: Prüfordnung (schematisch).

## 4.2. Anzahl der Probekörper

Die Anzahl der Probekörper soll mindestens 10, in Schiedsfällen 20 betragen. Dies gilt auch, wenn zu ihrer Entnahme weniger als 10 Proben zur Verfügung stehen. Die Anzahl der Probekörper verdoppelt sich, wenn das Prüfergebnis davon abhängt, von welcher Seite aus die Folie durchstoßen wird.

Wenn die Abhängigkeit der Meßgrößen von der Temperatur, der relativen Luftfeuchte oder einem anderen Parameter bestimmt werden soll, genügen im allgemeinen auch in Schiedsfällen 5 Probekörper pro Meßpunkt.

## 5. Prüfgerät

Die Einrichtung zur Durchführung der Prüfung besteht aus einer Einspannvorrichtung, aus einem Durchstoßkörper und aus Meßgeräten zur Kraft- und Wegmessung. Sie muß es gestatten, den eingespannten Probekörper mit praktisch konstanter Geschwindigkeit senkrecht zu seiner Fläche zentrisch zu durchstoßen. Dabei müssen die auf den Probekörper in Durchstoßrichtung ausgeübte Kraft und die Verformung des Probekörpers in Durchstoßrichtung meßbar sein (siehe Bild 2). Zur Prüfung eignen sich Fallprüfmaschinen mit geführt fallendem Probekörper oder fallendem Durchstoßkörper, Pendelprüfmaschinen mit so großer Pendellänge, daß der Durchstoßweg annähernd als Gerade betrachtet werden kann, oder auch schnelle Zugprüfmaschinen mit entsprechenden Zusatzeinrichtungen.

Es ist darauf zu achten, daß die verfügbare Stoßenergie (z. B. Fallenergie) in jedem Fall groß gegen die verbrauchte Durchstoßarbeit ist, damit die Geschwindigkeit während des ganzen Durchstoßvorganges praktisch konstant bleibt (siehe Abschnitt 6.4). Aus diesem Grunde darf auch die Reibung an den Führungssäulen von Fallprüfmaschinen oder im Drehpunkt von Pendelprüfmaschinen die Geschwindigkeit praktisch nicht beeinflussen. Pendelprüfmaschinen müssen den in DIN 51 222 angegebenen Bedingungen entsprechen.

### 5.1. Einspannvorrichtung

Die Einspannvorrichtung muß so konstruiert sein, daß der kreisförmige Probekörper eben eingespannt werden kann und während des Versuchs mit Sicherheit festgehalten wird. Andererseits darf die Einspannvorrichtung keine zu hohe Vorspannung (siehe Abschnitt 6.3) im Probekörper verursachen. Ausführungsbeispiele für die Einspannvorrichtung sind im einschlägigen Schrifttum genannt (siehe Abschnitt 10).

### 5.2. Durchstoßkörper

Der Durchstoßkörper hat die Form einer Halbkugel mit einem Durchmesser von  $20 \pm 0,2$  mm, die auf einem Schaft befestigt ist (siehe Bild 2). Der Schaft darf den Durchstoßvorgang nicht behindern (siehe Anmerkung 9.2). Der Durchstoßkörper darf nicht so schwer sein, daß er die Eigenfrequenz der Kraftmeßzelle wesentlich erniedrigt (siehe Abschnitt 5.3). Der Werkstoff der Halbkugel besteht aus nichtrostendem Stahl mit polierter Oberfläche.

### 5.3. Meßgeräte zur Kraft- und Wegmessung

Die Bestimmung der während des Versuchs auf den Probekörper ausgeübten Kraft muß weglos erfolgen. Die Kraftmeßzelle und eine nachgeschaltete Verstärkerkette müssen folgende Bedingungen erfüllen: Eigenfrequenz der Kraftmeßzelle  $f_0 > 20$  kHz, obere Grenzfrequenz der Verstärkerkette  $f_{max} > 60$  kHz. Ein Ausführungsbeispiel für ein solches Meßgerät ist eine zwischen Durchstoßkörper und Schaft angebrachte Piezo-Kraftmeßzelle (siehe Bild 2) mit einem nachgeschalteten Ladungsverstärker. Die Verformung des Probekörpers in Durchstoßrichtung kann direkt mit einem Weggeber oder – wegen der praktisch konstanten Durchstoßgeschwindigkeit – über die Zeit bestimmt werden.

Die Meßgeräte zur Kraft- und Wegmessung müssen sinngemäß DIN 51 220, Klasse 1 entsprechen. Die Genauigkeit (vgl. DIN 1319) der Meßgeräte und Meßketten muß regelmäßig überprüft werden. (Siehe Anmerkung 9.3).

