

# Kunststoff statt Metall

Im Fahrzeuginnenraum der 1960er-Jahre dominierten Metalle (links) und heute bestimmen Kunststoffe das modern Design (rechts)

(Bilder: Akro-Plastic)

**Hochleistungs-Polyamide.** Im Vergleich zu Metallen punkten Hochleistungs-Polyamide durch geringeres Gewicht, Design, Funktionsintegration und wirtschaftlichere Verarbeitungsverfahren. Besonders für Anwendungen im Automobil sind diese Vorzüge gefragt.

## JOACHIM BERNECK

Die Substitution von Metall durch Kunststoff ist weder neu noch ungewöhnlich. Betrachtet man beispielsweise den Innenraum eines Pkw aus den 1960er-Jahren, so besteht dieser überwiegend aus Metall. Metalle wurden nicht nur für tragende Karosserieteile, sondern auch für mechanische Funktionselemente sowie für formschön lackierte und polierte Designflächen im Innenbereich eingesetzt. Heute bestimmen vornehmlich Kunststoffe das moderne Design im Fahrzeuginnenraum, auch wenn dabei noch immer die Metall-Optik das Fahrzeug aufwertet (**Titelbild**). Diese basiert jedoch auf beschichteten Kunststoffen, die nur einen äußerst geringen Anteil des metallischen Rohstoffs benötigen. Der Einsatz moderner technischer Kunststoffe bedeutet mehr als nur die Substitution von Metall. Die Designoberflächen übernehmen zudem Schutzfunktionen und sorgen für eine Verringerung der Verletzungsgefahr bei Unfällen. Es gilt hier, das gesamte Potenzial des Kunststoffs bei der Konstruktion von Bauteilen auszuschöpfen, beispielsweise die Kombination von Funktionen, Einsparung von Arbeitsschritten,

Einbringen von Farbe und Korrosionsschutz.

Die Auswahl eines Konstruktionswerkstoffs wird mehr und mehr von Faktoren bestimmt, wie

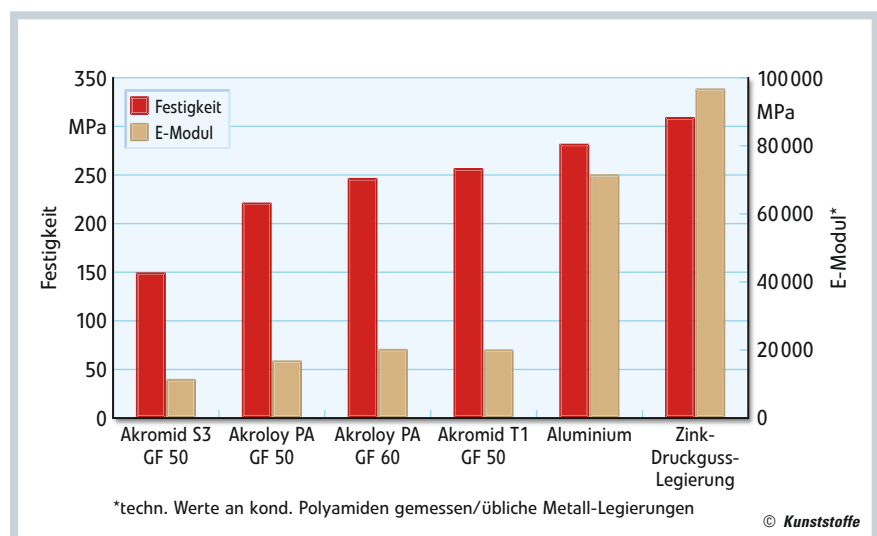
- Ökologie: Gewichtsreduktion und Verwendung von nachhaltigen Rohstoffen,
- Design: freie Formgebung, konstruktive Umsetzung und Werkstoffwissen,
- Herstellprozess: geeignete Produktionsprozesse zur Herstellung des Pro-

dukts, Präzision und einfache Umsetzung der Massenfertigung und

- Kostenoptimierung: Reduktion der Arbeitsschritte, des Energieverbrauchs und der Werkzeugkosten.

## Ökologie und Nachhaltigkeit

Nicht nur im Fahrzeugbau, auch in zahlreichen anderen Industriezweigen ist Gewichtsreduktion ein Thema. Hochleistungs-Polyamide wie Akroloy PA GF 60, →



