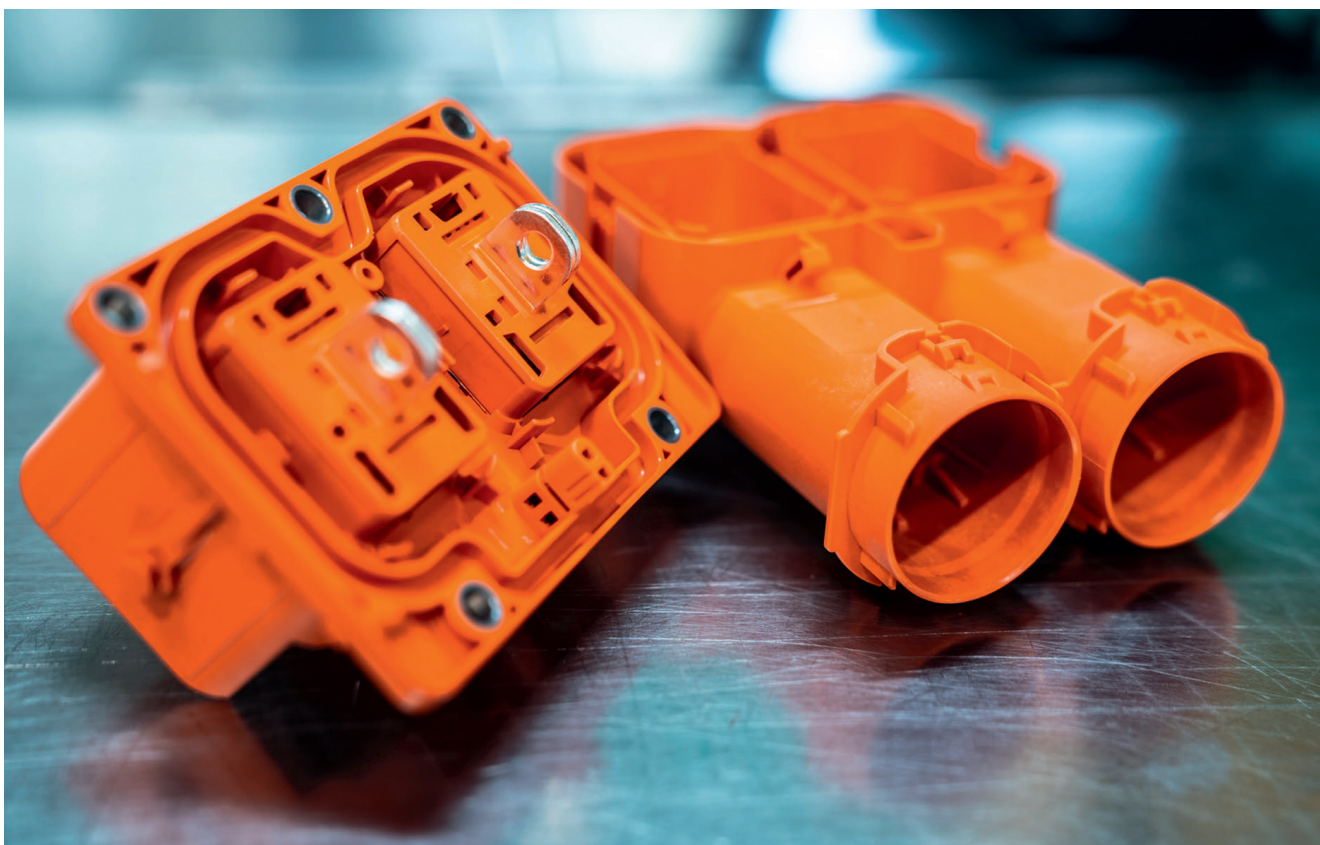




# PA-6-Compounds ersetzen PA 66

## Polyamid (PA)

Die weltweite Marktsituation ist bei PA 6 und PA 66 sehr unterschiedlich. Während bei PA 6 die Nachfrage und die Kapazitäten an Vorprodukten und Basispolymeren ausgeglichen sind, kommt es bei PA 66 und insbesondere beim Vorprodukt Adiponitril (ADN) immer wieder zu Lieferengpässen. Das führt zu teilweise drastischen Preiserhöhungen. Deshalb setzen immer mehr Anwender auf Alternativen zu PA 66.



Hochvoltstecker aus orange eingefärbtem Durethan BKV45FN04 kommen u.a. in Elektrofahrzeugen zum Einsatz. Für Kunststoffe bei Li-Ionen-Batterien ist oft eine UL94-V-0-Klassifizierung notwendig © Lanxess

Die weltweite Produktion von Polyamid-6-Basisharz (PA 6) und Polyamid-66-Basisharz (PA 66) stieg 2018 auf 8,4 Mio. t. 2016 lag sie noch bei 7,5 Mio. t (Quelle: Wood Mackenzie Polyamide Global Supply Demand Analytics Service („Yellowbook 2019“)). PA 66 hatte daran einen Anteil von rund 26 %. Mehr als die Hälfte davon wurde zu Compounds verarbeitet, der Rest vor allem zu Fasern wie industriellen Filamenten, Textilfasern und

Teppichgarnen. Bei PA 6 dominierte hingegen die Faserherstellung. Auf sie entfielen fast zwei Drittel des Verbrauchs. Textilfasern hatten daran den größten Anteil. Rund ein Viertel des PA 6 wurde zu Compounds verarbeitet, etwa 10 % gingen in Folienanwendungen.

