

# Natürlich leistungsstark

## Druckluftbremsleitungen und Tankentlüftungsleitungen aus biobasiertem Polyamid 6.10

Sehr gute Leistungseigenschaften bei geringem Umwelteinfluss – dies waren die Anforderungen an zwei neue Polyamid-6.10-Extrusionstypen, die für den Einsatz im Automobil entwickelt wurden. Zwei aktuelle Anwendungsbeispiele sind Druckluftbremsleitungen für Lkw sowie von Fiat Chrysler Automobile entwickelte Tankentlüftungsleitungen für Pkw.

Extrudierte wärmeform- und medienbeständige Pkw-Tankentlüftungsleitung (blau) aus biobasiertem PA6.10 im Einbauzustand (© RadiciGroup)



Die Forschung an und Entwicklung von Polymeren mit verringertem Umwelteinfluss ist für Kunststoffhersteller eine große Chance. Werkstoffe, die auf erneuerbaren Ressourcen basieren und gleichzeitig hohe Anforderungen an die physikalischen, chemischen und mechanischen Eigenschaften erfüllen, sind mehr und mehr gefragt. In zahlreichen Einsatzgebieten können solche Materialien bereits Kunststoffe auf fossiler Rohstoffbasis ersetzen und somit zum nachhaltigeren Umgang mit Ressourcen beitragen. So hat die Geschäftseinheit Performance Plastics der RadiciGroup, Chignolo d'Isola/Italien, eine Reihe biobasierter Polyamid (PA) 6.10-Typen kommerzialisiert, die sich für die verschiedensten Anwendungen in allen industriellen Bereichen eignen. Diese werden anhand einer Lkw-Druckluftbremsleitung (**Bild 1**) und einer Tankentlüftungsleitung für Pkw (**Titelbild**) der Fiat Chrysler Automobiles (FCA), Orbassano/Italien, vorgestellt. Beide Anwendungen stellen besonders hohe Ansprüche hinsichtlich Freigabe und Materialprüfungen.

### Polymere Basis aus nachwachsenden Rohstoffen

PA6.10 entsteht durch Polykondensation von Hexamethylendiamin und Sebacinsäure (**Bild 2**). Sebacinsäure wird aus den Samen der Rizinuspflanze gewonnen und bildet die Komponente natürlichen Ursprungs. Die Rizinuspflanze wird vor allem in Indien und China angebaut. Da sie hauptsächlich auf trockenen Böden wächst, stellt sie keine Konkurrenz zur Produktion von Nahrungsmitteln dar. Hexamethylendiamin, das Monomer fossilen Ursprungs, kommt beispielsweise auch bei der Polymerisation von PA6.6 zum Einsatz.

Der Anteil an Sebacinsäure beträgt bei PA6.10 etwa 64 Gew.-%. Da die Rizinuspflanze während ihres gesamten Lebenszyklus Kohlenstoffdioxid durch Photosynthese abbaut, fällt die Umweltbilanz dieses biobasierten Kunststoffes deutlich vorteilhafter aus als bei einem vergleichbaren Typ aus fossilen Rohstoffquellen.



**Bild 1.** Extrudierte Druckluftleitung aus Radilon D 40EP25ZW 333 BK für die Pneumatikbremsanlage eines Lkw (© RadiciGroup)

So liegt das Treibhauspotenzial von PA6.10, ein Maß für den Umwelteinfluss durch CO<sub>2</sub>-Emissionen, signifikant unter dem herkömmlicher technischer Kunststoffe.

