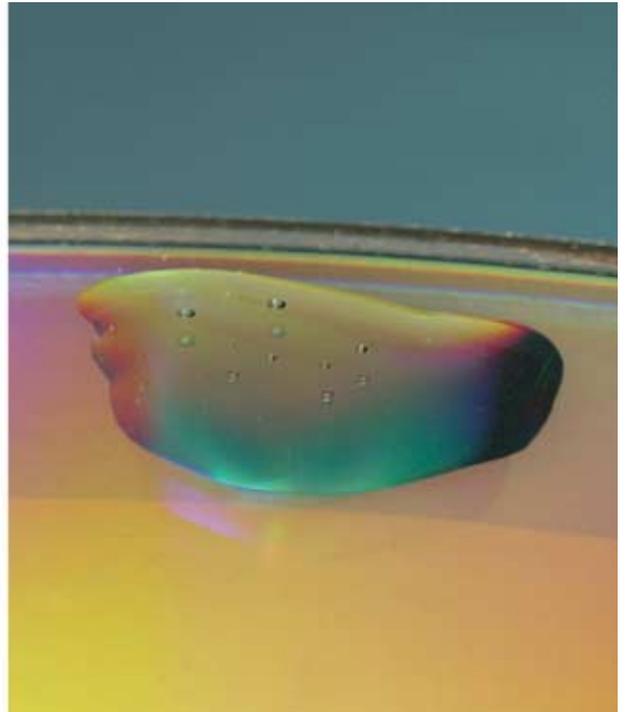
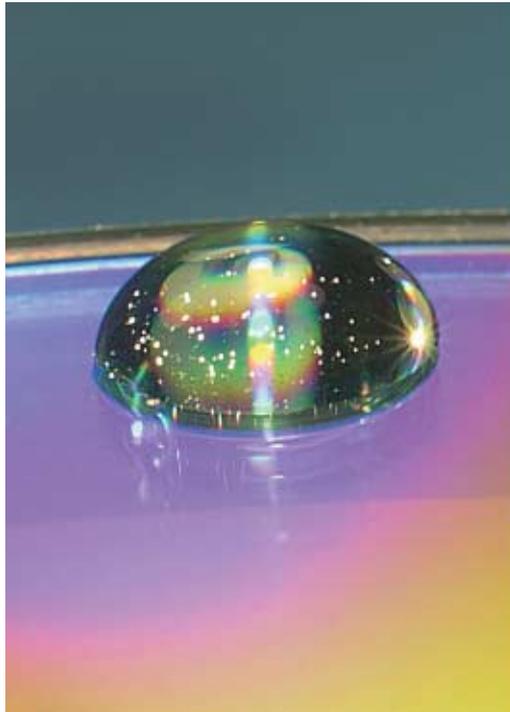


**Bestrahlungstechnologie.** Unterschiedliche Moleküle gehen durch Bestrahlen eine Verbindung ein. Dieser Effekt wird genutzt, um maßgeschneiderte Kunststoffeigenschaften zu erzeugen und dem Basismaterial zusätzliche Eigenschaften zu verleihen

# Kunststoffe durch Pfropfen veredeln

Der Einbau von bestimmten Monomeren in die Polymer-Ketten eines Basismaterials verleiht dem Werkstoff ganz nach Wunsch hydrophobe (links) oder hydrophile Eigenschaften (rechts)



## JOACHIM TATJE

**D**as Pfropfen ist eine bewährte Methode zum Veredeln von Pflanzen. Die Qualitätsverbesserung erfolgt durch Übertragen von Knospen oder Edelreisern von Nutzpflanzen auf so genannte Wildlinge als Unterlage.

Auch in der Kunststofftechnik besteht immer häufiger der Wunsch, die Eigenschaften von Produkten zu verbessern. Seit bereits etwa 50 Jahren werden Kunststoffe durch Bestrahlung mit Beta- oder Gammastrahlen vernetzt. Das Resultat sind bessere mechanische, chemische und vor allem thermische Eigenschaften. Bei der Strahlenvernetzung werden zusätzliche Verbindungen (Links) zwischen den Molekülen einer Substanz untereinander geschaffen. Weitaus schwieriger gestaltet sich jedoch der gezielte Einbau von Molekülen in eine fremde Substanz.

### Kunststoffe „legieren“

Ein neues Verfahren ist das Pfropfen. Analog zum Gartenbau werden auf eine „Unterlage“, hier das Polymer, niedermolekulare Moleküle gepfropft (Bild 1). Das

Ziel ist, dem Basismaterial definierte zusätzliche Eigenschaften zu verleihen. Dazu wird energiereiche Strahlung benötigt. Durch diese Art der Energiezufuhr können auch unterschiedliche Kunststoffe miteinander chemisch verbunden – gepfropft – und damit die unterschiedlichen Eigenschaften der eingesetzten Kunststoffe kombiniert werden. Solche gepfropften Copolymere sind als stabile „Kunststoff-Legierungen“ zu betrachten und stellen eine quasi unbegrenzte Zahl neuer Materialien mit einzigartigen Eigenschaften dar.