Die Hersteller von Automobilen waren 2018, wie bereits in den Jahren zuvor, mit einem Anteil von knapp über 50 % die wichtigsten Abnehmer von PA-6- und

PA-66-Compounds, gefolgt von der Elektro- und Elektronikindustrie mit einem Anteil von ca. einem Drittel. Rund die Hälfte des Absatzes von PA 6- und PA-66-Compounds entfiel auf den asiatisch-pazifischen Raum. Der Löwenanteil davon ging nach China. Die Volksrepublik war für fast ein Drittel des globalen Verbrauchs verantwortlich. Sie ist der größte Markt und zugleich „Wachstumslokomotive“ für PA-6- und PA-66-Compounds.

In den vergangenen drei Jahren waren die weltweite Nachfrage und die Produktion bei PA 6 ausgeglichen. Das gilt auch für das PA-6-Monomer Caprolactam. Die aufgrund des massiven Kapazitätsausbaus in China befürchtete Überschwemmung des weltweiten Markts mit dem Vorprodukt ist aus mehreren Gründen ausgeblieben. Der Bedarf an Caprolactam nahm sowohl in China als auch in den USA und Europa stark zu. In China trieb zum Beispiel das gute Wachstum der Textilindustrie die Nachfrage nach PA 6 und damit nach Caprolactam an. Außerdem trugen Anlagenschließungen in Europa und den USA zu einem ausbalancierten Verhältnis von Nachfrage und Kapazität für Caprolactam bei. Fibrant, Urmond/Niederlande, schloss zum Beispiel 2017 seine Anlage im US-amerikanischen Augusta im Bundesstaat Georgia. BASF verringerte 2018 am Standort Ludwigshafen die Caprolactam-Kapazität um 100 000 t/a.

### PA 6: Kapazitäten und Nachfrage ausbalanciert

Die in der Vergangenheit starke Preisvolatilität bei Caprolactam hat einige Hersteller des Monomers dazu bewogen, massiv in den Bau von PA-6-Basisharz- und Compoundieranlagen zu investieren. Der polnische Chemiekonzern Grupa Azoty steigerte beispielsweise 2017 durch eine weitere Anlage für PA-6-Basisharz seine Jahreskapazität um 80 000 t. Das Unternehmen Kuibyshevazot nahm im Frühjahr 2018 in Togliatti eine zusätzliche, fünfte PA-6-Basisharzanlage in Betrieb. Dadurch steigerte der russische Hersteller sei-


ne Kapazitäten um 58 400 t/a auf 212 000 t/a. Der stärkste Ausbau an Kapazitäten erfolgte allerdings in China. Beispielsweise erhöhte Jiangsu Haiyang Chemical Fibres Co. Ltd. ihre Produktion um 170 000 t/a.

### PA 66: Versorgungsprobleme und Preisanstieg


Im Vergleich zu PA 6 entwickelt sich der Markt für PA 66 gänzlich anders. Ihn belastet bereits seit Jahren ein strukturelles Versorgungsproblem. Zwar reichen die globalen Kapazitäten für PA-66-Basisharz gerade aus, um die Märkte zu versorgen. Doch führen vorübergehende Anlagenschließungen sofort zu Engpässen. Sehr viel dramatischer ist die Situation bei der PA-66-Monomervorstufe Adiponitril (ADN), die zu Hexamethyldiamin (HMDA) weiterverarbeitet wird. Weltweit existieren für ADN, neben einer kleineren Produktion in Japan, nur vier Großanlagen, die auf den Technologien zweier Hersteller basieren. Drei davon stehen in den USA, eine in Frankreich. Der Bau einer ADN-Großanlage in China wurde 2015 nach einer Explosion bei der Inbetriebnahme gestoppt.

Um die Versorgung aller PA-66-Hersteller mit HMDA sicherzustellen, müssen alle ADN-Anlagen gleichzeitig laufen. Fällt nur eine der Großanlagen aus, entsteht sofort ein deutlicher Engpass. Wie schwierig die Situation ist, zeigte sich im Winter 2017/2018 und im Lauf des Jahres 2018. Zu der Zeit häuften und überschritten sich mehrere Force-Majeure-Fälle.

Infolge der gehäuften Produktionsausfälle und Versorgungsprobleme »

**KIEFEL TECHNOLOGIES** 

A Member of Bredelar Group



**DRIVING YOUR PERFORMANCE**

**K 2019**

**HALLE 3**

**E90**

Live!

Die neuen Thermoformanlagen von Kiefel.