**Bild 1. Vergleich von Festigkeit und E-Modul bei Hochleistungs-Polyamiden und Druckgusslegierungen**

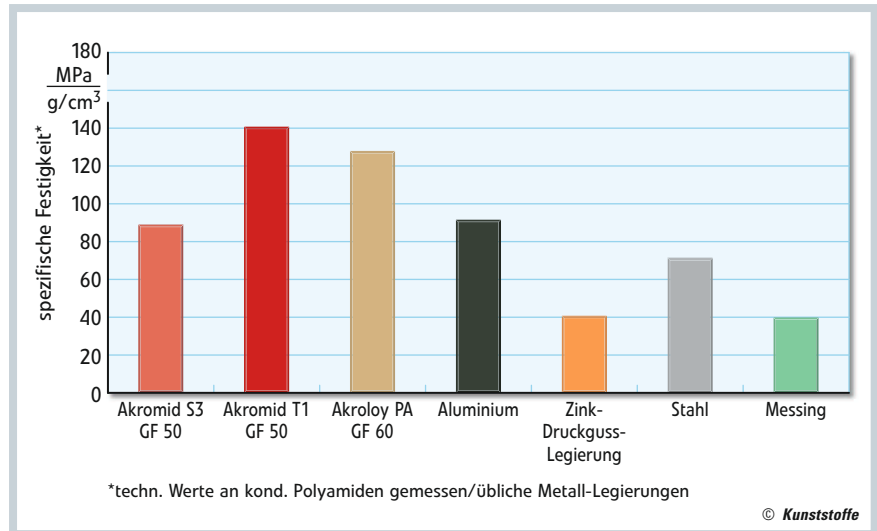
**ARTIKEL ALS PDF** unter [www.kunststoffe.de](http://www.kunststoffe.de)  
Dokumenten-Nummer KU111150

ein PA66-Blend mit teilaromatischem Anteil, oder Akromid T1 GF 50 (PPA), beides Produkte von der Akro-Plastic GmbH, Niederrissen, können bei deutlich geringerem Gewicht nahezu die Festigkeitseigenschaften von Druckgusslegierungen erreichen (Bild 1). Bezieht man die Festigkeitswerte und den E-Modul auf die Dichte der jeweiligen Werkstoffe, stellt man fest, dass es letztlich darauf ankommt, wieviel Festigkeit man mit welcher Wanddicke und Konstruktion erreichen will (Bilder 2 und 3). Durch eine verrippte Bauweise des Kunststoffbauteils und Außenkonturen, die das Widerstandsmoment erhöhen, werden Festigkeiten des zuvor in Metall gefertigten Bauteils erreicht.

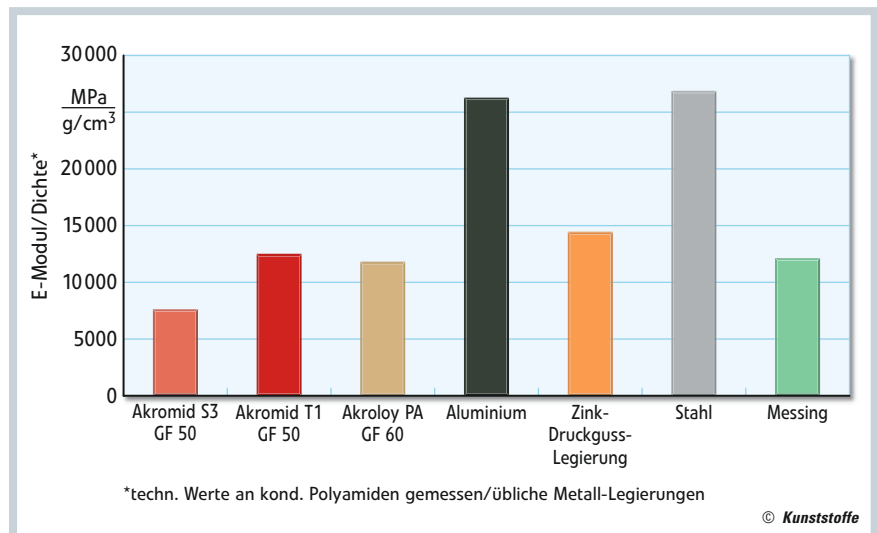
Moderne Konstruktionsprinzipien, die aus der Bionik [1] abgeleitet sind, beschäftigen sich mit der Verstärkung der Stellen (Spannungsgleichheitsprinzip), in denen Belastungen vorliegen und reduzieren Massenanhäufungen an den Positionen, die nicht oder nur gering belastet werden. Mit diesem Prinzip können Bauteile gewichtsreduziert, aber mit voller Tragkraft in Kunststoff ausgeführt werden.

Ökologie bedeutet aber auch Nachhaltigkeit, was sich durch Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen erreichen lässt. Neue Hochleistungs-Polyamide auf Basis von PA 610, beispielsweise das Akromid S, sind durch ihre geringe Dichte, hervorragende chemische Beständigkeit und geringe Wasseraufnahme ebenso als Metallsatz interessant. Dieser Werkstoff wird aus Sebacinsäure (Rizinusöl) synthetisiert. Somit werden 70 % des Kohlenstoffanteils aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugt. Dieses Verfahren steht dabei nicht in Konkurrenz zu Lebensmitteln. Die dadurch erreichte CO<sub>2</sub>-Einsparung liegt bei 40 bis 60 %.

