

### Leichtes Öffnen peelbarer Verpackungen

#### Öffnungskräfte praxisnah bestimmen und hinsichtlich Verbraucherfreundlichkeit beurteilen

Für viele Lebensmittel wie Molke-reisprodukte, Fleisch- und Wurstwaren, für Tiernahrung, Wasch- und Reinigungsmittel sowie pharmazeutische Produkte werden so genannte peelbare Verpackungen eingesetzt. Eine Aufreißnaht definierter Festigkeit soll dabei das Aufschälen des Peel-Verschlusses von Hand ohne großen Kraftaufwand und ohne Zerstörung des Packmittels ermöglichen. Das Öffnungsverhalten von Verpackungen spielt für die Produktakzeptanz des Kunden eine wesentliche Rolle. Verbraucherfreundlichkeit und eine stetig alternde Gesellschaft sind dabei zu berücksichtigen. Nicht nur ältere Verbraucher wünschen sich leicht zu öffnende Packungen sowie eine saubere und bequeme Produktentnahme. Welche Kräfte beim Öffnen einer peelbaren Verpackung auftreten und welche Kräfte vom Kunden über die Aufreißblase überhaupt aufgebracht werden können, ist bisher weitestgehend unbekannt. Angaben zu Richtwerten für ein leichtes Öffnen, bezogen auf die Kundengruppen Kinder, Erwachsene und Senioren, fehlen. Ein derzeit am Fraunhofer-Anwendungszentrum für Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik (AVV) in Dresden bearbeitetes Forschungsprojekt „Easy Opening peelbarer Verpackungen“, das durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF) gefördert wird, widmet sich der Beantwortung dieser Fragen. Die Projektarbeiten werden aktiv von einem Projektteam begleitet, das sich aus Vertretern von Unternehmen der Verpackungsindustrie (abpackende Unterneh-

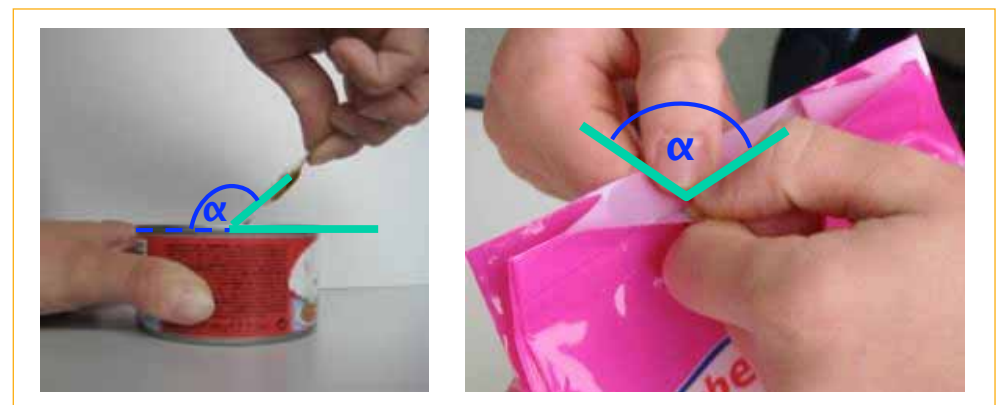
men, Packmittelhersteller, Maschinenhersteller), von Prüfdienstleistungsunternehmen, von Prüfgerätheherstellern und von Verbraucherverbänden zusammensetzt.

