

Der Fußballschuh Predator von Adidas ist mit der PowerPulse-Technologie ausgestattet, die beim Schuss für zusätzlichen Impuls sorgt (Foto: Adidas)

# Höchstleistung im Sport

**Hightech-Materialien.** Ob beim Laufen, Formel-1-Rennen oder im Ski-Sport: Um im Hochleistungssport erfolgreich zu sein, spielen die unterschiedlichsten Kunststoffe und ausgefeilte Technologien eine immer wichtigere Rolle. Speziell Polyamid 12-Elastomere oder Polymethacrylimidschaumstoffe haben sich hier als Sohlen- bzw. Leichtbauwerkstoff bewährt.

**KLAUS HÜLSMANN  
MARC KNEBEL**

**S**chneller, höher, weiter – die Welt des Sports lebt von immer neuen Rekorde. Wer zu Höchstform auflaufen will, braucht nicht nur körperliche Fitness. Gerade im Hochleistungssport spielen ausgefeilte Technologien, hochwertige Materialien und aufwendige Herstellung eine immer wichtigere Rolle.

Eines der im Profisport am meisten gefragten Materialien ist Kunststoff, da er die beste Kombination aus geringem Ge-

wicht, Stabilität, Festigkeit, Steifigkeit und Elastizität bietet. Sportschuhe, Surfboards, Skier und sogar Rennwagen – in vielen Sportgeräten kommen unterschiedliche Kunststoffe zum Einsatz.

Lauf- und Fußballschuhe beispielsweise sollen das komplexe Zusammenspiel von Muskeln, Knochen und Bändern im Fuß optimal unterstützen: Sie müssen harte Stöße abfedern, den Fuß stabilisieren und hohe Belastungen überstehen. Über Wohl und Wehe von Knie und Achillessehne entscheidet dabei neben der Form des Schuhs vor allem das Sohlenmaterial. So landet bei einem 10-km-Lauf etwa 4300 Mal das Zwei- bis Dreifache des Körpergewichts auf jedem Fuß,

bergab sogar das Sechsfache. Das Sohlenmaterial soll verhindern, dass die Funktions- und Dämpfungselemente im Lauf der Zeit komprimieren und wirkungslos werden und auch bei hohen Temperaturschwankungen die Form bewahren (Bild 1). Hersteller fordern darüber hinaus konstante Verarbeitungseigenschaften und vielfältige Designmöglichkeiten.

**Damit die Füße in guten Händen sind**

Erreichen lässt sich dieses Eigenschaftsprofil mit Polyamid 12-Elastomeren (PEBA, Polyetherblockamide). Als

**ARTIKEL ALS PDF** unter [www.kunststoffe.de](http://www.kunststoffe.de)  
Dokumenten-Nummer KU110016

Blockcopolymere aus harten Polyamid 12-Segmenten und weichen Polyethersegmenten verbinden sie Flexibilität mit Stabilität. Die Polyamid 12-Segmente sorgen für Maßhaltigkeit, Schlag- und Kerbschlagzähigkeit auch bei Kälte und gute Chemikalienbeständigkeit. Die Polyethersegmente garantieren ein gutes Rückstellverhalten (Bild 2), sodass daraus gefertigte Schuhsohlen Stöße gut absorbieren und die Gelenke schonen.

Dieses Basismaterial wird in Zusammenarbeit mit Kunststoffverarbeitern, Sportartikelherstellern und Sportlern auf die spezifischen Anforderungen der einzelnen Sportarten zugeschnitten. Das erklärt, warum Fußball-, Basketball-, Baseball- und Rugbyspieler, Golfer, Sprinter, Radfahrer und Wintersportler diesen Kunststoff gleichermaßen unter ihren Füßen schätzen. Außerdem ist er wegen seiner geringen Dichte von nahezu  $1 \text{ g/cm}^3$  sehr leicht: In einem 90-minütigen Fußballspiel reduziert sich das zu tragende Gewicht für den Spieler im Vergleich zu anderen Sohlenmaterialien um etwa 100 kg – das spart Kraft und verlängert die Ausdauer. Da die mechanischen Eigenschaften von Polyamid 12-Elastomeren von der Temperatur kaum beeinflusst werden, sind sie für Marathonläufe im sommerlichen Australien ebenso geeignet wie für den Wintersport.