---

Düsseldorf  
16–23 Oktober

[www.kiefel.com](http://www.kiefel.com)

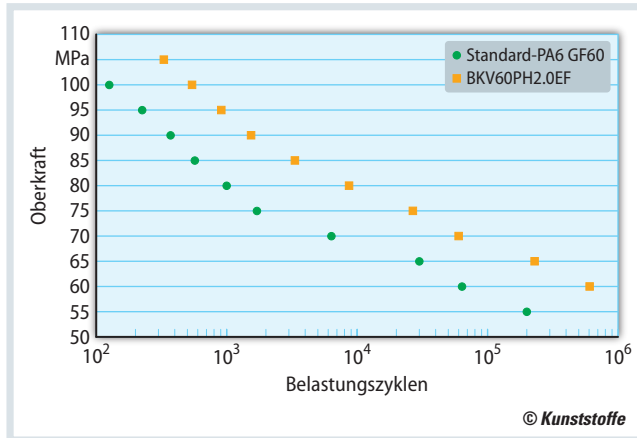


**Bild 1.** Bei dem Lenkstockschaltergehäuse für mehrere Fahrzeugmodelle von Ford wurde PA 66 im laufenden Serienwerkzeug durch das PA 6 Durethan BKV30H3.0 ersetzt (© Kostal)



**Bild 2.** Durethan BKV60PH2.0EF zeigt im Ermüdungstest im Vergleich zum Standardmaterial mit gleichem Glasfasergehalt eine teils mehrfach höhere Betriebsfestigkeit gegen eine pulsierende Belastung

(Quelle: Lanxess)



drohten unter anderem bei einigen Automobilherstellern die Bänder stillzustehen. Außerdem zogen die publizierten Preise für PA 66 extrem an. Von Januar 2017 bis Oktober 2018 erhöhten sie sich in Europa um mehr als 40 %, also circa um 1500 EUR je Tonne. In China verdoppelte sich sogar der Preis auf über 4000 USD pro Tonne.

Die Reaktionen auf die strukturelle Anfälligkeit des PA-66-Marktes sind unterschiedlich. Im August dieses Jahres haben sich BASF, Solvay und Domo Chemicals darauf geeinigt, dass Domo das europäische PA-66-Geschäft von Solvay erwerben wird. Diese Transaktion soll vorbehaltlich der Genehmigung durch die zuständigen Wettbewerbsbehörden bis Ende 2019 abgeschlossen werden. BASF wird das globale PA-66-Geschäft von Solvay außerhalb von Europa erwerben. Dazu gehört auch der 50-prozentige Anteil an der ADN-Produktion von Butachimie. Die Transaktion zwischen BASF und Solvay soll ebenfalls bis Ende 2019 abgeschlossen werden, vorausgesetzt, die

zuständigen Wettbewerbsbehörden stimmen der Transaktion zwischen Domo und Solvay zu. Durch die Übernahme stärkt BASF seine Wertschöpfungskette bei PA 66.

Auf Anwenderseite hingegen findet eine wachsende Abkehr von PA 66 statt. Viele Unternehmen akzeptieren nicht mehr die hohen Preise für PA-66-Compounds und die nach wie vor drohenden Versorgungsengpässe. Das gilt unter anderem für viele Automobilhersteller, die besonders auf eine hohe Lieferzuverlässigkeit angewiesen sind. In einer bisher noch nie dagewesenen Intensität hat daher eine Substitutionsbewegung hin zu preiswerteren und sicher verfügbaren Thermoplasten eingesetzt (**Bild 1**).

Zurzeit ist die Nachfrage nach PA 66 aufgrund der weltweit nachlassenden Automobilproduktion, der schwächeren Konjunktur in China und dem Zollstreit zwischen den USA und der Volksrepublik zwar geringer. Dennoch gewinnt der massive Substitutionstrend weiterhin an

Fahrt. Das liegt vor allem daran, dass die strukturellen Versorgungsprobleme bei ADN und die daran gekoppelten hohen Preise für PA 66 wahrscheinlich noch auf längere Zeit bestehen bleiben werden.

Die ADN-Produzenten sind inzwischen durch den Substitutionstrend und die großen wirtschaftlichen Probleme bei vielen Faserherstellern alarmiert. Sie haben daher zum Teil angekündigt, die Kapazitäten erhöhen zu wollen. Invista beispielsweise möchte in seinem Werk in Shanghai bis 2023 eine neue World-Scale-Anlage für ADN mit einer Kapazität von 400 000 t/a errichten. Außerdem versucht das Unternehmen, mittels eines Technologie-Updates den Ausstoß von zwei Anlagen in Texas um 35 000 t/a und in Frankreich entsprechend dem Joint-Venture-Anteil um bis zu 50 000 t/a zu steigern.