Durch Glasfaserverstärkung können beim PA 610 hohe Festigkeitswerte erreicht werden, die aufgrund der geringen



**Bild 2. Festigkeitswerte bezogen auf die Dichte von Hochleistungs-Polyamiden im Vergleich zu Metalllegierungen**



**Bild 3. E-Modul-Werte bezogen auf die Dichte von Hochleistungs-Polyamiden im Vergleich zu Metalllegierungen**

Wasseraufnahme auf einem hohen Niveau verbleiben. Damit haben Bauteile aus PA 610 wesentlich konstantere Eigenschaften als Bauteile aus Standard-PA6 bzw. -PA66.

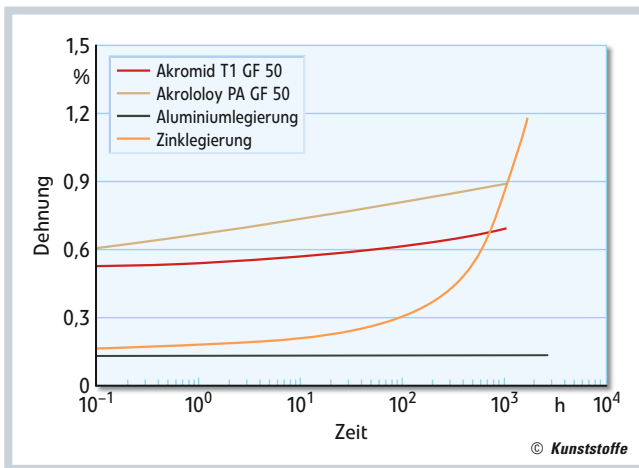
### Design und Konstruktion

Der Begriff „Design“ darf nicht nur als rein äußerliche Formgebung verstanden werden. Design ist die konstruktive Umsetzung eines Bauteils bzw. der gesamten Endanwendung. Die konsequente Konstruktion eines Bauteils erfordert neben dem Wissen der genauen Randbedingungen auch das notwendige Wissen der Werkstoffeigenschaften, mit denen letztlich das Bauteil realisiert wird. Die Annahme, dass Metalllegierungen grundsätzlich besser sind als Kunststoffe, ist immer noch weit verbreitet. Bei Zinkdruckgusslegierungen trifft das nicht zu.

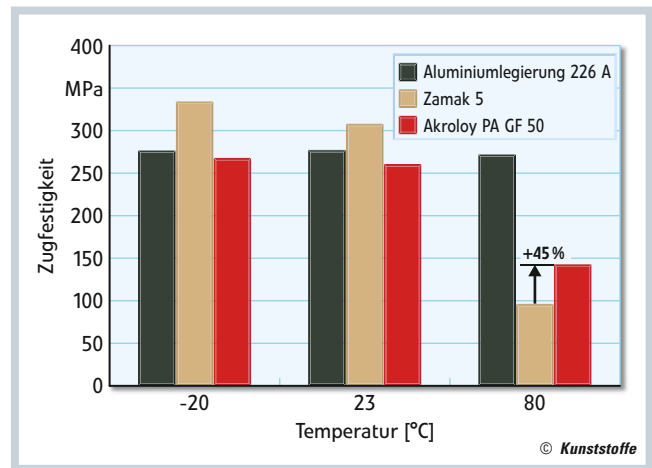
Wird ein Bauteil bei Raumtemperatur von 23 °C einer Dauerbelastung von 100 MPa ausgesetzt, so beginnt eine herkömmliche Zinkdruckgusslegierung,

zusätzliche Arbeitsschritte	Kunststoffspritzguss	Metalldruckguss
Korrosionsschutz	vorhanden	Schutzschicht muss aufgetragen werden
Farbgebung	vorhanden	Lackierung notwendig
Nacharbeit	keine, bzw. nur in Ausnahmen	Gratentfernung, Bohrung nachfräsen
Gewinde	direkt durch Formgebung (ggf. für hochbelastete Gewinde, Ausführung mit Inserts, die eingelegt und umspritzt werden)	zusätzlicher Arbeitsschritt
Oberflächenstrukturierung	direkt durch Formgebung	zusätzliche Nacharbeit durch z. B. Sandstrahlen

**Tabelle 1. Zusätzliche Arbeitsschritte können beim Kunststoffspritzguss integriert werden, Metalldruckguss nicht**



**Bild 4. Kriechverhalten von Hochleistungs-Polyamiden im Vergleich zu Metalllegierungen (Dauerbelastung von 100 MPa bei 23 °C)**