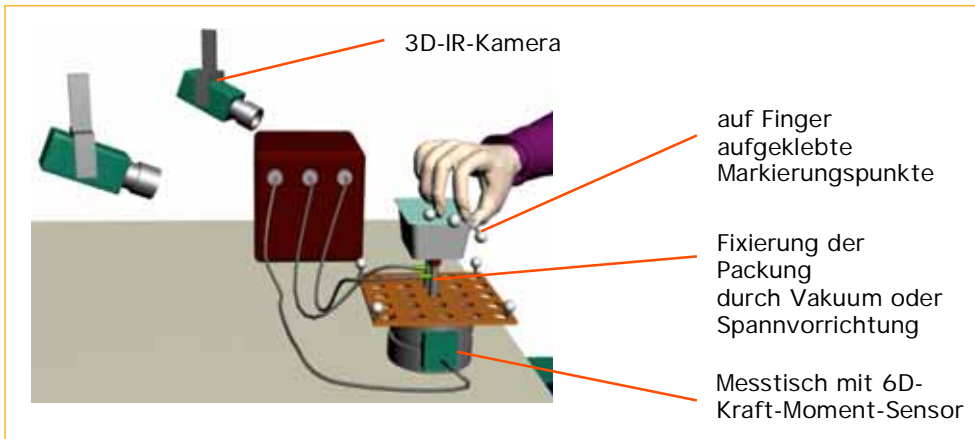
#### Ermittlung von Öffnungskräften

Für die Prüfung des Öffnungsverhaltens von peelbaren Verpackungen stehen prinzipiell zwei Methoden zur Verfügung: subjektives Prüfen durch Probandentests und objektives Prüfen durch direkte Messung der Kraft. Das Ergebnis subjektiver Tests mit Probanden ist eine Ja/Nein-Aussage wie etwa „Packung ist leicht/schwer zu öffnen“ und kann gegebenenfalls mit einer Bewertungsskala verbunden sein. Die subjektive Prüfung erfolgt ohne Hilfsmittel, nur mit den menschlichen Sinnen. Diese Tests liefern eine praxisrelevante, qualitative Aussage, jedoch sind die Prüfergebnisse schlecht miteinander vergleichbar. Das subjektive Prüfen ist als Prüfmethode unmittelbar im Verpackungsprozess nicht realisierbar. Beim objektiven Prüfen wird eine physikalische Größe wie im

vorliegenden Fall die Kraft mittels eines Messgerätes - hier eine Zugprüfmaschine beziehungsweise Kraftmessdose - erfasst und ein Messwert ermittelt. Dieser Messwert ist hier die Öffnungskraft. Messungen der Öffnungskräfte sind als teilautomatisierte Tests zum Beispiel im Rahmen der Verpackungsentwicklung, der Qualitätssicherung im Verpackungsprozess oder auch nach TUL-Prozessen durchführbar. Umfragen innerhalb des Projektteams ergaben, dass in der Industrie mit sehr unterschiedlichen Prüfvorrichtungen und Prüfparametern gemessen wird. So werden Aufreißwinkel, definiert als Öffnungs-/Schälwinkel an der Aufreißnaht zwischen den zu trennenden Packungsbestandteilen während des Aufreißvorgangs (**Abbildung 1**), zwischen 90° und 170° sowie Prüfgeschwindigkeiten zwischen 40 mm/min und 1200 mm/min eingesetzt. Häufig werden die Messungen bei einem Aufreißwinkel von 90° und einer Prüfgeschwindigkeit von 100 mm/min durchgeführt. Infolge des Einsatzes unterschiedlicher Prüfparameter sind die Messergebnisse nicht vergleichbar.

**Abbildung 1:** Aufreißwinkel  $\alpha$  an einer peelbaren Verpackung





**Abbildung 2:** Versuchsaufbau der 3D-Bewegungsanalyse (Quelle: Fraunhofer IPK)

Um ein möglichst praxisrelevantes Prüfverfahren standardisieren zu können, wurden die tatsächlichen Bewegungsparameter mittels 3D-Analyse der Bewegungsabläufe beim Öffnen peelbarer Verpackun-

gen bestimmt. Diese 3D-Bewegungsanalyse führte das Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK) Berlin mit Probanden unterschiedlichen Alters und an Musterpackungen durch, die freundlicherweise durch das Projektteam bereitgestellt wurden. Den Probanden wurden Markierungspunkte an den Fingergliedern aufgeklebt und anschließend die realen Öffnungsvorgänge mit Spezialkameras erfasst (**Abbildung 2**). Die Bewegungsabläufe ließen sich so 3-dimensional abbilden und Abzugsgeschwindigkeiten sowie Aufreißwinkel auswerten.