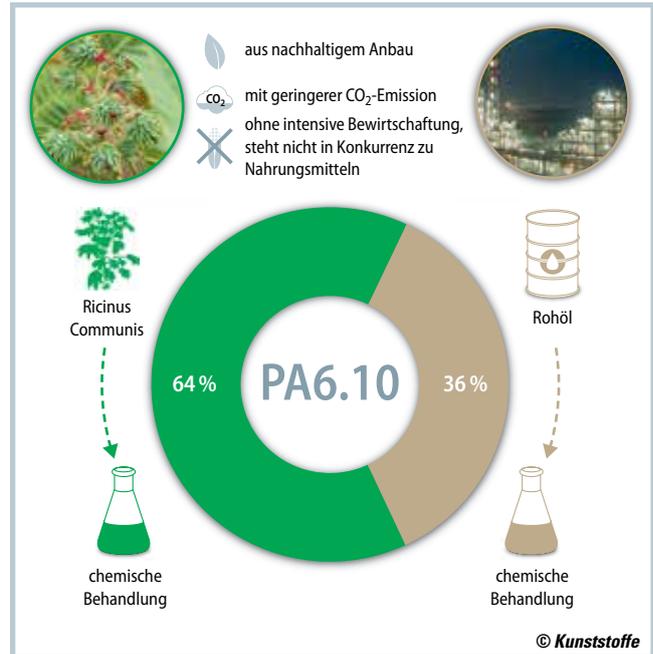
### Eigenschaften im Vergleich

PA6.10 ist ein teilkristalliner Kunststoff und ist als Spritzguss- und Extrusionstyp erhältlich. Zudem lassen sich Füllstoffe, Stabilisatoren und Additive einarbeiten, um gezielt anwendungsspezifische Eigenschaften einzustellen. Hervorzuhebende Eigenschaften sind geringe Wasseraufnahme, hohe Wärmeformbeständigkeit, sehr gute chemische Beständigkeit und gute mechanische Eigenschaften. Die Wasseraufnahme von Probestäben gemäß ISO 62 bei Lagerung in Normalklima (23°C, 50% relative Luftfeuchte) sowie bei Wasserlagerung ist in **Bild 3** dargestellt. Die Wasseraufnahme bei Wasserlagerung beträgt etwa ein Drittel des Werts von PA6 und PA6.6. Bei 50% relativer Luftfeuchte liegt die Feuchtigkeitsaufnahme zwischen den Werten für PA6.6 und PA12. PA6.10 eignet sich somit für die meisten Anwendungen, die eine gute Dimensionsstabilität in feuchten Umgebungen erfordern.

Die Schmelz- und Wärmeformbeständigkeitstemperatur (Heat Deflection Temperature, HDT) (**Bild 4**) liegen im Bereich von PA6, aber signifikant höher als bei PA11 und PA12. Dies ist besonders wichtig, wenn der Werkstoff als Alternative zu PA11 und PA12 eingesetzt werden soll. Beispielsweise für Anwendungen, in denen die Temperaturen über den von PA12 tolerierten Wert hinausgehen, wie es etwa bei Dieselkraftstoffleitungen der Fall ist. Zudem besitzt der Kunststoff eine sehr gute chemische Beständigkeit, auch in Gegenwart von Salzen wie Zinkchlorid und Calciumchlorid, eine hohe Hydrolysebeständigkeit, und er zeigt im Vergleich zu PA6 und PA6.6 nach Feuchtigkeitsaufnahme geringere Veränderungen der mechanischen Eigenschaften.

### Druckluftleitungen für Lkw-Pneumatikbremssysteme

Für den Einsatz in Druckluftleitungen für Pneumatikbremssysteme (**Bild 1**) hat die RadiciGroup den Extrusionstyp Radilon D 40EP-25ZW 333 BK mit verbesserter Viskosität entwickelt. Der Werkstoff besitzt eine hohe Flexibilität, um die Montage der Leitungen zu



**Bild 2.** Schematische Darstellung der Polymerisation von PA6.10. Es besteht zu 64 Gew.-% aus Sebacinsäure, gewonnen aus Rizinusöl (Quelle: RadiciGroup)

erleichtern, die besonders bei Lkw eine beträchtliche Länge erreichen können. Darüber hinaus ist er hitzestabilisiert und besitzt eine gute Wärmeformbeständigkeit, so dass daraus hergestellte Bauteile auch über einen längeren Zeitraum hohen Temperaturen ausgesetzt sein können.