Eingesetzt wird das Material (Typ: Vesamid E, Hersteller: Evonik Degussa GmbH, Marl) z. B. von der Framas Kunststofftechnik GmbH in Pirmasens, die als weltweit größter Zulieferer für Funktionssportschuhe monatlich rund 450 000 Sohlen produziert. Das Unternehmen hat die Polyamid 12-Elastomere unter ande-



**Bild 1. Aufbau des Bounce-Schuhs: Die unterschiedlichen Sohlenelemente des Sportschuhs sorgen für optimalen Halt und Dämpfung**

(Foto: Evonik Degussa)

rem dazu genutzt, um gemeinsam mit Evonik ein neues Befestigungssystem für die Stollen von Fußballschuhen zu entwickeln (Bild 3). Dabei wird in die Sohle ein Stollenträger integriert, in dem die Aluminiumstollen über federelastische Schnapphakenverbindungen befestigt werden und sich bei Bedarf leicht austauschen lassen. Da die Verbindung zwischen Stollen und Sohle möglichst steif sein muss, enthält das Polyamid 12-Elastomer für den Stollenträger zusätzlich noch 23 % Glasfasern.

Sportler kennen diese Sohlen vom Modell Predator des Sportartikelunternehmens Adidas, das bereits seit mehr als fünfzig Jahren alle wichtigen technologischen Entwicklungen bei Fußballschuhen und Fußbällen entscheidend geprägt hat (Bild 4). Beispielsweise ist der Predator auch mit der PowerPulse-Technologie

ausgestattet (Titelbild). Diese basiert auf dem Prinzip der optimalen Massenverteilung, das bereits bei der Konstruktion von Tennis- und Golfschlägern zum Einsatz kommt. Dabei ist ein Hohlraum in der Sohle mit schwarzem Wolframpulver gefüllt, das sich beim Schuss nach vorne bewegt und für einen zusätzlichen Vorwärtsschub sorgt.

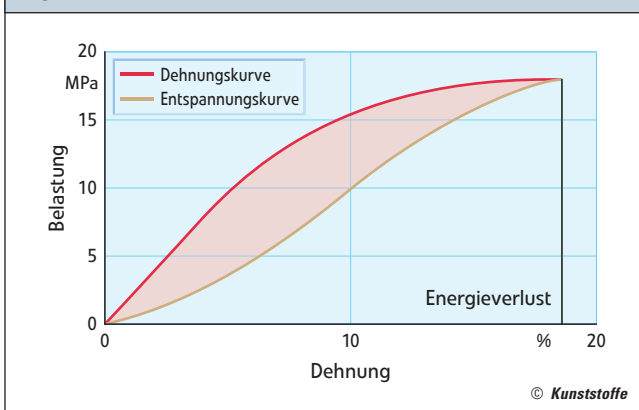
## Profifußball: Zuschnitt auf die Anatomie

Topspieler, die Adidas tragen, können außerdem sicher sein, dass ihre Schuhe nicht nur dem neuesten Stand der Technik entsprechen, sondern exakt auf die anatomischen Besonderheiten des Spielers zugeschnitten sind.

Jeder Schuh – ob Unikat oder Serienmodell – ist das Ergebnis umfangreicher Entwicklung: Bereits seit Jahren arbeitet die Entwicklungsabteilung von Adidas eng mit Zulieferern, Materialherstellern und Profispielern zusammen. Die Profispielern steuern ihre Erfahrungen bei und äußern ihre Wünsche, die die Zulieferer und die Materialhersteller mit ihrem spezifischen Know-how entsprechend dem neuesten Stand der Technik umsetzen. In monatelanger Arbeit und nach zahlreichen Studien entstehen dann ein Prototyp und schließlich ein Modell wie der Predator.

Bei der Suche nach der perfekten Passform und dem optimalen Material setzen die Sportartikelhersteller auch auf neue Technologien und wissenschaftliche Erkenntnisse. So kooperiert Adidas unter anderem mit dem Institut für Sportwissenschaft der Universität Magdeburg. Das ►

## Hysteresekurve



**Bild 2. Das Material der Sohle des Sportschuhs nimmt beim Verformen Energie auf, die zu einem Teil über eine Federwirkung an den Läufer als Impuls wieder abgegeben wird; bei Polyamid 12-Elastomeren ist die Differenz zwischen aufgenommener und abgegebener Energie im Vergleich zu anderen Materialien sehr gering** (Quelle: Evonik Degussa)



**Bild 3. Predator-Detail mit Stollen: Das Befestigungssystem für die austauschbaren Stollen aus glasfasergefülltem Polyamid 12-Elastomer verleiht der Verbindung zur Sohle eine sehr hohe Festigkeit, es verhindert zudem, dass die Stollen auf den Fuß drücken oder bei starker Belastung herausbrechen** (Foto: Evonik Degussa)





**Bild 4. Die geteilte Sohlenkonstruktion des Predator hat mehrere Vorteile: Sie reduziert das Gewicht und sorgt für höchste Flexibilität, zudem können alle Sohlenkomponenten entsprechend ihrer Belastung unterschiedlich steif eingestellt werden** (Foto: Evonik Degussa)

Institut führt Bewegungsanalysen durch (Bild 5), testet bestehende Sportartikel und entwickelt neue Sportgeräte.