**Abbildung 3:** Prüfung der Öffnungskräfte an einer wiederverschließbaren Verpackung bei einem Aufreißwinkel von 135°

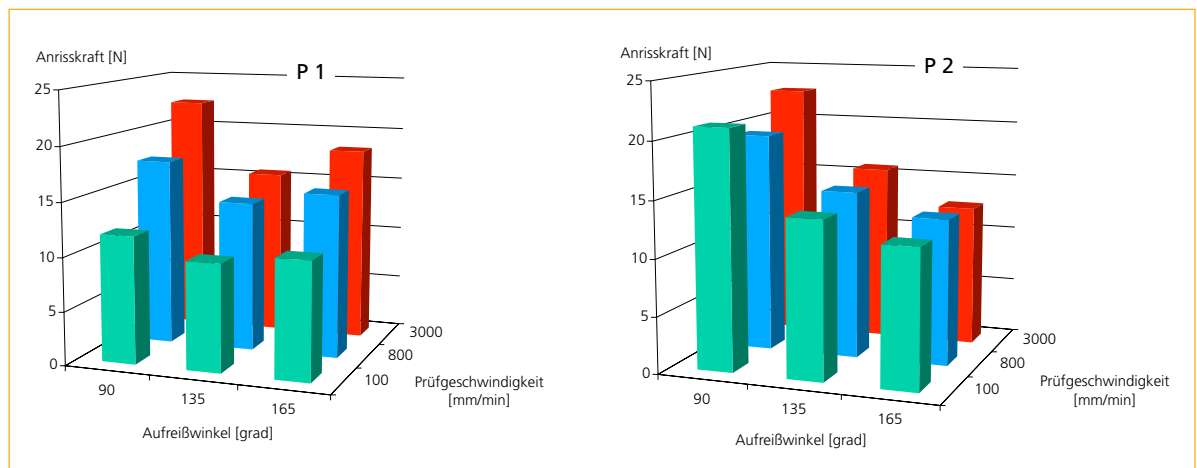
Die Ergebnisse zeigten, dass die Abzugsgeschwindigkeiten beim Öffnen einer Schalenverpackung mit flexibler Deckelfolie im Anriss durchschnittlich 1000 bis 1350 mm/min betragen. Die im weiteren Verlauf der Packungsöffnung maximal gemessenen Abzugsgeschwindigkeiten von bis zu 24000 mm/min liegen dagegen weit oberhalb der mit einer gängigen Zugprüfmaschine maximal einstellbaren Prüfgeschwindigkeit von 500 bis 800 mm/min. Als Mittelwerte des Aufreißwinkels im Anriss wurden 140 bis 165° ermittelt.

gen bestimmt. Diese 3D-Bewegungsanalyse führte das Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK) Berlin mit Probanden unterschiedlichen Alters und an Musterpackungen

Für das Öffnen der Packung ist die Anrisskraft entscheidend. Dies ist die maximale Öffnungskraft beim Packungsanriss, das heißt ab Beginn der Packungsöffnung bis zum erstmaligen, vollständigen Auftrennen über die Siegelnahtbreite. Je nach Siegelnahtgeometrie stellt die Anrisskraft oftmals auch die maximale Öffnungskraft über den gesamten Öffnungsweg dar. Um den Einfluss der Prüfparameter Aufreißwinkel und Prüfgeschwindigkeit auf das Messergebnis Anrisskraft untersuchen zu können, wurde eine Abzugsvorrichtung für die am Fraunhofer AVV vorhandene Zugprüfmaschine entwickelt. Diese Vorrichtung ermöglicht die stufenweise Einstellung unterschiedlicher Aufreißwinkel zwischen 90° und 180° in 15°-Schritten. Die Packung bewegt sich während des Prüfvorganges mit, sodass der Aufreißwinkel über den gesamten Öffnungsweg konstant bleibt (**Abbildung 3**). Die eingesetzte Zugprüfmaschine der Firma Zwick erlaubt Messungen bei Prüfgeschwindigkeiten von maximal 3000 mm/min.