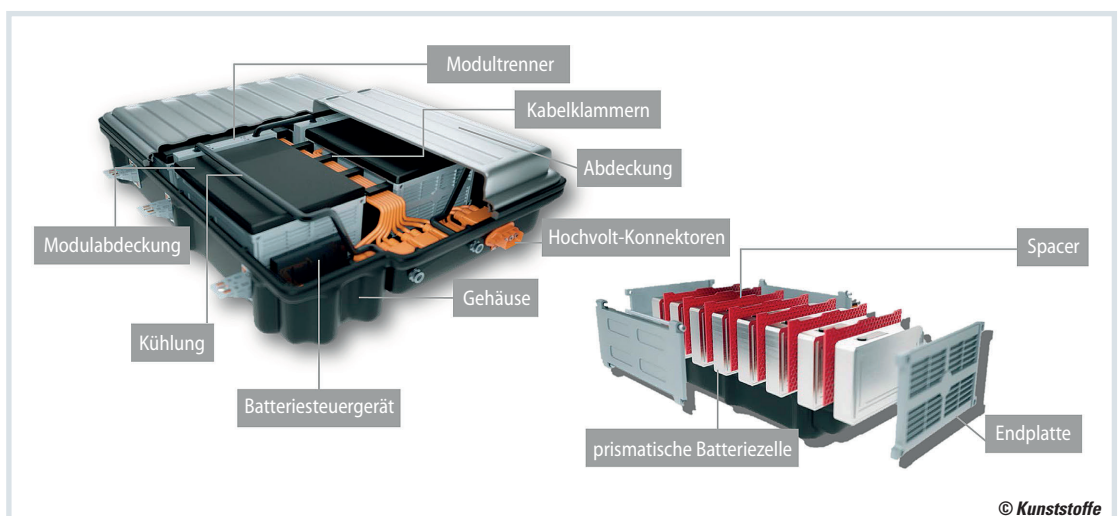
### Investitionen bei PA 66 reichen nicht für eine sichere Versorgung

Die angekündigten Investitionen reichen nach Ansicht vieler Marktbeobachter jedoch nicht aus, um das strukturelle Versorgungsproblem zu lösen und dem Wachstum des PA-66-Marktes mittelfristig Rechnung zu tragen. Hinzu kommt, dass einige PA-66-Hersteller neue Anlagen errichten möchten. Beispielsweise plant Invista, seine Produktion in Shanghai bis 2020 um 40 000 t/a auf 190 000 t/a zu erhöhen. Auch die Shenma Group will ihre Kapazitäten dort um 20 000 t/a erweitern.

Die Compoundierkapazitäten für PA 6 und PA 66 nehmen weltweit weiter zu. Bereits 2017 kündigte Celanese etwa an, seine Kapazitäten u. a. für PA 6 und PA 66 an den Standorten Nanjing und Suzhou

**Bild 3.** PA 6 und PA 66 profitieren von der zunehmenden Bedeutung der Elektromobilität. Bei Li-Ionen-Batterien bieten sie sich etwa als günstige Alternative zum Metalldruckguss an

(© Lanxess)



in China, Florence und Bishop in den USA sowie Forli in Italien um insgesamt 50 000 t/a erhöhen zu wollen. DuPont plant eine neue Compoundieranlage u. a. für PA 6 und PA 66 in Zhangjiagang in der chinesischen Provinz Jiangsu, die 2020 in Betrieb gehen und bis 2023 weiter ausgebaut werden soll. Lanxess eröffnet in Kürze in Changzhou in China eine Produktionslinie mit einer Jahreskapazität von 25 000 t.

Der Chemiekonzern erweitert außerdem derzeit in Krefeld-Uerdingen seine Compoundieranlagen um eine weitere Produktionslinie, wobei die installierten Kapazitäten größer sein werden als in Changzhou. Das Investitionsvolumen liegt im mittleren zweistelligen Millionen-Euro-Bereich. Die neue Anlage ist so ausgelegt, dass ihre Kapazität in den nächsten Jahren abhängig vom Bedarf schrittweise vergrößert werden kann. Auch andere Hersteller investieren in Deutschland. BASF etwa hat 2017 in Schwarzheide seine Compoundierung um 70 000 t/a ausgebaut. Domo Engineering Plastics erweiterte Mitte diesen Jahres seine Kapazitäten u. a. für PA-6-Compounds am deutschen Standort Premnitz um 20 000 t/a.

Einige Akteure versuchen, neben Investitionen in den Kapazitätsausbau auch durch Akquisitionen zu wachsen. Celanese hat 2017 mit Nilit Plastics das PA-66-Compounding-Geschäft der israelischen Nilit Group und Anfang dieses Jahres den indischen Compoundeur Next Polymers übernommen. Bereits im Jahr davor hatte das Unternehmen den italienischen Compoundeur So.F.Ter Group erworben.

Aufgrund der angespannten Situation des PA-66-Marktes bieten viele Compound-Anbieter inzwischen Produkte an, die auf den Austausch von PA 66 zielen. Neben PBT ist dabei besonders PA 6 ein gut geeigneter Kandidat, da es sehr ähnliche Eigenschaften besitzt. Konditioniertes, glasfaserverstärktes PA 66 ist steifer und fester, aber nicht zäher. Geringfügig höhere Glasfasergehalte im PA 6 führen jedoch zum gleichen Eigenschaftsniveau bei leichterer Verarbeitbarkeit und besseren Oberflächenqualitäten. PA 6 ist thermo- und witterungsstabiler, PA 66 hingegen etwas chemika-

lienbeständiger bei Wärme. Auch Blends aus PA 6 und PA 46 werden als Alternative angeboten. DSM, weltweit der einzige große Hersteller von PA 46, hat mit Akulon IG Produkte mit 25 und 35 % Glasfasergehalt vorgestellt. Sie eignen sich insbesondere für Anwendungen mit höherer Temperaturbelastung.

