

# Weniger Wasser

## Polyamide mit verminderter Wasseraufnahme

Jose Poch Parramon, Iserlohn

Härtbare Kunststoffe, eingearbeitet in Polyamide, reduzieren deren Wasseraufnahme und verbessern die Steifigkeiten. Gleichzeitig bleiben die bei Polyamiden üblichen Verarbeitungseigenschaften erhalten.

Unter den technischen Thermoplasten nehmen Polyamide mit ca. 650 kt/a in Westeuropa eine Sonderstellung ein. Allein der Fahrzeugbau setzt in Westeuropa ca. 250 kt/a dieses Werkstoffs ein, Tendenz steigend. Weitere Einsatzgebiete für Polyamide mit einem Anteil von ca. 20% liegen in der Elektronik und Elektrotechnik.

Dieser große Bedarf resultiert aus dem hohen Eigenschaftsniveau der Polyamide wie hohe Festigkeiten, Steifigkeiten und Wärmeformbeständigkeiten so-

anderer Thermoplaste oder kostspieliger PA 11- bzw. PA 12-Typen.

Weiterentwicklungen von Polyamiden sind daher in Bereichen denkbar, bei denen gezielte Verstärkungen oder Modifizierungen Kosten- und/oder Gewichtsreduzierungen erzielen und die Wasseraufnahme verringern. Das Ergebnis einer neuen, zum Patent angemeldeten Kombination von Polyamiden und Duroplasten zeigt Möglichkeiten auf, einen Teil der gewichtssteigernden Glasfaser-Verstärkungen zu ersetzen, wobei gleichzei-

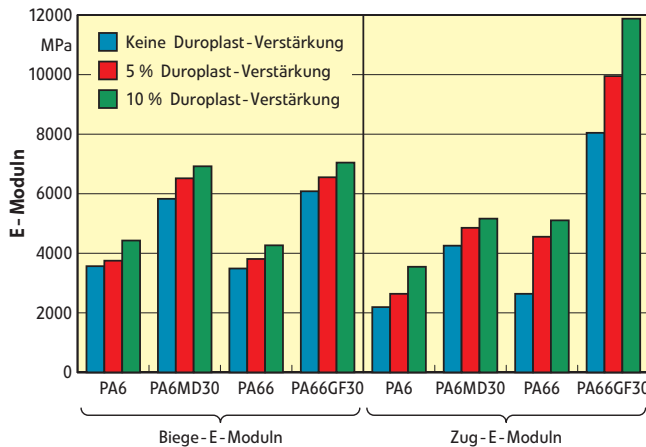
tig die Wasseraufnahme reduziert wird. Dabei werden die Duroplast-Komponenten im Verlauf des Compoundierprozesses ausgehärtet und liegen später als dreidimensionales Netzwerk vor. Der Verarbeiter kann das Produkt als Thermoplast mit den für Polyamiden üblichen Spritzgießparametern verarbeiten.

### Dreidimensionale Verstärkung von Polyamiden

Die gegenüber Duroplasten einfachere und kostengünstigere Verarbeitung thermoplastischer Kunststoffe wird naturgemäß auf Kosten einiger Eigenschaften erreicht, die den Duroplasten als räumlich vernetzte Endprodukte zu Eigen sind. Hier sind insbesondere alle Eigenschaften zu nennen, auf die sich eine höhere Steifigkeit und Härte des Kunststoffes positiv auswirken.

Wie viele Klebstoffe bestehen auch duroplastische Kunststoffe im Wesentlichen aus einem Harz-Härter-System und Füll- bzw. Verstärkungsstoffen. Dieses System härtet unter Wärmeeinwirkung zu einem dreidimensionalen, nicht mehr schmelzbaren Netzwerk aus. Frühere Versuche, die durch den Einsatz von

Bild 1. Übersicht über Zug- und Biege-E-Moduln von Polyamiden mit und ohne Duroplast-Verstärkung



wie gute Gleiteigenschaften und hohe Verschleißwiderstände. Das typische Eigenschaftsniveau ist sowohl auf den polaren Aufbau der Carbonsäureamid-Gruppe im Molekül als auch auf gezielte Verstärkungen - insbesondere Glasfaser-Verstärkungen - zurückzuführen. Als Nachteil weisen einige Polyamide wie PA 6 und PA 66 eine hohe Wasseraufnahme auf, die unter Betriebsbedingungen zum Abfall von Steifigkeit, Festigkeit und Dimensionsstabilität führt. Die hohe Wasseraufnahme erfordert bei zahlreichen Anwendungen den Einsatz