Die Ermittlung der Anrisskräfte erfolgte bei Aufreißwinkeln von 90, 135 und 165° jeweils bei einer Prüfgeschwindigkeit von 100, 800 und 3000 mm/min. Als Musterpackungen kamen drei handelsübliche, heißgesiegelte, peelbare Verpackungen mit verschiedenen Materialkombinationen zum Einsatz: wiederverschließbare Tiefziehpackung mit flexibler Kunststoffverbund-Deckelfolie, Al-Container mit flexibler

**Abbildung 4:** Anrisskraft in Abhängigkeit des Aufreißwinkels und der Prüfgeschwindigkeit (P1: wiederverschließbare Tiefziehpackung, P2: Al-Container)



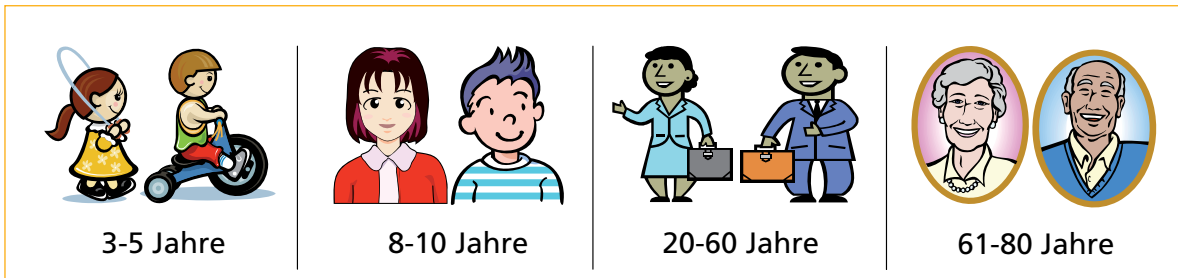


Abbildung 5:  
Altersgruppen für  
die Probandentests

Al-Verbund-Deckelfolie und PS-Mehrkommerbecher mit flexibler Mixpap-Deckelfolie. Die Tests an jeweils 6 Packungen pro Prüfvariante zeigten, dass die Prüfparameter einen entscheidenden Einfluss auf das Messergebnis haben. In **Abbildung 4** sind die unterschiedlichen Tendenzen dargestellt. Bei den wiederverschließbaren Packungen (P1), bei denen das PE bei Erstöffnung erst einmal eingerissen werden muss, um die für den Wiederverschluss benötigte Kleberschicht freizugeben, steigen die Anrisskräfte bei zunehmender Prüfgeschwindigkeit stark an. Bei dem mit einer Al-Verbundfolie verschlossenen Al-Container (P2) zeigt sich hingegen ein großer Einfluss des Aufreißwinkels. Prinzipiell ist festzustellen, dass die größten Anrisskräfte bei einem Aufreißwinkel von 90° auftreten. Die Auswertung von Probandentests ergab, dass die menschliche Hand beim Öffnen des Peel-Verschlusses intuitiv einen Aufreißwinkel größer 90° wählt, da sich die Packung so leichter öffnen lässt.

Weitere Peeltests mit auf einer Technikumsanlage definiert hergestellten Musterpackungen - Tiefziehpackungen mit und ohne Wiederverschluss - sollen dazu dienen, das Phänomen der unterschiedlichen Abhängigkeiten der Anrisskraft von den Prüfparametern bei Packungen mit/ohne Wiederverschluss und den Einfluss verschiedener Anrissgeometrien auf die Anrisskraft zu untersuchen.

