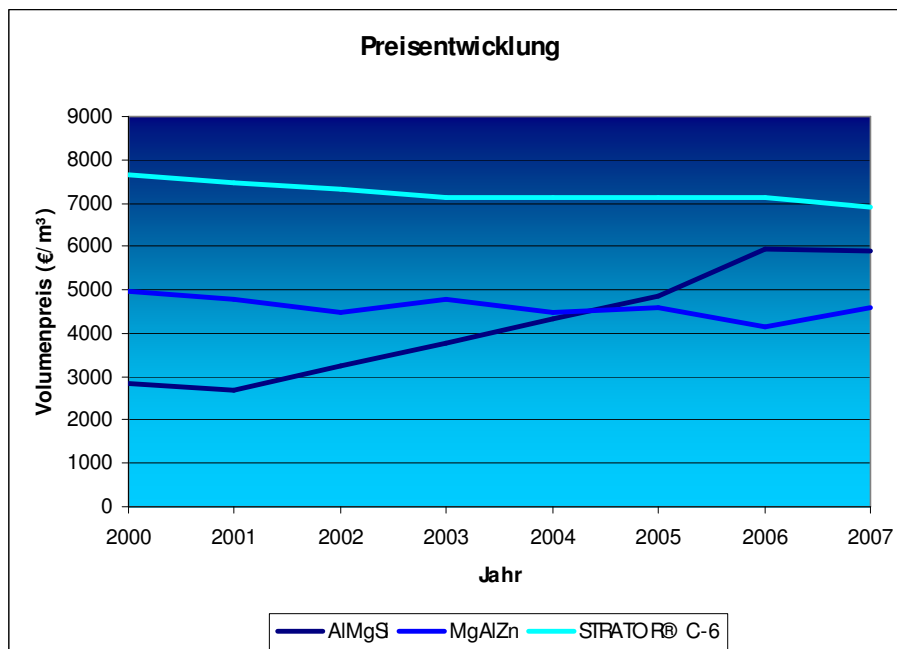


## Hochverstärkte Kunststoffe:

### EPIC Polymers zeigt Alternativen für Druckguss auf

#### 1. Einleitung

Während der letzten 5 Jahre sind sowohl der Einsatz von Magnesiumdruckguss als auch der Einsatz von hochverstärkten Kunststoffen explosiv angestiegen. Grund dieses Anstiegs ist, neben Kosten- und Gewichtseinsparung, eine grundlegende Änderung der Rohstoffmärkte: Aluminium hat sich erheblich verteuert, während die Preise für Magnesium und hochverstärkte Kunststoffe stabil geblieben sind.

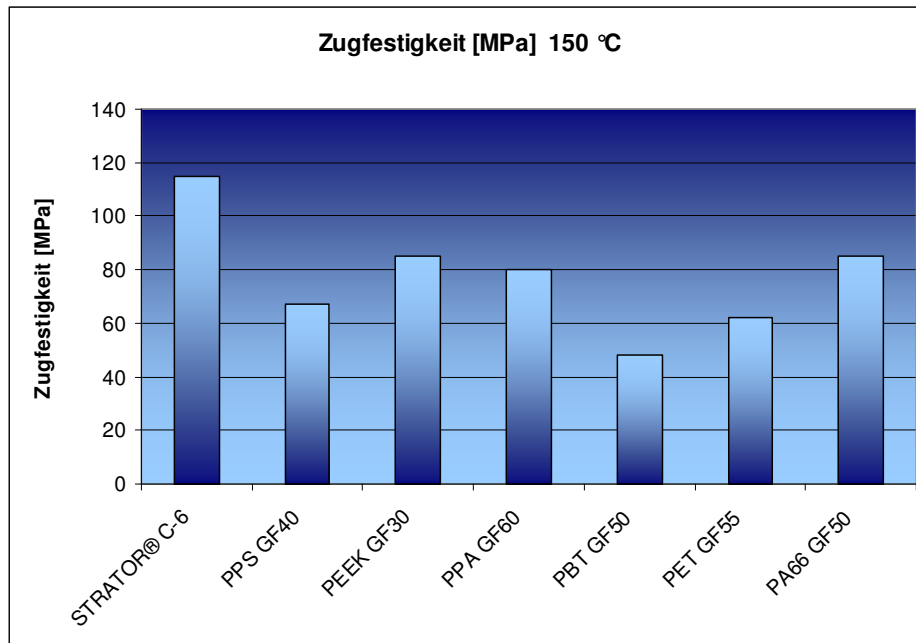


Beide Werkstoffgruppen zeigen eine niedrige Dichte (Mg: 1800 kg/m<sup>3</sup>, hochfeste Compounds ca. 1650 kg/m<sup>3</sup>), und Großserien können in kostengünstigen Prozessen hergestellt werden.