Ein wichtiges Instrument ist dabei die Initialmessung. Die Testperson trägt dazu einen speziellen Anzug, der mit 16 Beschleunigungssensoren ausgestattet ist. Setzt der Sportler sich in Bewegung, messen die Sensoren die Orientierung der einzelnen Segmente – zum Beispiel Oberschenkel, Unterschenkel und Fuß – im Raum. Anschließend wird aus den Messdaten ein 3D-Modell errechnet und in Verbindung mit einem Fußdruckmesssohlen-System am Rechner Auftrittsstärke und der Druck auf die Sohlen analysiert. Diese Ergebnisse nutzt dann Adidas bei der Entwicklung seiner Sohlen oder um Schuhe individuell anzupassen.

### Mit Motion Capturing Sportgeräte optimieren

Um komplexe Bewegungen biomechanisch analysieren zu können, setzen die Sportingenieure der Uni Magdeburg auch Motion-Capturing-Systeme ein und arbeiten dabei eng mit dem Magdeburger Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF zusammen.

Motion Capture ermöglicht es, menschliche Bewegungen in ein realistisches 3D-Computermodell zu übertragen; auch Mediengestalter verwenden derartige Systeme bei der Produktion von Animationsfilmen und PC-Spielen, um komplexe Bewegungen in den Computer zu übertragen.



**Bild 5. Bounce-Schuh im Einsatz: Formmassen auf Basis von Polyamid 12 erfüllen die hohen Anforderungen von Läufern an ihre Schuhe**

(Foto: Evonik Degussa)

Zur Erfassung der Bewegung wird die Testperson in einen schwarzen Anzug gesteckt, der an bestimmten Punkten mit reflektierenden Markern ausgestattet ist. Über den gesamten Raum verteilte Infrarotkameras nehmen die Bewegungen auf der Basis der Markerpositionen aus verschiedenen Richtungen auf. Die mit den Kameras gewonnenen Daten werden dann mit einer speziellen Modellierungssoftware in 3D-Modelle umgerechnet. Neben der reinen Bewegungsanalyse können die Forscher mit diesem System auch die Leistung des Athleten diagnostizieren und die Beanspruchung des Körpers beispielsweise im Kniegelenk berechnen. Auf

dieser Basis lassen sich dann Training und Sportgerät weiter optimieren.

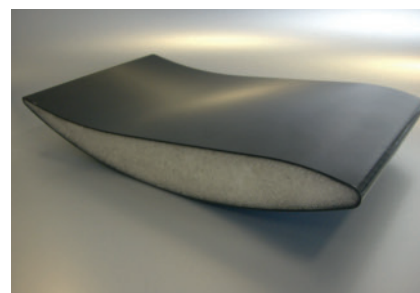
### Ob Motorsport oder Biathlon: Jedes Kilo zählt

Bewegung und Geschwindigkeit sind auch für Materialforscher eine Herausforderung. Beispiel Motorsport: Bei einem Formel-1-Rennen werden die einzelnen Bauteile wegen der hohen Geschwindigkeit und Beschleunigung extrem belastet. Bauteile aus Kunststoff müssen daher enorm stabil und fest sein und gleichzeitig ein möglichst geringes Gewicht haben.

Für derartige Anforderungen kommt ein spezieller Hochleistungsstruktur-schaumstoff aus Polymethacrylimid (PMI) in Sandwichkonstruktionen zum Einsatz (Typ: Rohacell, Hersteller: Evonik Röhm GmbH, Darmstadt). Dabei wird ein Kern aus aufgeschäumtem Polymethacrylimid zwischen zwei Deckschichten aus Kohlenstoff- oder Glasfaser unter Druck und hohen Temperaturen verklebt (Bild 6).

Das Ergebnis ist ein extrem belastbares Bauteil, das sich zum Beispiel in den Karosserien, Heckflügeln und Windleit-elementen der Rennwagen (Bild 7) wiederfindet. Wegen seines geringen Gewichts erlaubt es höhere Beschleunigungen; zudem sorgt es mit seiner Festigkeit für mehr Stabilität, sodass auch Kurven schneller durchfahren werden können.