**Bild 5. Zugfestigkeiten von Hochleistungs-Polyamiden im Vergleich zu Metalllegierungen**

z. B. Zamak 5, bereits ab einer Belastungsdauer von 100 h sehr stark zu kriechen und versagt nach 1000 h völlig. Akroloy PA GF 50, das insbesondere im

Verfahren	Temperatur [°C]
Spritzguss technischer Polyamide	180-345
Zinkdruckguss	390-450
Magnesiumdruckguss	500-700
Aluminiumdruckguss	600-720
Messingdruckguss	1000

**Tabelle 2. Vergleich der Verarbeitungstemperaturen von Kunststoffspritzguss und Metalldruckguss**

Temperatureinsatz bis + 80 °C hochfest ist, zeigt nach 1000 h lediglich eine 50 %-ige Erhöhung zur Ausgangsdehnung. Beim Akromid T1 GF50 fällt dies noch geringer aus (Bild 4). Betrachtet man auch den Einfluss einer erhöhten Umgebungstemperatur von + 80 °C, fällt die Materialfestigkeit bei Zinkdruckguss um 45 % stärker ab als bei einem Blend aus PA (66+6I/6T) mit 50 % Glasfaserverstärkung. Einzig die Aluminiumdruckgusslegierung bleibt über diesen Temperaturbereich konstant (Bild 5).

Weiterhin lassen sich Funktionen und Eigenschaften des Bauteils bereits während des Spritzgießens in das Bauteil integrieren (Tabelle 1).

### Herstellprozess und Auslegung

Die Formgebungsverfahren sowohl beim Kunststoff-Spritzguss als auch beim Metalldruckguss unterliegen Bedingungen, die von den Werkstoffen vorgegeben werden. Aufgrund der sehr schnellen Erstar-

zung der Metalle muss mit sehr hohen Verarbeitungstemperaturen (Tabelle 2), extremen Einspritzgeschwindigkeiten (zwischen 0,4 bis 6 m/s) und dementsprechend kurzen Einspritzzeiten von 5 bis 60 ms gearbeitet werden. Daher sind Lunker kaum zu vermeiden. Bei Hochleistungs-Polyamiden lässt sich dagegen innerhalb der Nachdruckphase und auch noch während des Abkühlprozesses Masse zum Ausgleich der Materialschrumpung nachdrücken, wodurch Lunker vermieden werden. Technische Kunststoffe liegen somit zwar in den Festigkeitswerten unterhalb denen von Metallen, sind jedoch deutlich konstanter in der Auslegung, da hier keine Sicherheitsfaktoren durch Lunkerbildung beachtet werden müssen, wie das bei Metallteilen der Fall ist.

### Kostenoptimierung und Funktionsintegration

Insbesondere bei der Massenfertigung kann der Kunststoffspritzguss seine Vorteile gegenüber dem Metalldruckguss

Aluminiumdruckguss bis zu 3 Werkzeuge eingespart werden, da hierbei aufgrund der Verarbeitungsbedingungen ein deutlich höherer Werkzeugverschleiß vorliegt. Durch Integration von Funktionen und Eigenschaften innerhalb des Produktionsprozesses (s. Tabelle 1), lassen sich zusätzliche Arbeitsschritte (Einlegeteile u. a.), und weitere Montageschritte einsparen.

Neben den deutlich geringeren Investitionskosten für den Maschinenpark ist nicht zuletzt auch der massiv reduzierte Energieverbrauch, bedingt durch niedrigere Verarbeitungstemperaturen und Energieeinsparungen an Maschinen, sowohl aus finanziellen als auch umwelttechnischen Gesichtspunkten ein entscheidendes Argument für den Kunststoffspritzguss. ■

### LITERATUR

- Mattheck, C.: Verborgene Gestaltungsgesetze der Natur Karlsruhe (2006), Forschungszentrum Karlsruhe GmbH

### DER AUTOR

DIPL.-ING. JOACHIM BERNECK, geb. 1959, ist Key-Account Manager bei der Akro-Plastic GmbH, Niederrissen; joachim.berneck@akro-plastic.com

### SUMMARY

#### PLASTICS INSTEAD OF METALS

HIGH PERFORMANCE POLYAMIDES. In comparison to metals high performance polyamides score well on weight, design, functional integration and more cost effective processing techniques. These advantages are particularly demanded for applications within the automobile industry.

Read the complete article in our magazine

**Kunststoffe international** and on [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)

**i Kontakt**

**Akro-Plastic GmbH**  
**Industriegebiet Brohltal-Ost**  
**D-56651 Niederrissen**  
**TEL +49 2636 9742-0**  
**→ [www.akro-plastic.com](http://www.akro-plastic.com)**

ausspielen. Bei Stückzahlen von mehr als 700 000 Stück pro Jahr können selbst bei Verwendung von Polyphthalamid (PPA) mit hoher Glasfaserverstärkung (z. B. Akromid T1 GF 50) im Vergleich zum