### Compounds ersetzen PA 66

Ein Beispiel für PA-6-Compounds zur Substitution von PA 66 in Anwendungen mit einer hohen dynamischen Belastung ist

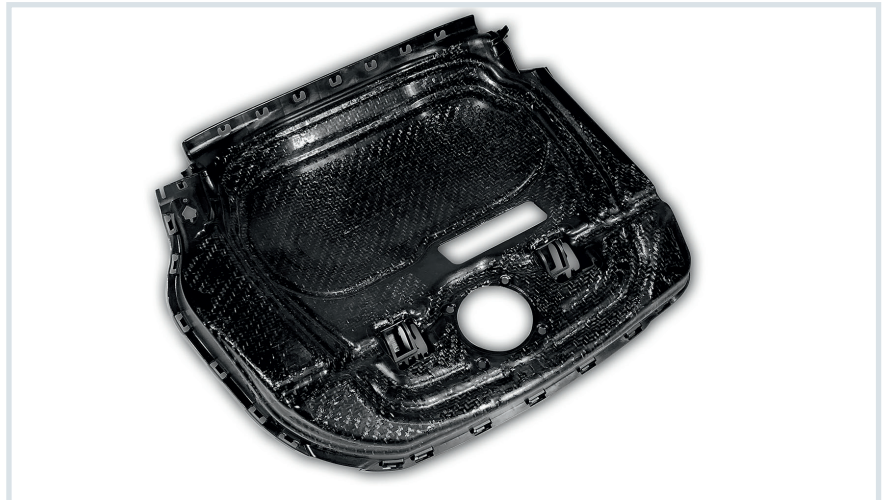
die Nylaforce-Dynamic-Reihe der Brenntag GmbH. Sie besitzt Glasfasergehalte von 50 und 60 % und zeichnet sich durch hohe Zugfestigkeit und Elastizität aus. Lanxess führt derzeit mit Durethan P eine neue Reihe von PA-6-Compounds mit hoher Betriebsfestigkeit in den Markt ein. Die Glasfasergehalte reichen von 30 bis 60 %. Die Konstruktionswerkstoffe sind gegenüber vergleichbaren Standardprodukten teilweise mehrfach beständiger gegen pulsierende Belastungen (Bild 2). Außerdem ist ihr statisch-mechanisches Verhalten besser als bei Standard »

DER PÖPPELMANNEFFEKT:  
**Ressourcenschonende Verpackungen.**

✘ Reduce  
 ♻ Reuse  
 ♻ Recycle

Düsseldorf  
 2019 16.-23.10.2019  
 Halle 5, Stand B38

PÖPPELMANN  
 FAMAC



**Bild 4.** PA 6 kommt im Auto nicht nur bei den Batterien von Elektrofahrzeugen, sondern beispielsweise auch für die Innenausstattung zum Einsatz. Im Bild ist als Beispiel eine Sitzschale des Audi A8 zu sehen (© Lanxess)

PA-6-Typen mit vergleichbarem Glasfasergehalt. Im Antriebsstrang von Automobilen bieten sie sich als Alternative zu PA 66 an für Ölwanne, Ölfiltermodulen, Zylinderkopfhäuben, Motor- und Fahrwerkslagern, Kopplungsstangen und Luftfedersystemen. Erste Erfahrungen zeigen, dass der Materialaustausch häufig mit Produkten gleichen Glasfasergehalts erfolgen kann. Auf diese Weise kommt es zu keiner erhöhten Materialdichte und somit auch keinem höheren Bauteilgewicht.

Auch im Elektro- und Elektronikbereich steht PA 66 unter Druck. Beispielsweise haben die Preise für Compounds mit rotem Phosphor als Flammenschutz stark zugelegt, weil sich neben PA 66 auch roter Phosphor verteuert. Eine wirtschaftliche Alternative zu solchen Compounds mit Glasfaseranteilen um 25 % ist zum Beispiel das halogenfrei flammgeschützte Durethan BKV25FN04 von Lanxess. Bei der Fertigung von Spulenkörpern und Statoren stellt es unter anderem einen passenden Ersatz dar. Das PA 6 ist ähnlich zug- und bruchfest und schlagzäh, seine Kriechstromfestigkeit (CTI A, Comparative Tracking Index, IEC 60112) mit 600 V sogar etwas höher. Es erreicht im UL94-Brandtest der US-Prüfgesellschaft Underwriters Laboratories Inc. (UL) eine V-0-Einstufung (0,75 mm) und ist UL-f1-gelistet (ab 0,75 mm).