Festigkeit, Stabilität und geringes Gewicht sind auch im Langlauf und im Biathlon gefordert, da Langlaufski starken dynamischen Beanspruchungen unterworfen sind. PMI-Schaum dient hier wegen seiner sehr guten dynamischen Eigenschaften als Kernmaterial, das sich durch seine leichte Formbarkeit exzellent verarbeiten lässt und das Gewicht der Skier deutlich verringert. Die hohe Wär-



**Bild 6. Flügel: Der Kern aus dem Strukturschaum Polymethacrylimid wird mit Deckschichten aus Epoxidharz mit Kohlenstofffasern unter Druck und hohen Temperaturen zu einem Sandwichverbund verpresst; das Ergebnis ist ein extrem belastbares Bauteil** (Foto: Evonik Degussa)



#### Hersteller

**Evonik Degussa GmbH**  
Paul-Baumann-Str. 1  
D-45764 Marl  
Tel. +49 2365 49-9878  
Fax +49 2365 49-809878  
www.evonik.com

meformbeständigkeit und Kriechbeständigkeit ermöglichen darüber hinaus sehr kurze Produktionszeiten.

Der norwegische Hersteller Madshus verwendet den Hochleistungshartschaumstoff Rohacell deshalb bereits seit vielen Jahren als Kernmaterial in seinen Hochleistungsskiern (Bild 8). Der Werkstoff kommt hier in einer Kastenkonstruktion mit einem innen liegenden Schaumkern und einer Hülle aus faserverstärktem Kunststoff zum Einsatz. Bei



**Bild 8. Madshus-Ski:** PMI-Schaum ist aufgrund seiner extremen Festigkeit und Steifigkeit ein idealer Werkstoff für leichte und gleichzeitig widerstandsfähige Skier (Foto: Madshus)

der Skiherstellung werden dazu die Schaumstoffplatten zugeschnitten und anschließend mit dem faserverstärkten Material beschichtet. Zum Schluss wird maschinell der Spannungsbogen erzeugt, der die Gleitfähigkeit auf der Piste maßgeblich beeinflusst.

Da die PMI-Kerne sich leicht an die erforderlichen Abmessungen anpassen lassen, können die Skier exakt nach technischen Vorgaben gefertigt werden. Dazu gehören beispielsweise Steifigkeit, Vorspannung und Druckverteilung, die in zahlreichen Tests mit Profisportlern ermittelt werden. So entsteht ein sehr stabiler und dennoch flexibler Langlaufski, der den hohen Belastungen durch Kälte, Gewicht, Biegung und Geschwindigkeit gewachsen ist; im Vergleich zu Modellen mit anderen Schaumkernwerkstoffen ist der Ski außerdem deutlich leichter.

Bleibt die Frage, was am Ende mehr im Sport zählt: das menschliche Können oder das perfekte Material? Ob Bewegungsanalysen für ein verbessertes Training oder eigens entwickelte Materialien: Hightech ist aus dem Sport nicht mehr wegzudenken. Doch Spitzenleistungen resultieren vor allem aus dem Zusammenspiel von körperlicher Fitness, perfekter Ausrüstung und der richtigen Technik. ■

#### DIE AUTOREN

KLAUS HÜLSMANN, geb. 1971, ist als Key Account Manager im Market Development des Geschäftsgebiets High Performance Polymers u. a. für die Sportindustrie der Evonik Degussa GmbH, Marl, tätig.

MARC KNEBEL, geb. 1970, übt die gleiche Tätigkeit bei der Evonik Degussa GmbH, Marl, aus.



**Bild 7. Lotus-Heckflügel:** Durch den Einsatz von Polymethacrylimid als Sandwichkern konnten teure und „schwere“ Lagen Kohlefasern eingespart werden, und dennoch hält z. B. der sehr steife, extrem leichte Heckflügel des Lotus Exige Rennwagens dem enormen Winddruck auch bei hohen Geschwindigkeiten stand (Foto: Evonik Degussa)

#### SUMMARY KUNSTSTOFFE INTERNATIONAL

### Extreme Performance in Sports

**HIGH-TECH MATERIALS.** Whether it be running, formula 1 racing or skiing, in order to be successful in high-performance sport the most varied plastics and sophisticated technologies are playing an ever more important role. Especially polyamide 12 elastomers and polymethacrylate foams have proved to be highly effective here as material for soles or lightweight structural materials.

NOTE: You can read the complete article in our magazine **Kunststoffe international** and on our website by entering the document number **PE110016** at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)