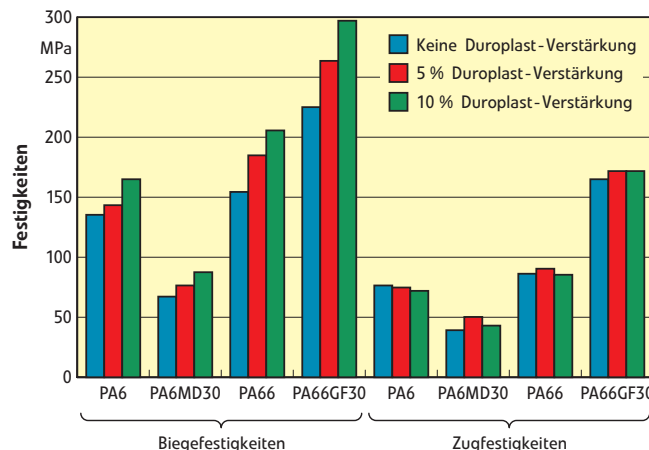


Bild 2. Übersicht über Zug- und Biegefestigkeiten von modifizierten und nichtmodifizierten PA 6- und PA 66-Typen

Polyamid	Wasseraufnahme (Sättigung)	Feuchtigkeitsaufnahme (23°C/50%rF)
PA6	F = 3,2 ± 0,1	F = 1,0 ± 0,1
PA66	F = 4,5 ± 0,2	F = 1,4 ± 0,1

Tabelle 1. Faktoren zur Abschätzung der Wasser- und Feuchtigkeitsaufnahme aus den Ergebnissen einer Konditionierung von 4 h bei 80°C

ausgehärtetem und gemahlenem Rezyklat einen Teil dieser Eigenschaften verbessern sollten, ergaben nur unbefriedigende Ergebnisse. Zudem sind die erforderlichen Mengen ausgehärteter Duroplaste nicht in ausreichender Quantität und gleichmäßiger Qualität erhältlich.

Durch gemeinsame Compoundierung dieser Harz-Härter-Systeme mit Polyamid wurde jetzt erreicht, dass sich in der Polyamid-Matrix eine homogene Verteilung des dreidimensionalen Netzwerks ausbildet. Die molekulare Vermischung der thermoplastischen und der duroplastischen Komponenten verhindert, dass der ausgehärtete Duroplast ähnlich einem inerten Füllstoff vorliegt. Das führt zu entsprechender Verbesserung der Steifigkeiten (Bild 1).

Ein Ergebnis höherer Steifigkeiten und Druckfestigkeiten sind die - verglichen mit den unmodifizierten Produkten - um 20 bis 40 % höheren Biegefestigkeiten, ohne wesentliche Änderungen der Zugfestigkeiten (Bild 2). Dieses Ergebnis ist besonders interessant, da es sich bei den meisten Belastungen im Formteil um Biegebelastungen handelt. In zahlreichen Anwendungen werden die Belastungsgrenzen durch maximale

Verformungen vorgegeben. Da durch niedrige E-Moduln bedingte Dehnungen zu Ausfällen führen können, sollten Kunststoffe nicht über die Grenzen irreversibler plastischer Verformungen belastet werden. Bei einer vorgegebenen Belastung erniedrigt ein höherer E-Modul die Dehnung und somit auch die Gefahr irreversibler Schäden.

### Reduzierung der Wasseraufnahme

Wasseraufnahmen in der Größenordnung von 2 bis 3 % unter Normalbedingungen und 7 bis 11 % bei Wasserlagerung schränken den Einsatzbereich der Polyamidtypen PA 6 und PA 66 erheblich ein. Dabei verschlechtert die Weichmacherefunktion von Wasser die Steifigkeiten und Festigkeiten der Formteile.

An den mit Duroplast modifizierten Produkten wurden reduzierte Wasseraufnahmen gemessen, ein Verhalten, das sich auf die mechanischen Eigenschaften nach einer Konditionierung positiv auswirkte. Die Wasseraufnahmen wurden nach einer vierstündigen Lagerung in einem bewegten Wasserbad von 80°C ermittelt und lassen sich mit hoher Genauigkeit auf die üblichen Datenblattangaben hochrechnen (Tabelle 1). Gegenüber den unmodifizierten Polyamiden ließen sich die Wasseraufnahmen um 40 bis 50 % bei PA 6- und um 30 bis 40 % bei PA 66-Compounds reduzieren (Bild 3). Die Wasseraufnahme erfolgt durch eine Anlagerung des polaren Wassermoleküls an die Carbonsäureamid-Gruppe und ist im Wesentlichen vom jeweiligen Polyamidgehalt im Compound abhängig. Es liegt daher nahe, den Einfluss der beschriebenen Zusätze

durch eine Normierung auf den Polyamidgehalt zu ermitteln und in einem Diagramm aufzutragen (Bild 4).