Eine weitere Alternative ist das ebenfalls halogenfrei flammgeschützte Durethan BKV45FN04. Es besitzt eine hohe Kriechstromfestigkeit von 600 V (CTI A) und außerdem die UL94-V-0-Klassifizie-

rung (0,4 mm). Das PA 6 ist mit 45 % Glasfasern verstärkt und daher besonders steif und fest. Es besteht die Prüfungen der europäischen Norm DIN EN 45545 zum Brandschutz in Schienenfahrzeugen mit der bestmöglichen Einstufung „Hazard Level 3“. Das gilt für Bauteile wie etwa Drosselspulen, die in den Anforderungssätzen R22 und R23 gelistet sind. Gegenüber PA-66-Compounds mit rotem Phosphor weisen beide PA-6-Typen eine bessere Oberflächengüte auf und lassen sich außerdem hell einfärben.

Auch PA-6-Compounds mit halogenhaltigem Flammenschutz können eine Alternative zu PA 66 mit rotem Phosphor sein. Ein Beispiel ist Durethan BKV25F30. Es bietet sich zur Herstellung von Schaltern an und verfügt über eine hohe Glühdrahtfestigkeit am Fertigteil nach IEC 60695-2-1 (GWEPT, Glow Wire End Product Test).

### *Wachstumsmarkt neue Mobilität*

Der Trend zu Elektrofahrzeugen, zum autonomen Fahren und zu mehr Konnektivität in der Mobilität wird eine starke Zunahme an elektrischen und elektronischen Funktionen im Auto zur Folge haben. Trotz dieser vielen Funktionen müssen die Autos leicht bleiben, damit unter anderem die Reichweite pro Batterie-ladung ausreichend groß ist. Von diesen Entwicklungen profitieren PA-6- und PA-66-Compounds, aber auch endlosfaserverstärkte PA-Composites. Ein gutes Beispiel dafür ist die Lithium-Ionen-Batte-

## Datenbasis und Quellen

Alle Marktangaben basieren auf eigenen Erhebungen und Einschätzungen von Lanxess. Die darüber hinausgehenden Informationen zu Investitionen und technischen Entwicklungen stammen aus dem eigenen Haus bzw. aus Presseinformationen der genannten Unternehmen.

## Service

### Digitalversion

- » Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/2019-10](http://www.kunststoffe.de/2019-10)

### 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)

rie. Sie ist das Herzstück der Elektromobilität. PA-Werkstoffe können an vielen Stellen helfen, ihre wirtschaftliche Großproduktion zu ermöglichen – oft als kostengünstige Alternative zu traditionellen Verarbeitungsverfahren wie Metalldruckguss (Bild 3).

Ein Fokus liegt aus Sicherheitsgründen auf einer hohen Flammwidrigkeit der Kunststoffe. Gefordert wird meistens eine V-0-Klassifizierung im UL94-Test. Das bereits erwähnte Durethan BKV45FN04 entspricht diesen Anforderungen. Aufgrund seiner sehr hohen Steifigkeit und Festigkeit bietet es sich für Modulträger, aber auch für Zellrahmen und Endplatten von Batterien an. Das PA 6 steht inzwischen auch in einer orangen Einfärbung nach RAL 2003 zur Verfügung. Die Produktvariante gehört zu einer von Lanxess entwickelten Palette an orange eingefärbten Compounds, die auch unter Wärmebelastung dauerhaft farbstabil sind. Sie sind für stromführende, mit Kunststoff ummantelte Komponenten wie Hochvoltstecker vorgesehen, die unter höheren Spannungen stehen. Diese Bauteile werden zunehmend orange gekennzeichnet (Titelbild).

Die Leistung und Lebensdauer der Li-Ionen-Batterie eines Elektrofahrzeugs hängen von ihrer Betriebstemperatur ab. Das Thermomanagement der Batterie ist daher essentiell und kann in vielen Fällen von entsprechend eingestellten Kunststoffen übernommen werden. Ein Bei-



**Bild 5.** Mit Extrusionsblasformmaschinen werden Bauteile aus PA-6- und PA-66-Compounds hergestellt, zum Beispiel für aufgeladene Verbrennungsmotoren (© Lanxess)

spiel für ein solches Material ist Durethan BTC965FM30. Das mineralgefüllte PA 6 ist halogenfrei flammgeschützt und vereint in sich eine hohe Flammwidrigkeit (UL 94 V-0, 0,75 mm), Kriechstromfestigkeit und Wärmeleitfähigkeit. Es bietet sich zur Fertigung von Steckern, Kühlkörpern, Wärmetauschern und Trägern von Leistungs-

elektronik an. Seine Wärmeleitfähigkeit in Fließrichtung der Schmelze beträgt 2,5 W/m·K. Trotz des hohen Füllgrades lässt sich das Compound ähnlich gut spritzgießen wie mit Glasfasern hochverstärkte PA-6-Typen.