Im nächsten Projektschritt ist vorgesehen, die Untersuchungen auf flexible Packungen wie Beutel zu erweitern und die für das Aufschälen von Siegnähten an Beuteln am AVV entwickelte Abzugsvorrichtung

für die Zugprüfmaschine zu testen. Im Ergebnis der Auswertung der 3D-Bewegungsanalyse und der umfangreichen Peeltests soll im Rahmen des Projektes ein Entwurf für eine Prüfnorm „Bestimmung von Öffnungskräften an peelbaren Verpackungen“ angearbeitet, mit dem Projektteam abgestimmt und in den DIN-Normenausschuss eingereicht werden. Dabei steht die Festlegung eines möglichst praxisnahen Prüfablaufes, der mit gängigen Zugprüfmaschinen umsetzbar ist, im Mittelpunkt.

### Messung der vom Verbraucher maximal aufbringbaren Abzugskräfte

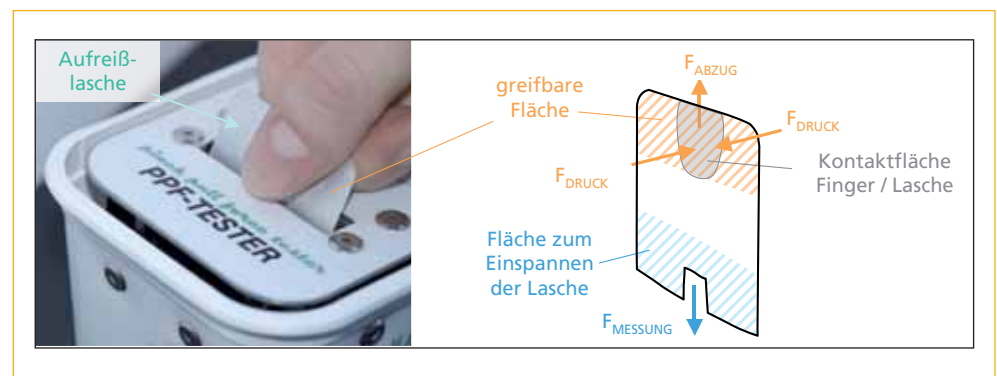
Für die Beurteilung der Öffnungskräfte hinsichtlich ihrer Verbraucherfreundlichkeit ist ein Abgleich des Messwertes mit einem Richtwert erforderlich. Um alters- und geschlechtsspezifische Aussagen zu von Verbrauchern maximal aufbringbaren Abzugskräften treffen zu können, wurden Untersuchungen unter Beteiligung von Verbrauchern unterschiedlicher Altersgruppen - Kinder, Erwachsene im berufsfähigen Alter und Senioren - durchgeführt. Gemeinsam mit dem Projektteam wurden für die Tests

die in **Abbildung 5** dargestellten Altersgruppen ausgewählt.

Mit dem am Fraunhofer AVV entwickelten Messgerät „Pinch-Pull-Force-Tester“ (PPF-Tester, **Abbildung 6**) lassen sich die von Verbrauchern über eine Aufreißlasche aufbringbaren Abzugskräfte ermitteln. Der PPF-Tester ist einer realen Verpackung nachempfunden und einfach handhabbar. Eine Folieneinspannung ermöglicht das Testen von Aufreißlaschen in verschiedenen Materialien und Größen. Die Messung der Abzugskraft erfolgt über einen mit der Folieneinspannung verbundenen Kraftsensor. Eine eigens entwickelte Software ermöglicht die Erfassung probandenspezifischer Daten wie Alter, Geschlecht, Händigkeit und Fingergröße.