Welche der beiden Werkstoffgruppen sich am besten für eine Anwendung eignet, ist von Fall zu Fall unterschiedlich. In diesem Artikel werden hochfeste PA Compounds und verschiedene Magnesium- und Aluminium Druckgusslegierungen hinsichtlich Kosten, Verarbeitung, mechanische und thermische Eigenschaften verglichen. Anhand dieser Eigenschaften wird angegeben, wie ein Konstrukteur auf Basis eines Lastenheftes den für seine Anwendung am besten geeigneten Werkstoff findet.

## Hochfeste Thermoplaste

Diese Gruppe von Thermoplasten enthält eine Vielzahl verschiedener Werkstoffe wie PA GF und LGF, PPA GF, PPS GF, PET GF und PEEK GF. In diesem Newsletter konzentrieren wir uns auf ein Produkt mit ein hervorragendes Preis-Leistungs-Verhältnis: STRATOR® C-6 (Hochfestes PA).



Diese Produkte können im traditionellen Spritzgussverfahren problemlos verarbeitet werden, wobei die PA-Typen aufgrund der geringeren Verarbeitungs- und Werkzeugtemperaturen Vorteile haben.

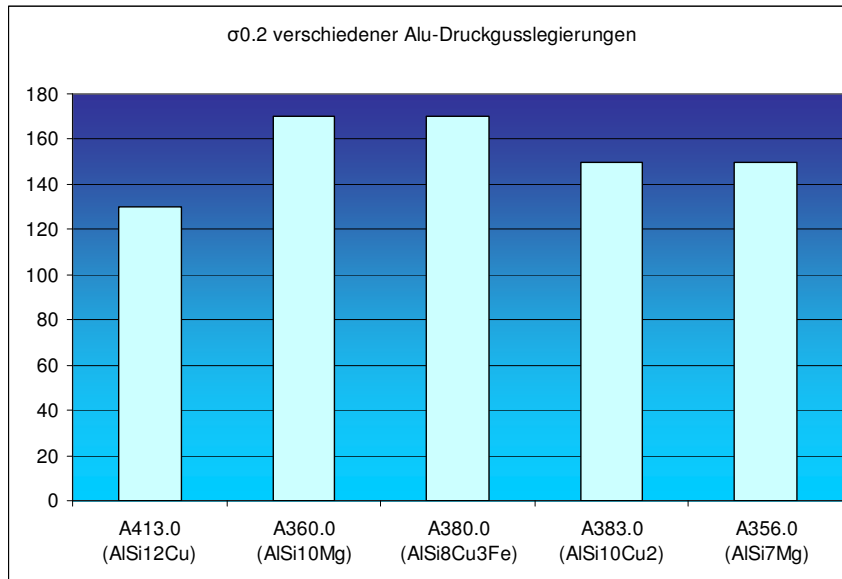
## Magnesiumlegierungen

Für Druckgussteile wird aufgrund der hohen Fließfähigkeit und der guten mechanischen Eigenschaften am häufigsten das AZ91 (MgAl9Zn1) verwendet. Andere Legierungen werden eingesetzt, wenn spezifische Eigenschaften gefordert werden, wie z. B. Kriechverhalten (AE 42, AS 21), Schlagzähigkeit und Energieaufnahme im Minusbereich (AM 50, AM60, beide MgAlMn Legierungen) oder Korrosionswiderstand (Hochreine Typen von AZ91). Nachteile dieser Typen sind Fließfähigkeit (AE42: MgAl + seltene Erden wie Ce, Nb, Y Legierungen), Korrosionsbeständigkeit (AS21: MgAlSi-Legierungen) oder Preis.

In diesem Newsletter konzentrieren wir uns auf das sehr häufig verwendete AZ91 und AE42.

## Aluminium Legierungen

In diesem Artikel betrachten wir eine der meist verwendete Aluminium Druckgusslegierungen: AlSi8Cu3Fe (A380.0).