Die Erweichung der Polyamide durch den Einbau der Wassermoleküle führt zu einem deutlichen Abfall der Zugfestigkeiten auf 40 bis 50 % der Ausgangswerte nach einer Sättigung bei 20°C und 65 % r.F. [1]. Es ist daher nicht verwunderlich, wenn eine geringere Wasseraufnahme diesem Verhalten entgegenwirkt und der Festigkeitsabfall nach einer vierstündigen Konditionierung bei 80°C reduziert wird (Bild 5). Es stellte sich heraus, dass, unabhängig von der gewählten Grundrezeptur, bei den beiden untersuchten Polyamiden PA 6 und PA 66 der prozentuale Eigenschaftsabbau mit einer Genauigkeit von ±8% durch jeweils einen Balken im Diagramm darstellbar ist. Während bei den unmodifizierten Produkten nach der Konditionierung alle Eigenschaften auf 50 bis 60 % der Ausgangswerte abfielen, wurden bei den modifizierten Produkttypen Biege-

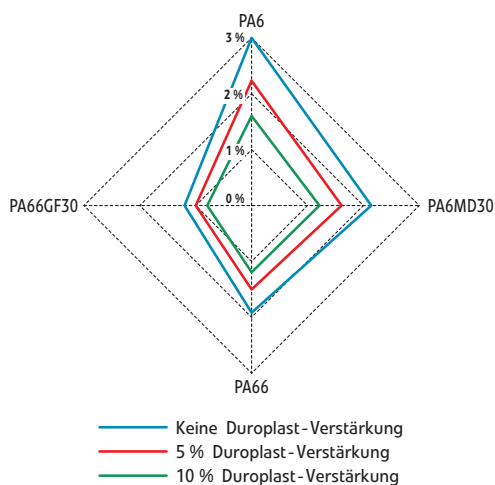


Bild 3. Wasseraufnahme von modifizierten und nicht-modifizierten Polyamiden nach Konditionierung über 4 h bei 80°C

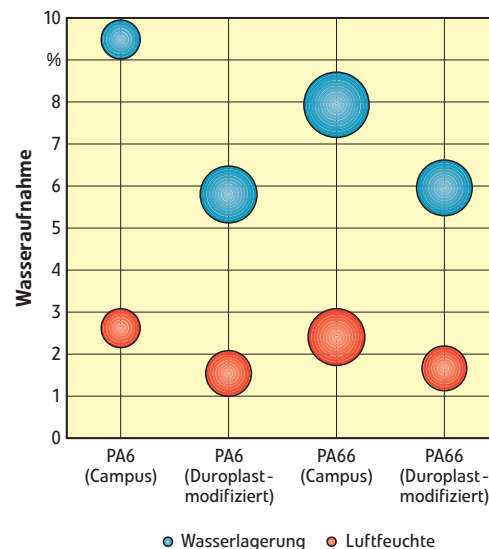
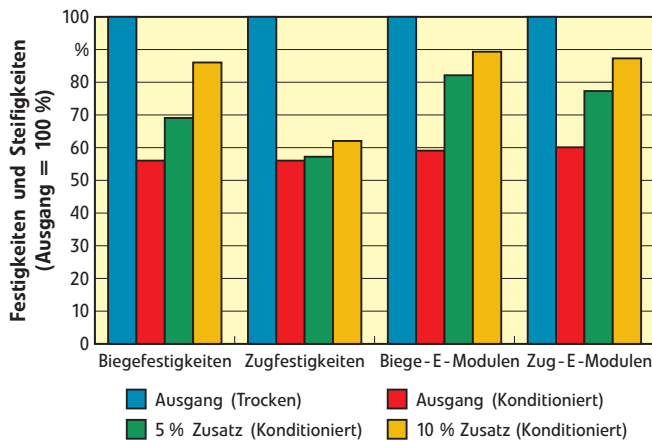


Bild 4. Vergleich der auf den Polyamidanteil bezogenen Wasseraufnahmen (Campus-Angaben der Firmen: Bayer AG, BASF AG, GE Plastics Europe und Elf Atochem)

festigkeiten und E-Module gemessen, die nur 10 bis 20% unter dem Wert des unmodifizierten Produkts im trockenen Zustand lagen.

Die weich machende Funktion des Wassers wird anhand der Spannungs-Dehnungs-Kurven anschaulich dargestellt (Bild 6). Nach einer 50tägigen Wasserlagerung kennzeichnen niedrige Stei-

Bild 5. Abfall der mechanischen Eigenschaften nach einer Konditionierung von 4 h bei 80°C



festigkeiten (ca. 35% der Ausgangswerte) mit hohen Bruchdehnungen den Verlauf unmodifizierter PA 66-Typen. Demgegenüber stehen höhere E-Moduln mit geringeren Bruchdehnungen bei den modifizierten Produkttypen. Bild 6 verdeutlicht außerdem, welche Entwicklungsspektren in diesem System vorhanden sind. Zusätzlich zu unterschiedlichen Duroplast-Konzentrationen ist der Einsatz verschiedener Duroplast-Systeme und die Variation der Harz-Härter-Verhältnisse möglich, mit dem Ziel, Polyamide mit definierten Eigenschaften zu konfektionieren.