Für die Probandentests mit dem PPF-Tester wurden zwei Aufreißlaschenmaterialien mit unterschiedlichen Haftreibungskoeffizienten ausgewählt: ein Al-Platinenmaterial mit Abstandshaltern (Al40 / HSL) mit  $\mu_{H\text{Au\ss}enseite} = \mu_{H\text{Innenseite}} = 0,33$  und ein Kunststoffverbund (OPP40 / PEpeel90) mit  $\mu_{H\text{Au\ss}enseite} = 0,20$  /  $\mu_{H\text{Innenseite}} = 0,27$ . Ausgehend von Ergebnissen aus Vorversuchen wurden bei den Tests drei unterschiedliche Aufreißlaschengrößen unter

Abbildung 6:  
Pinch-Pull-Force-  
Tester (PPF-Tester)





**Abbildung 7:** Häufig eingesetzte Fingergriffe beim Öffnen peelbarer Verpackungen (Quelle Fotos obere Reihe: W. Kirchner: Arzneiformen richtig anwenden. Deutscher Apotheker Verlag Stuttgart, 3. Auflage, 2007)

Variation der Aufreiblaschenhöhe und damit der zur Verfügung stehenden Kontaktfläche Finger/Aufreiblasche eingesetzt. Um den Probanden das Greifen der Aufreiblasche möglichst einheitlich und realitätsnah vorzugeben, wurden die beim Peelen am häufigsten eingesetzten Fingergriffe analysiert (**Abbildung 7**) und die beiden Griffarten Spitz- und Schlüsselgriff als Testgrößen festgelegt.

Die ersten Ergebnisse zeigen, dass bei Einsatz des Schlüsselgriffes aufgrund der größeren Kontaktfläche deutlich höhere Kraftwerte als mit dem Spitzgriff erreicht werden können. So sind für männliche Erwachsene beim Spitzgriff mit der 14 mm langen Al-Lasche nur 78% des Schlüsselgriff-Kraftwertes möglich. Bei einer nur 7 mm langen Aufreiblasche fällt das Platzieren der Finger im Schlüsselgriff schwer, sodass

hier der Effekt der Kraftsteigerung Spitzgriff zu Schlüsselgriff deutlich geringer ausfällt. Senioren können im Durchschnitt 80% der Kraftwerte von Erwachsenen, Frauen etwa 75% der Kraftwerte von Männern aufbringen. Im Kindesalter ist der Kraftunterschied zwischen Mädchen und Jungen noch nicht ausgeprägt. Bei gleicher Laschengröße lassen sich, wie in **Abbildung 8** ersichtlich, über die Al-Lasche mit dem höheren Haftreibungskoeffizienten größere Kräfte übertragen als mit der Kunststofflasche. Je größer die für den Probanden greifbare Fläche und je höher der Reibungskoeffizient ist, desto mehr kommt die konstitutionelle Verfassung des Probanden zum Tragen.

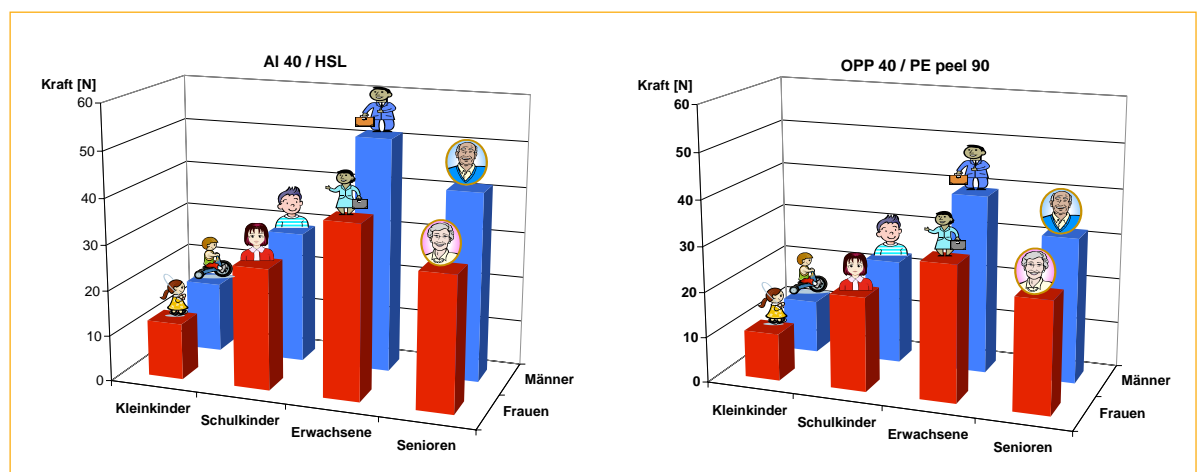
Zur Heranziehung der Ergebnisse als Richtwert für das leichte Öffnen sind die mittleren Kraftwerte nur bedingt geeignet. Bei Körpermaßen