Ein zusätzlicher Entwicklungsschwerpunkt bei Li-Ionen-Batterie sind Com- ➤

## Der Planetwalzenextruder

### Direktextrusion mit dem ENTEX-Planetwalzenextruder – Der ökonomische Vorsprung auf dem Weg in die Zukunft

#### Ihre Vorteile der Direktextrusion:

- Verbesserung der Produktqualität durch verbesserte Prozesskontrolle, kontinuierliche Produktion und hohem Automatisierungsgrad
- Minimierung der thermischen und mechanischen Materialbelastung und verringerte Anzahl an Prozessschritten

#### Kostenersparnis durch:

- kurze Produktlaufzeit und Reduzierung des Energiebedarfs
- schlanker Prozess mit wenigen Anlagenbestandteilen
- Reduzierung des Personalaufwandes durch höheren Automatisierungsgrad und verringerten Reinigungsaufwand

**ENTEX**

Zentrale  
ENTEX Rurt & Mitsche GmbH, Heinrichstraße 67a, 44805 Bochum, Deutschland  
Telefon +49(0) 234/8702-0, Fax +49(0) 234/8702-22, info@entex.de, www.entex.de

Tochtergesellschaft:  
ENTEX International Trading Co., Ltd., No. 88, Fuyuan Road  
Yaochuang Town, Jiaokan County, Jiaoking City Zhejiang province 314117, China  
Telefon +86-571-89104606 / 89104607 / 89104608, Fax +86-571-89104600  
entexch@entex.com.cn, www.entex.com.cn

Besuchen Sie uns  
auf der K 2019  
Halle 16, Stand A42





### Mit TIG zur Smart Factory

Das Angebot der TIG reicht von der cloudbasierten Einstiegs-Lösung über modulare MES-Lösungen bis hin zu Big Data. Die „Smart Factory“ wird dadurch zur Realität und hilft Ihnen alle Anforderungen in Bezug auf die Digitalisierung zu erfüllen.

„Wir begleiten unsere Kunden bei der Transformation in das digitale Zeitalter und leisten mit unseren Software-Lösungen einen wesentlichen Beitrag zur Umsetzung Ihrer Industrie 4.0 Ziele.“ – Wolfgang Frohner, CEO TIG.

**TIG**  
efficiency  
guaranteed

Technische Informationssysteme GmbH | Lehenweg 2 | 6830 Rankweil | Austria  
+43 (0) 5522 41 659-0 | office@tig.at | www.tig-mes.com

Besuchen Sie uns auf der  
K-Messe 16.-23. Okt. 2019  
bei unseren Partnerständen:  
Engel Halle 16 / Stand C58  
REP Halle 14 / Stand B57  
WAWC Halle 14 / Stand A66  
LWV Halle 14 / Stand A66  
ISW Halle 13 / Stand B46  
MAPLAN Halle 16 / Stand D40

**Zumbach**  
SWISS PRIME MEASURING SINCE 1957

## Ein ausgezeichnetes Messerlebnis

- Präzise Vermessung von Wandstärke, Exzentrizität und Durchmesser
- Qualität auf höchstem Niveau
- Verlässliche Messresultate

www.zumbach.com • sales@zumbach.ch

2019  
16.-23. Okt. 2019  
Düsseldorf, DE  
Halle 10 / Stand E11

pounds, deren Additivpakete so weit wie möglich metall- und halogenidfrei sind und daher keine Elektrokorrosion auslösen. Sie sollen eine lange Lebensdauer der stromführenden Bauteile in Hochvolt-Batterien sicherstellen. PA-Varianten von Durethan mit H3.0- oder XTS3-Wärmestabilisierung werden dieser Anforderung in vielen Fällen gerecht. Außer für Batterien kommt PA 6 aber auch bei andere Bauteile in Fahrzeugen zum Einsatz, etwa im Innenraum. Zum Beispiel werden Sitzschalen und Arm- und Rückenlehnen daraus gefertigt (**Bild 4**).

### Blasgeformte PA-Hohlkörper weiter gefragt

Zwar ist der Elektroantrieb weltweit auf dem Vormarsch, doch werden nach Studien von Lanxess im Jahr 2035 rund 80% der neu zugelassenen Fahrzeuge noch mit Verbrennungsmotor unterwegs sein – sei es als Mild-Hybrid, Plug-in-Hybrid oder als reiner Verbrenner. Verwendet werden dafür immer öfter aufgeladene Motoren, weil sie effizienter und klimaschonender sind. Das führt zu einem steigenden Bedarf an Hohlkörpern wie etwa Ladeluftrohre und Reifluftleitungen für das Luftmanagement der Motoren. Davon werden blasformbare PA-6- und PA-66-Compounds ebenso profitieren (**Bild 5**) wie von der wachsenden Anzahl erdgas- und wasserstoffbetriebener Fahrzeuge. Diese benötigen gasdichte Kunststoff-Inliner.