## 2. Kosten

Der Teilepreis wird aus folgenden Faktoren berechnet:

- Rohstoffkosten (Volumenpreis €/m<sup>3</sup>)
- Werkzeugamortisierung
- Verarbeitungskosten
- Nachbearbeitungskosten

Seit Ende 2005 ist der Volumenpreis von Aluminium- und Zinkdruckgusslegierungen vergleichbar, und liegt ca. 40% unter dem von STRATOR®. Hierbei soll bemerkt werden, dass Teile mit gleicher Funktion in Druckguss oder Kunststoff selten das gleiche Volumen aufweisen. Manchmal brauchen Kunststoffteile weniger Volumen, z.B. weil Kunststoffe mit dünnerer Wandstärke gespritzt werden können.

Manchmal braucht man aber auch mehr Volumen, z.B. um über Verrippungen die gleiche Steifigkeit wie bei Druckgussteilen zu erzielen.

Die Lebensdauer eines Magnesiumdruckgusswerkzeuges liegt im Schnitt bei ca. 300.000 Teile und für Aluminiumdruckguss bei ca. 200.000 Teile, gegenüber 1.000.000 Teile für Kunststoff. Werkzeuge für Kunststoffe sind darüber hinaus kostengünstiger, weil die Werkzeug- und Massetemperaturen wesentlich geringer sind als bei Druckguss.

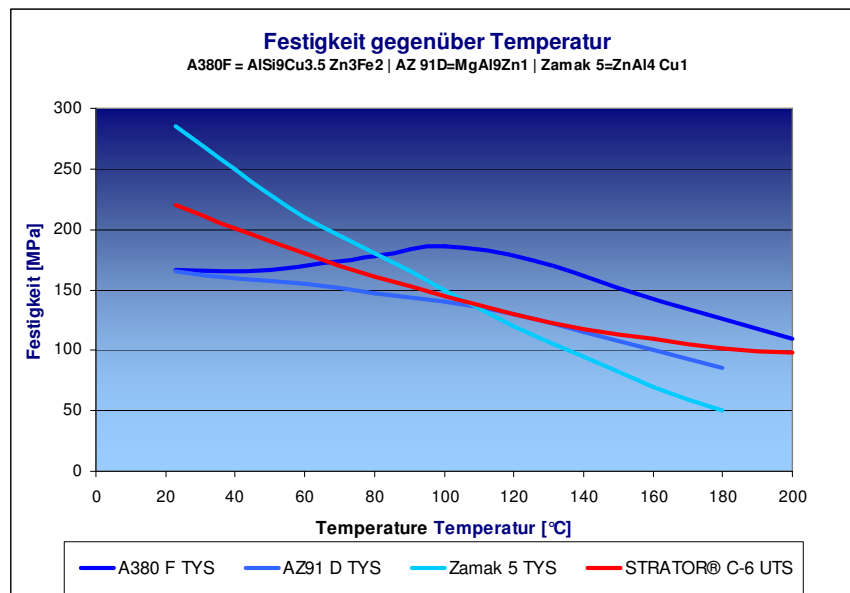
Auch in den Verarbeitungskosten zeigt Kunststoff deutliche Vorteile gegenüber Druckguss. Aufgrund des geringeren Energieverbrauches und des geringeren Maschinenstundensatzes sind die Verarbeitungskosten für Kunststoffe um mehr als die Hälfte niedriger als für Druckguss.

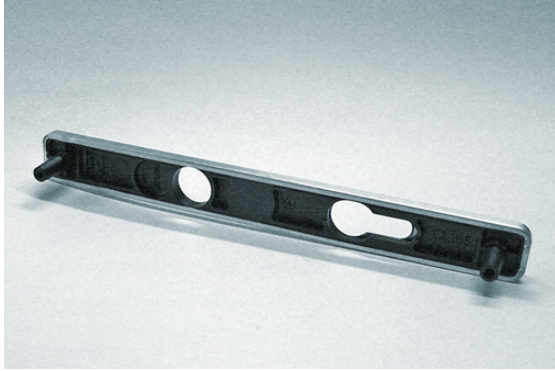
Fazit: Jedes Teil muss individuell beurteilt werden, ob Magnesiumdruckguss oder Kunststoff die günstigere Lösung ist. Je größer die Serie, umso mehr machen sich die geringeren Verarbeitungskosten und Werkzeugamortisierung zu Gunsten von Kunststoff bemerkbar. Je größer der Rohstoffanteil in dem Teil, desto günstiger ist Druckguss. Weitere Kostenvorteile, die mit einer Kunststofflösung erzielt werden können, sind die Reduzierung von Nachbearbeitungskosten, wie z.B. mechanische Nachbearbeitung, Lackierung, Korrosionsschutz, oder Montagekosten.