und -kräften ist es gebräuchlich, sich an so genannten Perzentilen zu orientieren. Diese geben an, wie viel Prozent einer Nutzergruppe kleinere Kraftwerte erreicht. Laut DIN 33402-2, Beiblatt 1 „Körpermaße des Menschen“ wird dabei vorzugsweise der 5. Perzentilwert von Frauen angewendet. Im weiteren Projektverlauf werden die Verteilungen der Kraftwerte für alle Testvarianten und Altersgruppen ausgewertet und Empfehlungen für die Gestaltung von Aufreiblaschen erarbeitet.

Die Ergebnisse des noch bis Mai 2009 laufenden Forschungsprojektes können Verpackungsgenieuren und -designern hinsichtlich der Verpackungsgestaltung - beispielsweise bei der Gestaltung von Anrissgeometrien und Aufreiblaschen - helfen, noch verbraucherfreundlichere Verpackungen zu entwickeln, um die Kundenakzeptanz der Packungen zu erhöhen und dem Wunsch nicht nur älterer Konsumenten nach leichter Öffenbarkeit zu entsprechen.

## Ausblick

Am 18./19. Juni 2009 veranstaltet das Fraunhofer AVV in Dresden einen Workshop „Easy Opening: Bestimmen, Bewerten und Optimieren von Öffnungskräften an peelbaren Verpackungen“. Neben der ausführlichen Darstellung der Projektergebnisse durch die Autoren erwartet die Teilnehmer eine Mischung aus Gastvorträgen und interaktiven Programmteilen. Anforderungen des



**Abbildung 8:** Mittelwerte der maximalen Abzugskraft bei Einsatz des Schlüsselgriffes an einer 14 mm langen Aufreiblasche

Handels und des Kunden an Verpackungen, Easy-Peel-Konzepte und das aktuelle Normungsgeschehen „Ease of Opening“ stehen dabei ebenso auf dem Programm wie die Demonstration des Age Explorers, die Vorführung des Pinch-Pull-Force-Testers und die Durchführung von Peeltests an einer Zugprüfmaschine. Der Workshop wendet sich an Mitarbeiter aus Qualitätssicherung, Anwendungstechnik und Marketing der Verpackungsindustrie, an Mitarbeiter der Qualitätssicherung im Handel und an Vertreter von Verbraucherverbänden. Das Programm und die Anmeldeunterlagen sind unter [www.avv.fraunhofer.de/Workshop\\_Easy\\_Opening/](http://www.avv.fraunhofer.de/Workshop_Easy_Opening/) abrufbar.



## NACHGELESEN

### Nanobasierte Polymere für verbesserte Biokunststoffe

P. J. Colver, C. A. L. Colard, S. A. F. Bon: Multilayered Nanocomposite Polymer Colloids Using Emulsion Polymerization Stabilized by Solid Particles. *J. Am. Chem. Soc.* 130 (2008) Nr. 50, S. 16850 - 16851

Wissenschaftler vom Department of Chemistry der University of Warwick, Coventry/England berichten über ein elegantes, seifenfreies Emulsions-Polymerisationsverfahren, bei welchem feste Nanopartikel als Stabilisatoren dienen und die Funktion eines Tensids übernehmen. Damit lassen sich auf einfache Weise verstärkte Nanocomposit-Polymerlatexe herstellen.

Dabei werden Polymerpartikel kolloidal in Wasser dispergiert und dieser Mischung SiO<sub>2</sub>-basierte, nanometergroße Partikel beigemischt, welche die Polymerkolloide coaten. Im Gegensatz zu früheren Verfahren wird für dieses neue Verfahren nur ein Prozessschritt benötigt, wodurch es wesentlich wirtschaftlicher ist.