Um die Freigabe für den Einsatz in Druckluftleitungen für Pneumatikbremssysteme zu erhalten, müssen die Werkstoffe unter anderem die Anforderungen der Normen DIN 74324 und ISO 7628 erfüllen. Die hier angeführten Daten entstammen Tests gemäß diesen zwei Normen. Geprüft wurden Leitungen mit Nenndurchmesser 8X1, die auf herkömmlichen industriellen Anlagen mit den in den Normen festgelegten Toleranzen gefertigt wurden. Die gemäß DIN 74324 berechneten Werte für die Basisspannung liegen über dem vorgegebenen Minimalwert von 20 N/mm<sup>2</sup>. Nach Wärmealterung in Luft (70 h bei 150°C) nimmt die Basisspannung zu. Nachfolgend die Ergebnisse weiterer gemäß ISO 7628 an den Leitungen durchgeführter Versuche vor und nach Wärme- bzw. UV-Alterung. Darüber hinaus wurde das Verhalten des Bauteils nach Kontakt mit Flüssigkeiten, darunter auch aggressiven Chemikalien, untersucht.

Aufgrund des Verlaufs des Berstdrucks bis zu einer Temperatur von 125°C ist der Werkstoff gemäß ISO 7628 für Leitungen bis 10 bar sowie bis 12,5 bar Nenndruck geeignet. **Bild 5** zeigt den Berstdruck nach Einwirkung spannungsrisauslösender Medien sowie nach Alterung in künstlichem Licht. Zur Prüfung der Spannungsrisbeständigkeit wurden die montierten Leitungen zunächst bei 60°C einer erhöhten Luftfeuchtigkeit von 85% ausgesetzt, anschließend um einen vorgegebenen Durchmesser gebogen und in regelmäßigen Abständen in eine korrosive Lösung getaucht. Dabei dürfen keine Risse auftreten. Außerdem muss der Wert für den Berstdruck mindestens 80% des ursprünglichen Wertes betragen. Die korrosive Lösung besteht aus 50% Wasser, Kupferchlorid, Kochsalz, Kaliumchlorid und Zinkchlorid- ➤

## Die Autoren

**Erico Spini** ist Marketing and Application Development Director Europe bei der Geschäftseinheit Performance Plastics der RadiciGroup, Chignolo d'Isola/Italien; erico.spini@radicigroup.com

**Maurizio Servetti** ist Leiter Zentrales Kunststofflabor im Group Research Centre von Fiat Chrysler Automobiles, Orbassano/Italien.

**Elisabetta Moschetto** ist Leiterin Zentrales Kunststoffprüflabor im Group Research Centre von Fiat Chrysler Automobiles.