Bereits bei der Strahlenvernetzung von Polyethylen (PE) zur Herstellung von Schrumpfprodukten wird eine zusätzliche Pfropfreaktion genutzt. Dabei wird PE in Gegenwart von Luft bestrahlt. Auf diese Weise entstehen im PE Carbonylgruppen, die eine sehr gute Haftung zum



## Hersteller

**BGS Beta-Gamma-Service GmbH & Co. KG**  
 Fritz-Kotz-Str. 16  
 D-51674 Wiehl  
 Tel. +49 (0) 22 61/78 99-0  
 Fax +49 (0) 22 61/78 99-45  
 E-Mail: [info@bgs.de](mailto:info@bgs.de)  
[www.bgs.de](http://www.bgs.de)

Schmelzkleber und/oder einer Bedruckung des Materials gewährleisten.

Bei einer anderen Anwendung wird PE durch Bestrahlung mit Acrylsäure gepfropft. Die Eigenschaften des PE bleiben im Wesentlichen erhalten; es stellt sich aber eine ausgezeichnete Haftung zu Metallen ein. Dieser Effekt wird heute beispielsweise bei der Herstellung von Verbundrohren genutzt. Hier führt die Bestrahlung einerseits zu der erforderlichen Vernetzung des PE, um die Spannungsrisssbeständigkeit und die Temperaturbeständigkeit zu erreichen. Gleichzeitig wird die Haftung zwischen dem PE und dem Aluminium verbessert.

### Weltweite Aktivitäten

Mit dem Aufpfropfen von Polymeren beschäftigen sich weltweit zahlreiche Forschungslabors. Unter anderem wurden Polyethylen und andere Polyolefine mit Acrylsäure oder Methacrylsäure gepfropft. Ziel dieser Untersuchungen war, das Haftvermögen, die Verklebbarkeit und die Bedruckbarkeit zu verbessern, eine Hydrophilie, eine Benetzbarkeit und antielektrostatische Eigenschaften zu erzielen (Titelbild). Aus Polyolefinen hergestellte Medizinprodukte wurden durch Pfropfen mit geeigneten Monomeren biokompatibel. Das wichtigste Resultat war die Immobilisierung von Wirkstoffen.

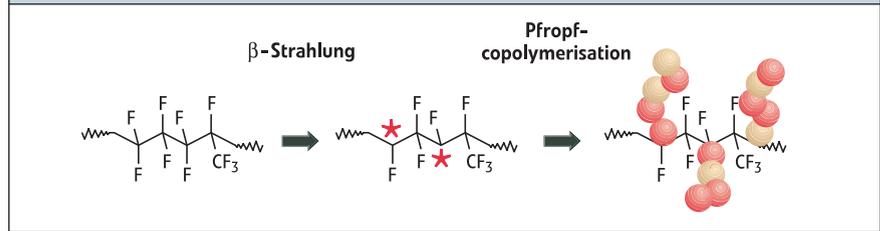
### BGS Beta-Gamma-Service

Die BGS Beta-Gamma-Service GmbH wurde 1981 gegründet und bietet unterschiedliche Bestrahlungsdienstleistungen an. Zurzeit betreibt das Unternehmen sieben Elektronenbeschleuniger sowie eine Gammaanlage an drei Standorten in Deutschland und verzeichnet deutliche Zuwachsraten. Erst im Jahre 2002 wurde in Bruchsal eine der größten Bestrahlungsanlagen der Welt in Betrieb genommen. Zahlreiche Kunststoff-Verarbeiter optimieren gemeinsam mit BGS die Werkstoffeigenschaften ihrer Erzeugnisse. Besonderes Augenmerk legt BGS neben der Bestrahlung auf flexible Dienstleistungskonzepte rund um die Logistik der bestrahlten Teile.



Beladestation für Werkstücke mit einer Länge von max. 12 m

### Copolymerisation



**Bild 1. Das strahlungsinduzierte Pfropfen von Styrol auf Fluorpolymere ist der erste Schritt zur Herstellung von Protonenaustauschmembranen (PEM) für Brennstoffzellen. Kommerzielle fluorhaltige und fluorfreie Polymerfolien werden durch Beta-Strahlung aktiviert und anschließend gepfropft. Als oxydationsstabilere Monomere werden z. B. Acrylnitril, *ä*-Methylstyrol, 2-Acryl-amido-2-methyl-1-propansulfonsäure, N-Vinylpyrrolidon, Vinylsulfonsäure, N-Vinylimidazol usw. eingesetzt**

(Bild: TU Clausthal)

Durch Bestrahlung hergestellt werden auch eine Reihe von Hydrogelen mit unterschiedlichen Eigenschaften, die sie für unterschiedliche Anwendungen geeignet machen. Auch hier werden häufig zwei Effekte der Bestrahlung genutzt: Einerseits wird durch eine Pfropfung das Gel hergestellt, und andererseits werden die Wirkstoffe immobilisiert bzw. so in das Hydrogel eingebunden, dass sie in der Anwendung definiert abgegeben werden. Des Weiteren ließen sich durch geeignete Monomere die Oberflächenhärte und die Kratzfestigkeit verbessern.