Ergebnis ist ein vielseitiges Polymerlatex-Produkt, das sich etwa zur Herstellung von Verpackungsmaterial eignet, das beispielsweise in kontrollierter Weise durchlässig für Sauerstoff oder Feuchtigkeit ist. Weitere Einsatzgebiete sind druckempfindliche Klebeetiketten, wasserbasierte Coatings und bioabbaubare Materialien. Die Wissenschaftler sehen keine negativen Auswirkungen auf das Eigenschaftsprofil von Bio-Kunststoffen, denn die Nanopartikel werden aus Sand und Ton gewonnen.

Ein darüber hinaus erweitertes Anwendungsspektrum lässt sich durch einen weiteren Beschichtungsschritt bewirken. Dabei wird das bereits mit SiO<sub>2</sub> beschichtete Material mit einer zusätzlichen Polymer-schicht versehen.

### Stabilität von Photoinitiatoren in UV-Tinten

Zhi-Wei Wang, Xiu-Ling Huang, Chang-Ying Hu: A systematic study on the stability of UV ink photo-initiators in food simulants using GC. *Packaging Technology and Science*, online-Veröffentlichung vom 13.11.2008

Über die Stabilität von Kunststoffmonomeren und Additiven in Lebensmittelsimulantien wurde schon mehrfach berichtet, dagegen praktisch noch nichts zur Stabilität von Tintenbestandteilen in Lebensmittelsimulantien. In dieser Studie wurde die Stabilität von zwei Photoinitiatoren für UV-Tinten - 1-Hydroxycyclohexyl-1-phenylketon (Irgacure-184) und Benzoldimethylketal (Irgacure-651) - in einem wässrigen und zwei fetthaltigen Lebensmittelsimulantien unter verschiedenen Zeit-/Temperaturbedingungen untersucht. In einem vergleichenden, unter denselben Bedingungen durchgeführten Experiment wurde Hydrochinon-Monomethylester (HQMME) als Stabilisator verwendet.

Die Proben wurden in 10%igem beziehungsweise 95%igem Ethanol über einen Zeitraum von zehn Tagen Temperaturen von 20, 40 und 60°C ausgesetzt. Für das Simulans Isooctan betrug die Expositionsdauer nur zwei Tage. Anschließend wurden alle Proben extrahiert und gaschromatographisch untersucht.

Die Schutzwirkung von HQMME war bei im Dunkeln durchgeführten Tests nicht erkennbar. Irgacure-184 war mit und ohne Stabilisator unter allen Testbedingungen ziemlich stabil. Irgacure-651 war nahezu unter allen Bedingungen stabil.

Diese Methode lässt sich auch einsetzen, um die Migration von Photoinitiatoren aus kunststoffbeschichteten Papier- oder Pappverpackungen in Lebensmittelsimulantien zu untersuchen.

### Danksagung

Dieses Vorhaben (15261 BR) der Forschungsvereinigung „Industrievereinigung für Lebensmitteltechnologie und Verpackung e. V.“ (IVLV) wird im Programm zur Förderung der „Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ dankenswerter Weise mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die AiF gefördert.

Besonderer Dank gilt den mehr als 30 Unternehmen des Projektteams für die gute Zusammenarbeit und tatkräftige Unterstützung.

### Autoren

Prof. Dr.-Ing. Jens-Peter Majschak,  
Dipl.-Ing. Andrea Liebmann,  
Dipl.-Ing. Ina Schreiber  
Fraunhofer-Anwendungszentrum  
für Verarbeitungsmaschinen und  
Verpackungstechnik,  
Heidelberger Str. 20,  
01189 Dresden  
e-mail:  
[andrea.liebmann@avv.fraunhofer.de](mailto:andrea.liebmann@avv.fraunhofer.de)  
Tel. +49-(0)351-4361430