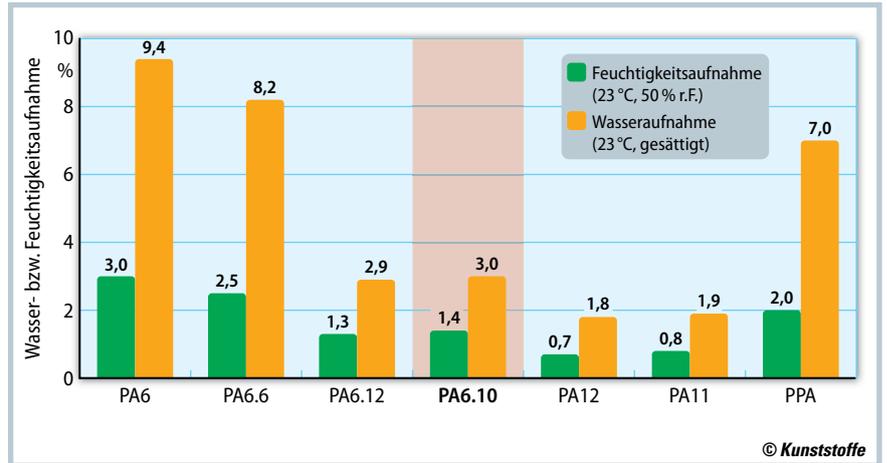
## Service

### Digitalversion

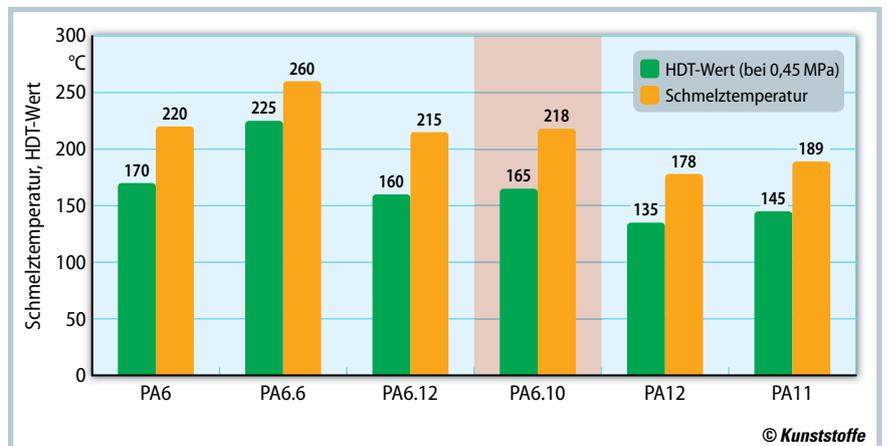
➤ Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/1414376](http://www.kunststoffe.de/1414376)

### English Version

➤ Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)



**Bild 3.** PA6.10 besitzt bei 50 % relativer Luftfeuchte eine deutlich geringere Wasseraufnahme als PA6 und PA6.6 und liegt bei Wasserlagerung im Bereich von PA12 (Quelle: RadiciGroup)



**Bild 4.** Bei PA6.10 sind die Wärmeformbeständigkeits- und Schmelztemperatur im Bereich von PA6 und deutlich höher als bei PA11 und PA12 (Quelle: RadiciGroup)

rid. Zur Alterung in künstlichem Licht wurde die Leitung 750 Stunden lang bei 65°C mit Xenon-Lampen bestrahlt. Auch in diesem Fall muss der Berstdruck mindestens 80% des ursprünglichen Werts betragen.

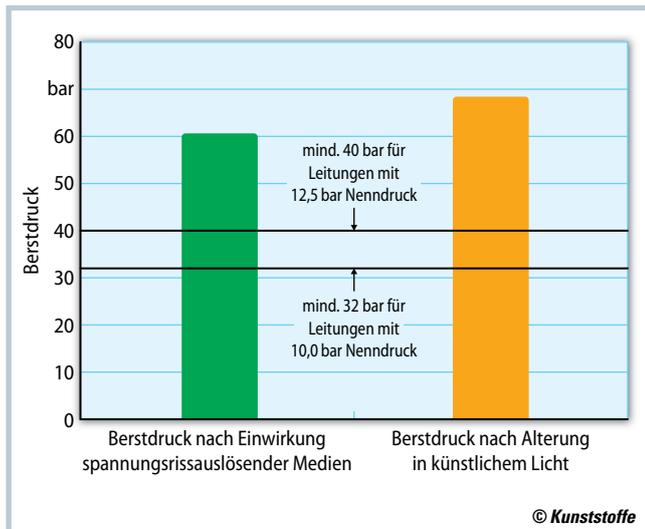
### Tankentlüftungsleitung für Pkw

Im Rahmen eines Gemeinschaftsprojekts mit FCA hat die RadiciGroup einen Werkstoff entwickelt, der ähnliche Eigenschaften besitzt wie der oben beschriebene. Das Material ist auf Kundenwunsch blau eingefärbt und kommt für die Fertigung von Tankentlüftungsleitungen für Pkw zum Einsatz (**Titelbild**). Herkömmlicherweise bestehen solche Bauteile aus einem mit Weichmacher versehenen und schlagzähmodifizierten PA12. Für die Zulassung müssen eine Reihe technischer Anforderungen erfüllt werden, die in den Fiat-Chrysler-Richtlinien FCA 9.02137/04 (Kunststoffleitungen mit Anschlüssen zur Ableitung von Kraftstoffdämpfen) und FCA 9.02144/01 spezifiziert sind. Bei der Entwicklung des Werkstoffs lag besonderes Augenmerk auf der guten Verarbeitbarkeit mittels Extrusion. Dafür sind geringe Bauteiltoleranzen eine unabdingbare Voraussetzung, die sich mit weniger gut verarbeitbaren Materialien nur schwer erreichen lässt. Die Wellrohre müssen, vor allem in den gewellten

Bereichen, strenge Maßtoleranzen einhalten, da zu dünne Wandbereiche zum Versagen der Leitung während des Betriebs führen.