### 3. Festigkeit

Im Gegensatz zu hochverstärkten Kunststoffen zeigen Druckgusslegierungen eine Streckgrenze ( $\sigma_{0,2}$ ) auf, die unter der Zugfestigkeit liegt. Diese Streckgrenze ist das praktische Limit für die Belastbarkeit eines Teiles. Die Grafik vergleicht die Streckgrenze verschiedener Magnesium- und Aluminiumlegierungen mit der Zugfestigkeit von STRATOR® C-6 über der Temperatur.

Der Zugfestigkeit von STRATOR® C-6 ist, auch bei Temperaturen über 150 °C, vergleichbar oder sogar besser als die von Magnesiumdruckguss, und liegt nur ca. 30-40% unter der von A380 (AlSi8Cu3Fe). Für Anwendungen, die eine hohe Festigkeit brauchen, ist STRATOR® C-6 eine durchaus reelle Alternative für Druckgussteile.





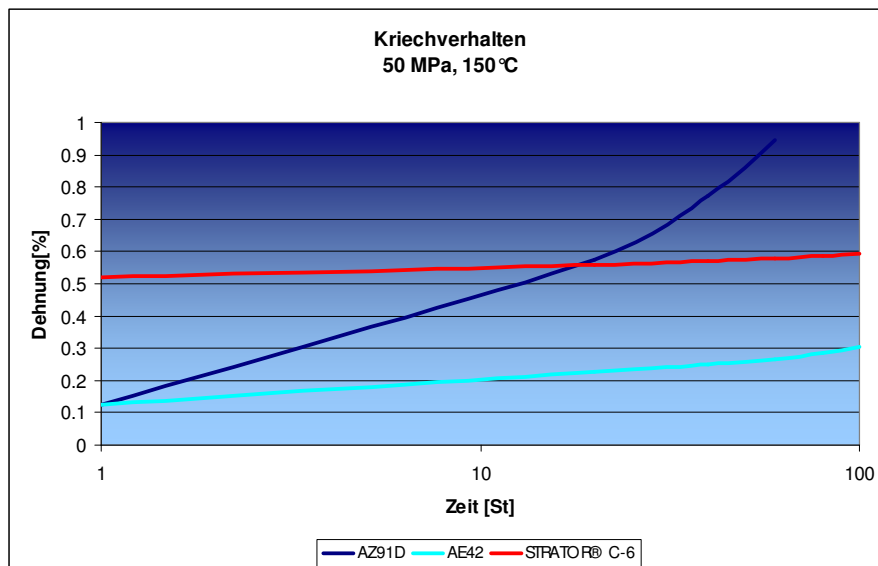
*Bild 2 Türbeschlag aus STRATOR® C-6. Durch die sehr hohe Scherfestigkeit von STRATOR® wird die doppelte Gewindeausreißkraft erreicht in Vergleich zu traditionelle verstärkte Kunststoffe.*

#### 4. Kriechverhalten

Sowohl die meisten Druckgusslegierungen als auch hochverstärkte Kunststoffe kriechen bei erhöhten Temperaturen unter Dauerbelastung. Die beste Kriechbeständigkeit wird von STRATOR® erreicht.

Magnesiumlegierungen neigen schnell zum so genannten „creep-rupture“. Es handelt sich hierbei um einen Spröbruch, der bei Überschreitung einer Kriechdehnung von ca. 0.1% beobachtet wird. Bei Kunststoffen tritt dieses Phänomen auch auf, aber nur dann, wenn die gesamte Dehnung (d.h. initiale Dehnung + Kriechdehnung) einen Wert von ca. 1.2% überschreitet. Bei Aluminium wird dieses Phänomen bei 0.2% Kriechdehnung festgestellt.

Die folgende Grafik zeigt das Kriechverhalten von AZ91D, AE42 und FACTOR® Adv. PA LGF60 EP. Aus der Grafik geht hervor, das AZ91D für Kriechbelastungen bei erhöhten Temperaturen ungeeignet ist. STRATOR® zeigt immer noch ein besseres Kriechverhalten als AE42, eine der meist kriechbeständigen Mg-Legierungen.