## 6. Durchführung

### 6.1. Prüfklima

Die Prüfung wird, sofern nichts anderes vereinbart ist, im Normalklima 23/50-2 nach DIN 50 014 durchgeführt. Werden die Meßgrößen des Durchstoßversuchs bei anderen Temperaturen und/oder relativen

Luftfeuchten oder in Abhängigkeit von diesen bestimmt, so muß eine Klimakammer zur Verfügung stehen, die gestattet, die eingestellte Temperatur auf  $\pm 1^\circ$  und die relative Luftfeuchte auf  $\pm 2\%$  konstant zu halten. Es ist darauf zu achten, daß die Probekörper vor jedem Versuch so lange klimatisiert werden, bis sie mit Sicherheit der gewünschten Temperatur und Feuchte angeglichen sind.

#### 6.2. Bestimmung der Foliendicke

An jedem Probekörper wird die Dicke nach Merkblatt 6, Teil 1, an drei Punkten, die im gleichen Abstand voneinander auf einem Kreis mit einem Radius von 5 mm um den Mittelpunkt des Probekörpers liegen, auf 0,001 mm bestimmt.

#### 6.3. Einspannen des Probekörpers

Der Probekörper ist eben einzuspannen. Seine Vorspannung darf nicht mehr als eine Dehnung von 0,1% in radialer Richtung (Vordehnung) bewirken (siehe Anmerkung 9.4).

#### 6.4. Durchstoßversuch

Der Durchstoßversuch wird mit einer Auftreffgeschwindigkeit von  $4,5 \pm 0,3$  m/s durchgeführt. Die Geschwindigkeit darf sich während des Versuchs um höchstens 5% ihres Wertes beim Auftreffen auf den Probekörper ändern. Während des Versuchs soll nach Möglichkeit die Kraft/Verformungs-Kurve oder Kraft/Zeit-Kurve registriert werden. Andernfalls sind die Meßwerte der Schädigungsarbeit, der Schädigungskraft, der Schädigungsverformung und der Durchstoßarbeit an den entsprechenden Registrierinstrumenten (siehe Anmerkung 9.3) abzulesen, soweit ihre Angabe vereinbart wurde (siehe Anmerkung 9.1).

### 7. Auswertung

- 7.1. Aus den drei an jedem Probekörper gemessenen Werten für die Dicke wird der lineare Mittelwert gebildet.
- 7.2. Die Schädigungsarbeit  $W_s$ , die Schädigungskraft  $F_s$ , die Schädigungsverformung  $l_s$  und die Durchstoßarbeit  $W_{ges}$  werden aus der Kraft/Verformungs-Kurve bestimmt, soweit sie nicht bereits registriert sind und soweit ihre Angabe vereinbart wurde (siehe Anmerkung 9.5).
- 7.3. Die Schädigungsarbeit  $W_s$  und die Schädigungskraft  $F_s$  werden für jeden Probekörper durch seine mittlere Dicke (siehe Abschnitt 7.1) dividiert.
- 7.4. Für jede Versuchsreihe wird jeweils der lineare Mittelwert aller gemessenen und der auf die Dicke der Probekörper bezogenen Werte gebildet (siehe Anmerkung 9.6). Die Mittelwerte sind auf die ersten drei wertanzeigenden Ziffern zu runden (vgl. DIN 1333).

### 8. Prüfbericht

Im Prüfbericht sind unter Hinweis auf dieses Merkblatt anzugeben:

- Art, Lieferform und Bezeichnung des Erzeugnisses,
- Herstelldatum der Proben,
- Anzahl der Proben,
- Entnahmeort der Proben,
- Beschaffenheit der Proben (z. B. bedruckt),
- Vorbehandlung der Proben,
- Prüfklima,
- Durchstoßrichtung bei ungleichseitigen Probekörpern,
- mittlere Dicke der Probekörper in mm,
- Schädigungsarbeit  $W_s$  in J,
- auf die Foliendicke bezogene Schädigungsarbeit  $W_s/a$  in J/mm,
- Schädigungskraft  $F_s$  in N,
- auf die Foliendicke bezogene Schädigungskraft  $F_s/a$  in N/mm,
- Schädigungsverformung  $l_s$  in mm,
- Durchstoßarbeit  $W_{ges}$  in J,
- Kraft/Verformungs-Kurven (falls vorhanden),
- Darstellung der Temperatur- und Feuchte-Abhängigkeit der Meßgrößen (falls vorhanden),
- Aussehen der Probekörper nach dem Versuch (evtl. mit Originalproben als Anschauungsbeispiel),
- Angaben darüber, in wieviel Fällen Spröd-, Misch- oder Zähbruch auftrat (sofern in einem Übergangsgebiet gemessen wurde);
- von diesem Merkblatt abweichende Bedingungen,
- Prüfdatum.