### Erste praktische Erfahrungen

Die Pfropfpolymerisation findet heute kommerziellen Einsatz zur Herstellung von Membranen mit selektiver Permeabilität zum Beispiel als Ionentauscher. Dabei werden als polymere Träger Polyethylen, Polypropylen, Polyvinylchlorid und Polytetrafluorethylen verwendet. Aber auch Harze, die in Ionentauschern Einsatz finden, werden durch strahlenchemisches Pfropfen für diese spezielle Anwendung ausgerüstet.

### Anwendungsmöglichkeiten

#### Angedachte Einsatzgebiete von Bestrahlungsverfahren

- Erhöhung der Flammwidrigkeit
- Verbesserung der thermooxidativen Stabilität
- Laserschweißbarkeit von Kunststoffen durch Veränderung des Absorptionsverhaltens als Voraussetzung zum Laserschweißen
- Verbesserung der Verklebbarkeit von Kunststoffen
- Steigerung von Härte und Kratzfestigkeit
- Spezielle Effekte auch in Teilbereichen
- Verbesserung der Biokompatibilität von Kunststoffen
- Modifikation der Gleiteigenschaften
- Optimierung des Abriebs
- Verbesserung der Verträglichkeit von Kunststoffen
- Stabilisierung von Compounds

Das strahlenchemische Pfropfen hat in den zurückliegenden Jahren insbesondere in der Textilindustrie Anwendung gefunden. So wird beispielsweise der Tragekomfort von Polyamid-Fasern durch Aufpfropfen von Acrylsäure verbessert. Auch die Anfärbbarkeit der Fasern kann positiv beeinflusst werden, sie werden beständiger gegen Mikroorganismen, die Brennbarkeit wird reduziert und ein Gewebe aus derartigen Fasern ist knitterfest. Polyethylenterephthalatfasern laden sich nach dem Aufpfropfen von Polyalkylenglykolacrylat weniger elektrostatisch auf.

Als Vorteile einer Pfropfung durch Bestrahlen sind unter anderem zu nennen:

- Es entstehen echte chemische Bindungen. Die erzielten Effekte sind permanent, so dass die Eigenschaften über die Zeit hinweg erhalten bleiben.

- Unverträgliche Polymer-Polymer-Systeme oder Polymer-Monomer-Systeme werden stabil, da eine Entmischung aufgrund der chemischen Bindungen nicht mehr möglich ist.
  - Prinzipiell kann jedes Polymer gepfropft werden.
  - Die Reaktion erfolgt bei Raumtemperatur.
  - Es ist möglich, nur Teilbereiche zu pfropfen, auch in der Tiefe.
- Dr. Alfred Zyball, Geschäftsführer bei BGS, macht deutlich: „Die Vorteile einer Modifikation von Polymeren durch Pfropfen von geeigneten Monomeren oder von geeigneten Polymeren sind offensichtlich. In der Vergangenheit erfolgte diese Modifikation insbesondere bei Fasern oder Flächengebilden. Dieses Verfahren in seiner fast grenzenlosen Vielfalt kann auch auf massive Teile übertragen werden. Es ist auch denkbar, dass die Kunststoffe, die in Granulatform oder als Pulver vorliegen, bereits vor der Verarbeitung zum Fertigteil modifiziert werden. Die Möglichkeiten,

die sich durch den Einsatz dieses Verfahrens eröffnen, sind nahezu grenzenlos“ (siehe Kasten).

### Mit Energie mehr erreichen

Bestrahlung kann aber noch mehr: Kunststoffe können durch eine Bestrahlung so abgebaut werden, dass sie erst dadurch für den gezielten technischen Einsatz geeignet sind, wie zum Beispiel strahlenchemisch abgebautes PTFE zur Herstellung von niedermolekularem PTFE als Farbzusatz oder Zusatz bei Gleitmitteln oder der Abbau von PP zur Herstellung von Nukleierungsmittel für die Verarbeitung von PP.

Bestrahlt wird meist mit Elektronenstrahlen (Beta-Strahlen) in bestimmten Fällen auch mit der Strahlung von Kobalt-60 (Gamma-Strahlen). Deren Reichweite ist bedeutend größer als die von beschleunigten Elektronen. Die Strahlenvernetzung erfolgt bei Zimmertemperatur und Atmosphärendruck ohne die Bauteile zusätzlich zu stressen. ■

### DER AUTOR

DIPL.-ING. JOACHIM TATJE, geb. 1947, arbeitet als freier Autor in Bruchsal; tatje@viatico.de

### SUMMARY PLAST EUROPE

## GRAFTING AS AN UPGRADING TECHNIQUE FOR POLYMER MATERIALS

**RADIATION TECHNOLOGY.** Radiation can help create a bond between different molecules. This effect is used to create custom-made polymer properties or to upgrade available base material with additional enhancing characteristics. The resulting properties are stable for a long time since this method creates chemical bonds.

NOTE: You can read the complete article by entering the number **PE102770** on our website at [www.kunststoffe.de/PE](http://www.kunststoffe.de/PE).