Die maximale Kriechbelastung für Aluminium bei 150 °C ist ca. 80-100 MPa, während STRATOR® C-6 bis 70-80 MPa belastbar ist.

## 5. Steifigkeit

Bei der Steifigkeit haben Druckgusslegierungen klare Vorteile gegenüber Kunststoffe. Nicht nur der E-Modul ist bedeutend höher, sie sind auch über einem Temperaturbereich bis 200 °C konstanter.

Bei Anwendungen, die eine hohe Steifigkeit bei beschränktem Bauraum brauchen, haben Metalle klare Vorteile.

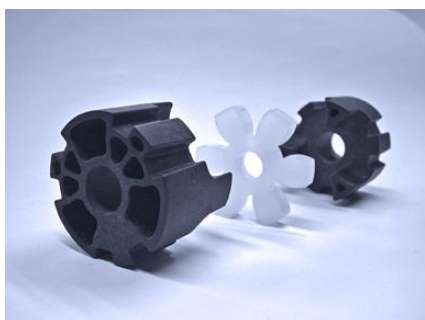


*Bild 4.  
Dieser Planetenträger wird über längere Zeit, bei Temperaturen bis 120 °C, belastet. STRATOR@ C-6 ist der einzige Kunststoff, der ausreichenden Kriechwiderstand aufweist.*

## 6. Dynamische Belastungen

Die Ermüdungsfestigkeit von Druckgusslegierungen hängt von vielen Faktoren, wie die Abkühlgeschwindigkeit, Kerben im Teil oder der Zusammensetzung der Legierung ab. Meistens wird für AZ91D eine Ermüdungsfestigkeit von 70-90 MPa angegeben ( $10^7$  Zyklen). Für die hochverstärkten Kunststoffe liegt dieser Wert etwas niedriger, nämlich bei 55-65 MPa. Aluminium Druckguss erzielt mit über 120 MPa die höchsten Werte.

Bei Hochgeschwindigkeitsbelastungen, die zum Beispiel während eines Crashes auftreten, zeigen hochverstärkte Kunststoffe eine relativ beschränkte Dehnung. Die größere Entwurfsmöglichkeit der Kunststoffe ermöglicht es aber, die Teile so auszulegen, dass genügend Energie aufgenommen werden kann.



*Bild5: Klauenkupplung aus STRATOR@ C-6. Gegenüber maschinell bearbeitetes Aluminium konnte STRATOR@ C-6 bei  $10^7$  Zyklen ca. 30% mehr Drehmoment übertragen*

## 7. Physische Eigenschaften

Die Wärmeleitfähigkeit einer Metall-Legierung ist deutlich höher als bei einem Kunststoff. Deshalb sind für Anwendungen, die eine hohe Wärmeleitfähigkeit brauchen, immer Magnesiumlegierungen zu bevorzugen.

Die hochverstärkten Kunststoffe besitzen außerdem keine elektromagnetische Abschirmung, weshalb in diesen Fällen Magnesiumlegierungen zu bevorzugen wären.

Braucht man aber elektrische Isolation, dann sind Kunststoffe wieder deutlich zu favorisieren.



*Bild 6: Diese Fadenführung einer Textilanlage braucht neben einer hohen Steifigkeit auch ausreichende elektrische Leitfähigkeit, um elektrostatische Ladungen abzuführen. Für diese Anwendung wurde eine spezielle elektrisch leitfähige STRATOR® Type entwickelt.*