**Trends**

Welche Anwendungsfälle sind nun für diese Produkte denkbar? Teile in Haushaltsgeräten und Einrichtungen in

Feuchträumen lassen sich aus Polyamiden mit einer verminderten Wasseraufnahme herstellen. Die Gleiteigenschaften, Verschleißwiderstände, Wärme-standfestigkeiten und Festigkeiten der Polyamide sind heute schon der Grund für zahlreiche Anwendungen in Zahnrädern und Antriebsketten. Höhere Steifigkeiten und Biegefestigkeiten erweitern diese und ähnliche Einsatzbereiche, nicht zuletzt durch eine Erhöhung der Betriebssicherheit.

Kunststoffverschraubungen sind immer dann kritisch, wenn durch niedrige E-Moduln und Kaltfluss die Gefahr besteht, dass sich die Verbindungen lösen. Auch in diesen Bereichen sind Sicherheitsreserven möglich. Gewichtsreduzierungen sind im Automobilbau immer wieder ein Thema. Durch eine Duroplast-Verstärkung sind Polyamide mit

ähnlichen Eigenschaftsspektren, aber niedrigeren Glasfasergehalten denkbar. Bei PA 66 mit 10% Duroplast-Verstärkung wurden Biegefestigkeiten in der Größenordnung von PA 66 GF30 ermittelt. Ein Austausch von 10% Glasfasern durch 10% Duroplast würde eine Gewichtsreduzierung von ca. 0,1 g/cm<sup>3</sup> ergeben.

Die Wasseraufnahme wirkt sich bekanntlich auf Eigenschaften wie Kaltfluss, Dimensionsstabilität und Durchschlagfestigkeit ebenfalls negativ aus. Der Einfluss einer Duroplast-Versteifung auf diese Eigenschaften ist noch zu überprüfen, wodurch sich weitere Anwendungen erschließen ließen.

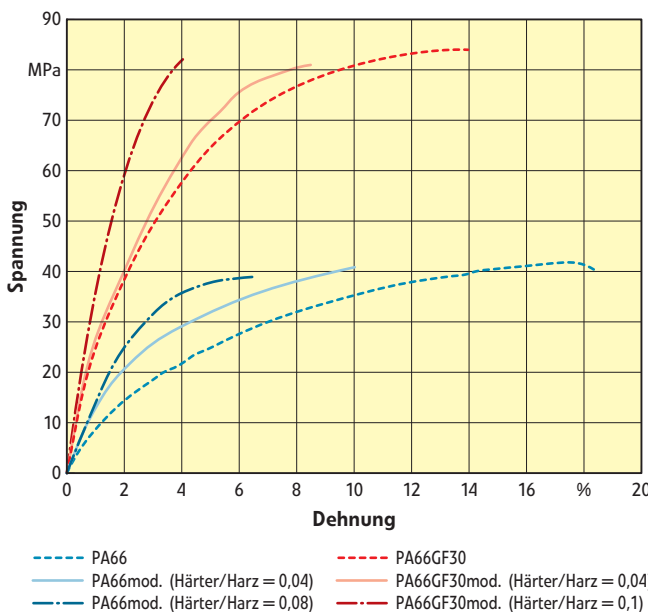
**Literatur**

- 1 Keller, P.: Der Stoff, aus dem die Prototypen sind. Kunststoffe 89 (1999) 11, S. 58-62
- 2 Campus-Datenbank Firma Bayer AG - 8/97
- 3 Campus-Datenbank Firma BASF AG - 10/98
- 4 Campus-Datenbank Firma GE Plastics Europe - 07/99
- 5 Campus-Datenbank Firma Elf Atochem - 12/96

**Der Autor dieses Beitrags**

Dipl.-Ing. Jose Poch Parramon, geb. 1952, ist nach mehrjähriger Tätigkeit in der Verarbeitung, Entwicklung und Anwendungstechnik thermoplastischer und duroplastischer Kunststoffe als selbständiger Berater tätig.  
Kontakt: anwendungsberatung.atk@debitel.net

Bild 6. Spannungs-Dehnungs-Verläufe von unmodifiziertem und mit 5% Duroplast modifiziertem PA 66 bzw. PA 66 GF30 nach 50 d Lagerung in Wasser



**Kunststoff Web**

Diesen Beitrag finden Sie als Volltextversion auch im Kunststoffweb.  
[www.kunststoffweb.de](http://www.kunststoffweb.de)