### 9. Anmerkungen

#### 9.1. Zu Abschnitt 1

Es ist im allgemeinen nicht notwendig, alle vier in den Abschnitten 2.1 bis 2.6 definierten Meßgrößen zu bestimmen und anzugeben. Erfahrungsgemäß zeigt die Schädigungsarbeit die beste Korrelation zum Praxisversuch (z. B. Transportversuche, Abwurfversuche an Verpackungen). Die Schädigungskraft und die Schädigungsverformung sind als alleinige Prüfgrößen weniger geeignet. Es ist aber zweckmäßig, wenigstens eine dieser beiden Größen zur Beurteilung des zu prüfenden Erzeugnisses mit heranzuziehen. In Ausnahmefällen kann auch die Durchstoßarbeit als zusätzliches Beurteilungskriterium geeignet sein.

Um Folien unterschiedlicher Dicke vergleichen zu können, ist es oft zweckmäßig, sowohl die Schädigungsarbeit als auch die Schädigungskraft auf die Probendicke  $a$  zu beziehen. Die entsprechenden Meßgrößen  $W_s/a$  und  $F_s/a$  lassen zwar keinen physikalisch einwandfreien Vergleich zwischen Folien aus verschiedenem Material zu, sie sind aber bei gleichem Material (gleicher Orientierung und mit gleichem Kristallinitätsgrad) im allgemeinen im Bereich zwischen Foliendicken, die sich um den Faktor 2 bis 3 unterscheiden, unabhängig von der Dicke  $a$ .

#### 9.2. Zu Abschnitt 5.2

Um eine Beschädigung der Kraftmeßzelle beim Rücklauf des bewegten Teils der Prüfvorrichtung in die Ausgangsstellung durch Verhaken des Probekörpers zu verhindern, kann es zweckmäßig sein, den Schaft des Durchstoßkörpers konisch auszubilden.

#### 9.3. Zu Abschnitt 5.3

Es empfiehlt sich, ein registrierendes Gerät, z. B. einen Oszillographen mit einer Kamera, zur Aufzeichnung der Kraft/Verformungs-Kurve zu benutzen. Dies ist jedoch nicht unbedingt erforderlich, wenn die Werte der Kraft und der Verformung im Schädigungspunkt (siehe Bild 1) und die Schädigungs- und Durchstoßarbeit mit Hilfe elektronischer Spitzenwertanzeiger und Integratoren bestimmt werden können. Beginn und Ende der Wegmessung und der Integration der Kraft/Verformungs-Kurve oder der Kraft/Zeit-Kurve werden dann durch den zeitlichen Verlauf der Kraft bestimmt. Ausführungsbeispiele dazu sind im Schrifttum zu finden (siehe Abschnitt 10).

#### 9.4. Zu Abschnitt 6.3

Die Vordehnung kann mit Hilfe eines Meßmikroskops bestimmt werden. Die gebräuchlichen Einspannvorrichtungen (siehe Abschnitt 10) erfüllen die obengenannte Bedingung jedoch immer.

#### 9.5. Zu Abschnitt 7.2

Die Schädigungskraft unterscheidet sich in den meisten Fällen so wenig von der Maximalkraft, daß sie mit dieser gleichgesetzt werden kann.

#### 9.6. Zu Abschnitt 7.4

Wenn Schädigungsarbeit  $W_s$  und Schädigungskraft  $F_s$  für jeden einzelnen Probekörper durch seine Dicke dividiert werden müssen, bevor die Mittelwerte gebildet werden können, erfordert dies einen erheblichen Aufwand. Sind die Dicken der Probekörper einer Versuchsreihe nicht zu unterschiedlich (Variationskoeffizient  $V < 10\%$ ), so ist es zulässig,  $W_s$  und  $F_s$  zuerst zu mitteln und dann durch die mittlere Dicke aller Probekörper zu dividieren.

### 10. Schrifttum

DIN 53 373: Prüfung von Kunststofffolien. Durchstoßversuch mit elektronischer Meßwerterfassung. Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin 30 und Köln.

Grimminger, H., G. Koch, J. Penzkofer, E. Petermann, W. Retting u. J. Steinig: Der dynamische Durchstoßversuch an Kunststofffolien und Papieren. *Kunststoffe* **59** (1969) Nr. 6, S. 375-381.

Penzkofer, J.: Untersuchungen zum Stoßverhalten von Kunststoffsäcken und Kunststofffolien. *Kunststoffe* **58** (1968) Nr. 3, S. 233-241.

Grimminger, H.: Die Aussage des mehrachsigen Durchstoßversuchs für die Bewertung des Praxisverhaltens von Packstoffen. Gummi Asbest *Kunststoffe* **22** (1969) Nr. 2, S. 110-116.

Grimminger, H.: Durchstoßversuch mit vollautomatischer Versuchsauswertung. *Materialprüfung* **11** (1969) Nr. 7, S. 228-234.