Das Bauteil wurde einer Reihe von Tests unterzogen, um die Eignung für den Praxiseinsatz zu ermitteln. Zu den wichtigsten gehören die Tests zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften vor und nach der Exposition gegenüber aggressiven Chemikalien, nach Wärmealterung sowie in Kontakt mit Otto- und Dieseldampf.

Im Folgenden sind einige Einzelheiten zusammengefasst. So bestand das Bauteil die Druckprüfung mit Einleitung von Luft mit 2,5 bar vor und nach Wärmealterung bei 90°C für 168 h. Zudem war auch die Prüfung der Kaltschlagzähigkeit mittels Fallwerk (2 kg, Durchmesser des Fallkörpers 10 mm) aus 400 mm und 500 mm Höhe nach Lagerung bei -40°C für vier Stunden erfolgreich. Diese Tests erfolgten an neuen sowie an in 90°C für 168 h in heißer Luft gealterten Bauteilen. Außerdem wurde ein Abzugversuch der Leitung bzw. Anschlüsse im Neuzustand und nach Alterung im Kontakt mit Kraftstoffdämpfen bei 60°C über 168 h durchgeführt. Dafür wurde Ottokraftstoff TF1 (unverbleiter Ottokraftstoff, geringer Benzolgehalt + 10% Ethanol) und Dieseldampf EN 590 + 10% FAME (B100) verwendet. Zur Prüfung der Beständigkeit gegenüber Zinkchlorid wurde der Prüfkörper zu-



**Bild 5.** Berstdruck nach Einwirkung spannungsrisauslösender Medien und nach Alterung bei künstlichem Licht (Quelle: RadiciGroup)

nächst für 200h in wässriger Lösung mit 50 Gew.-% Zinkchlorid gelagert. Anschließend wurde er in einem Radius, der dem Fünffachen des Außendurchmessers der Leitung entspricht, um 180° gebogen. Danach gab es keine sichtbaren Beschädigungen, auch nicht an den Befestigungsstellen der Anschlüsse. Nach einer Lagerung für 200h bei 60°C in wässriger Lösung mit 50 Gew.-% Calciumchlorid und nachfolgender Biegung wie oben beschrieben ließen sich ebenfalls keine sichtbaren Beschädigungen feststellen, auch nicht an den Befestigungsstellen der Anschlüsse.

**Fazit**

Das Beispiel PA6.10 zeigt, dass Kunststoffe, die zu einem großen Anteil auf nachwachsenden Rohstoffen basieren, Werkstoffe aus fossilen Quellen auch in technischen Bauteilen ersetzen können. Spezielle, auf die jeweilige Anwendung abgestimmte Formulierungen tragen dazu bei, die Anforderungen für die Zulassung kritischer Bauteile wie Pneumatikbremsleitungen und Tankentlüftungsleitungen zu erfüllen bzw. zu übererfüllen. Mögliche neue Anwendungen ergeben sich derzeit durch die Nachfrage nach immer höheren Betriebstemperaturen. Aufgrund seiner höheren Wärmeformbeständigkeit im Vergleich mit bislang verwendeten Materialien könnten sich damit für PA6.10 weitere Einsatzmöglichkeiten im Bereich Kfz-Kraftstoffsysteme ergeben. ■

**Nichts mehr verpassen!**  
[www.kunststoffe.de/newsletter](http://www.kunststoffe.de/newsletter)

**Neue Potenziale heben!**

**KPA**

**KUNSTSTOFF PRODUKTE AKTUELL**

Die branchenübergreifende, regionale Beschaffungsplattform für aktuelle Kunststoffprodukte

28. und 29. März 2017, Messe Ulm

**Deutschlands erste B2B Branchenplattform nur für Kunststoffprodukte!**

- Präsentation Ihres kompletten Kompetenz- und Leistungsportfolios
- Gezieltes Netzwerken = Inspiration für neue Geschäfte

... mehr Informationen, weitere Vorteile und Buchung unter [www.kpa-messe.de](http://www.kpa-messe.de)

Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG  
 info@kpa-messe.de  
[www.kpa-messe.de](http://www.kpa-messe.de)

**HANSER**

**JETZT BUCHEN**

[www.kpa-messe.de](http://www.kpa-messe.de)