## 8. Fazit: Wie trifft man eine Auswahl?

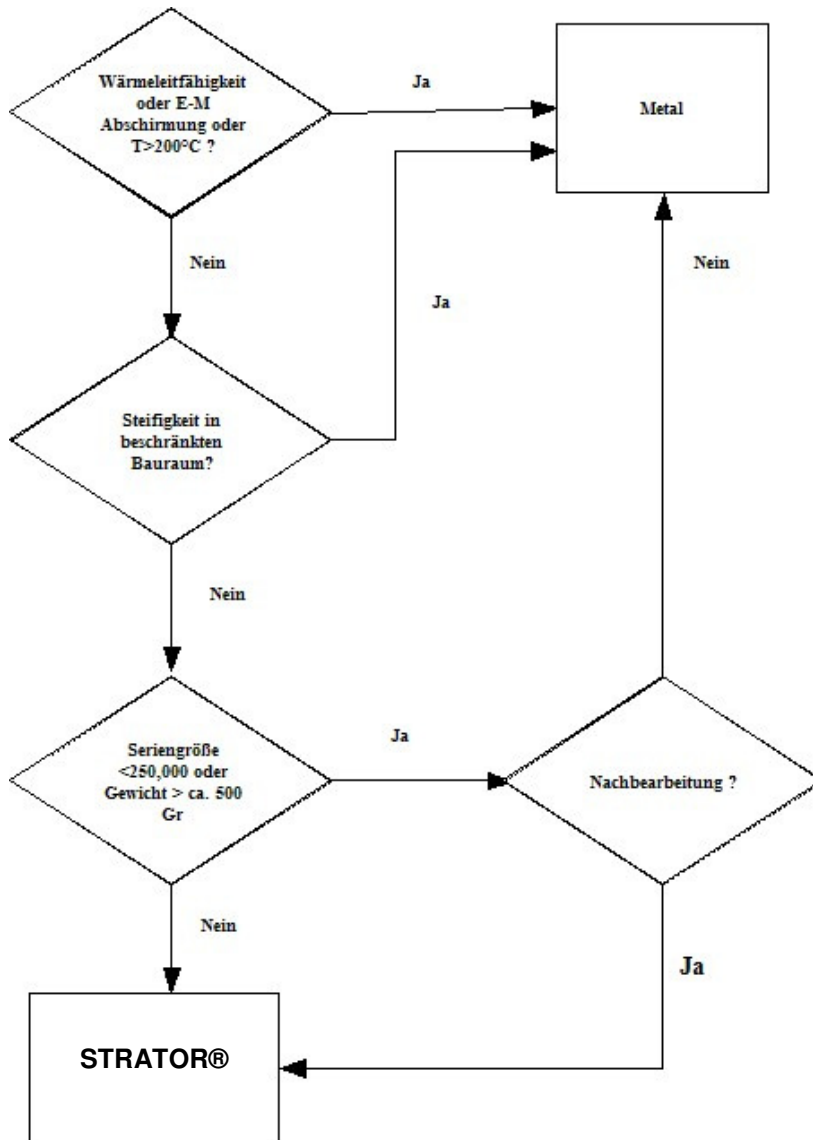
Wie bereits beschrieben, sollte für jedes Teil eine individuelle Lösung unter Berücksichtigung der technischen und wirtschaftlichen Anforderungen angestrebt werden.

Die mechanischen Eigenschaften hochverstärkter Kunststoffe wie NYLAFORCE® oder FACTOR® PA EP sind vergleichbar mit Druckgusslegierungen, sodass die Entscheidung, welchen Weg man geht, in vielen Fällen eine rein kommerzielle Frage ist.

Als erstes sollte man untersuchen, ob es bestimmte KO-Kriterien für Kunststoff gibt, wie zum Beispiel Wärmeleitfähigkeit, elektromagnetische Abschirmung, extreme Temperaturen oder Steifigkeit bei beschränktem Bauraum.

Als nächsten Schritt sollten Seriengröße und Teilgewicht in Betracht gezogen werden. Bei größeren Serien (>500,000 Stück über der Laufzeit des Teiles) und geringerem Teilgewicht (Richtwert <500 Gram) ist Kunststoff aufgrund der geringen Werkzeugamortisierungskosten sowie der geringeren Verarbeitungskosten meistens die günstigere Lösung..

Im letzten Schritt werden dann die Nachbearbeitungskosten beurteilt. Wenn man diesem vereinfachten Weg folgt, ist es meist relativ klar, ob ein Teil kostengünstiger in Metall oder in Kunststoff gefertigt werden kann.



Vereinfachtes Entscheidungsdiagramm Kunststoff oder Metall

### **Biographie:**

*Fred Panhuizen ist Direktor von EPIC Polymers, ein Unternehmen, das sich auf die Vermarktung von hochfesten Kunststoffen für Metallersatz(STRATOR®) sowie tribologische Werkstoffe für Gleitanwendungen und Zahnräder (TRIBOCOMP®) konzentriert. Nach seinem Studium in Metallurgie ist er seit über 20 Jahren in der Kunststoffindustrie tätig, vor allem im Bereich Werkstoffe für mechanisch und tribologisch anspruchsvolle Anwendungen. Er ist erreichbar unter [info@epicpolymers.com](mailto:info@epicpolymers.com).*