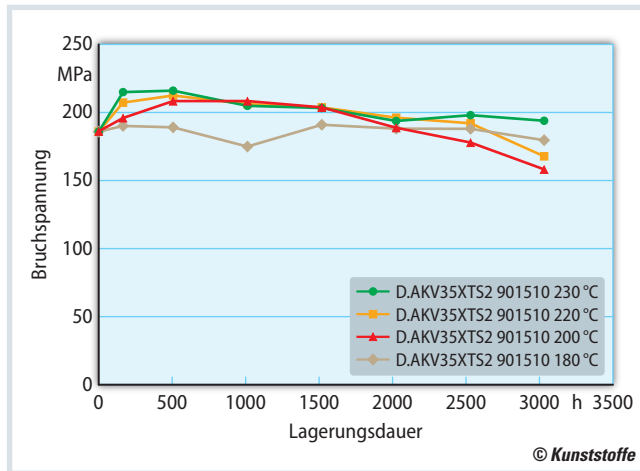
Der Trend zu Verbrennungsmotoren mit höheren Wirkungsgraden führt auch zu einer stärkeren Hitzebelastung von Kunststoffbauteilen unter der Motorhaube. Den höheren Temperaturen waren bisher in vielen Fällen nur teure, hitzestabilisierte Spezialthermoplaste wie Polyphenylensulfid (PPS) gewachsen oder voll- oder teilaromatische PA wie PPA. Mehrere Hersteller haben inzwischen wirtschaftliche Materialalternativen auf Basis von PA 66 entwickelt. Ultramid Endure von BASF beispielsweise widersteht einer Dauerbelastung bis 220 °C über 3000 h und kurzzeitigen Spitzenbelastungen bis zu 240 °C. Es kombiniert eine hohe Wärmealterungsbeständigkeit mit der guten Verarbeitbarkeit von PA 66. Der Werkstoff kann sowohl spritzgegossen als auch blasgeformt werden. Auch Lanxess bietet mit Durethan XTS2 eine PA-66-Produktreihe an, die bis zu 230 °C thermisch dauerhaft beständig ist. Wichtige Materialeigenschaften wie Zugmodul, Bruchspannung oder IZOD-Schlagzähigkeit bleiben trotz der Hitzebelastung erhalten (**Bild 6**). Eine Stärke von XTS2 ist, dass es im Gegensatz zu vielen anderen Thermostabilisierungen keine Stabilisierungslücke zwischen 160 und 230 °C aufweist.

### Kreislaufwirtschaft über die Wertschöpfungskette

Der Aufbau geschlossener Stoffkreisläufe bei der Herstellung und Anwendung von Kunststoffen entwickelt sich zu einem zentralen Zukunftsthema. BASF hat zusammen mit rund 30 internationalen Unternehmen die „Allianz gegen Plastikmüll in der Umwelt“ (Al-

liance to End Plastic Waste) gegründet. Außerdem hat der Ludwigshafener Chemiekonzern mit ChemCycling ein Projekt aufgesetzt, das das chemische Recycling von Kunststoffabfällen zum Ziel hat. Der Abfall wird dazu thermochemisch in Rohmaterialien umgewandelt, aus denen neue chemische Produkte entstehen. Es sollen auch Materialien wiederverwertet werden, die bisher nicht rezyklierbar waren, etwa Mehrschicht- oder verunreinigte Kunststoffprodukte.

Recyceln lassen sich Mehrschichtfolien aus Polyethylen (PE) und PA, beispielsweise Lebensmittelverpackungen, auch mit einem von der APK Aluminium und Kunststoffe AG, Merseburg, entwickelten chemischen Verfahren. Der lösemittelbasierte Trennprozess ergibt sortenreine Granulate mit Eigenschaften wie Neuware. Verfahren wie diese sind umso wichtiger, als Mehrschichtfolien in der Verpackung von Lebensmitteln unverzichtbar sind. Sie verlängern deutlich die Haltbarkeit leicht verderblicher Lebens-



**Bild 6.** Bruchspannung im Zugversuch (DIN EN ISO 527) nach Wärmealterung bei verschiedenen Temperaturen: Selbst nach 3000 h Heißluftlagerung bei 230 °C lässt die Bruchspannung von Durethan AKV35XTS2 kaum nach (Quelle: Lanxess)

mittel. PA 6 verbessert in den meist Polyolefin-basierten Foliensystemen die mechanischen Eigenschaften und bildet eine hohe Sauerstoffbarriere. Das können Polyolefine nicht leisten.

Ein von der italienischen Unternehmensgruppe Aquafil, Arco, entwickeltes industrielles System nutzt PA-6-haltige

Pre-Consumer- sowie Post-Consumer-Abfälle wie alte Fischernetze, Teppichflor oder starre Gewebe, um daraus chemisch Caprolactam zurückzugewinnen. Dieses wird anschließend zu PA-6-Fasern vor allem für die Textilindustrie polymerisiert. ■

*Matthias Bienmüller, Julian Haspel, Detlev Joachimi, Günter Margraf, alle Köln*

**INNOVATION INSIDE**

**2019** Düsseldorf, Deutschland  
18. – 23. Oktober 2019  
Halle 8A, Stand F09

**SENOPLAST**

Senoplast liefert seine Produkte inzwischen in fast siebenzig Länder. Wir sind „a part of“ in jenen Industrien, die Kunststoffteile mit besonderen Anforderungen und Qualitäten benötigen.

Diese hohen Anforderungen, die unsere Kunden an uns und unsere Kunststoffe stellen, haben Folgen – die hohe Innovationskraft und kontinuierliche Forschung des Unternehmens Senoplast.

Besuchen Sie uns auf der K Messe und sehen Sie selbst.  
[www.senoplast.com](http://www.senoplast.com)