

VESTAMID® TERRA

# Hightech-Kunststoffe vom

DR. HARALD HÄGER, DR. JÖRG LIMPER





# Acker



Hochleistungskunststoffe sind klassische Produkte der Erdölchemie. Doch Erdöl wird knapp, eine Alternative ist dringend notwendig. Die Experten des Geschäftsbereichs Performance Polymers von Evonik Industries haben jetzt Polyamide aus Rohstoffen biogenen Ursprungs entwickelt. Die neuen Polymere erfüllen anspruchsvolle technische Anforderungen und sind eine Antwort auf die steigende Nachfrage nach ressourceneffizienten Produkten.

**B**evor die Menschen Öl, Kohle und Erdgas entdeckt hatten, nutzten sie vor allem Pflanzen zur Deckung ihrer Bedürfnisse. Holz zum Heizen und Bauen, Wolle, Faser- und Färberpflanzen für Textilien, Arzneipflanzen gegen allerlei Krankheiten – das waren ganz alltägliche Produkte, die vom Acker und aus dem Wald kamen. Da die fossilen Rohstoffe endlich sind, sind nachwachsende Rohstoffe heute wieder eine echte Alternative. Mit dem wichtigen Unterschied, dass moderne Verfahren zur Verfügung stehen, die viele neue Produkte und Anwendungen bei wesentlich effizienterer Umwandlung ermöglichen.

Nachwachsende Rohstoffe helfen, den Klimawandel zu bremsen, weil sie beim Wachstum das Treibhausgas Kohlendioxid binden und bei einer stofflichen Nutzung sogar Kohlendioxid konservieren. Sie dienen zudem der Versorgungssicherheit – Biomasse wächst immer wieder nach und kann in nahezu jeder Region der Erde angebaut und genutzt werden. >>>



## Nachgefragt: hochwertige Bio-Alternativen

Biobasierte Rohstoffe gewinnen selbst in technisch anspruchsvollen Einsatzbereichen immer mehr an Bedeutung. Ihr großer Vorteil ist die günstigere CO<sub>2</sub>-Bilanz: Werden Inhaltsstoffe der Pflanzen beispielsweise in chemische Rohstoffe umgewandelt und weiter verarbeitet, wird dafür zwar Energie verbraucht und Kohlendioxid erzeugt – meist aber deutlich weniger als bei Verwendung von fossilen Rohstoffen.

Zwar gelten Hochleistungskunststoffe als klassische Produkte der Erdölchemie, doch lassen sich auch Polymerketten ganz oder teilweise aus biobasierten Bausteinen synthetisieren. Die Experten des Geschäftsbereichs Performance Polymers von Evonik beschäftigen sich deshalb seit einiger Zeit mit der Frage, wo im Portfolio der Hochleistungskunststoffe nachwachsende Rohstoffe zum Einsatz kommen können.

Treibende Kraft für die Entwicklung biobasierter Polymere bei Evonik ist zum einen der eigene Anspruch nach mehr Ressourceneffizienz und mehr

Nachhaltigkeit der eingesetzten Rohstoffe. Ein wichtiger Treiber ist zum anderen aber auch der Markt. Immer mehr Kunden interessieren sich nicht nur für das technische Profil eines Kunststoffes, sondern fragen gezielt nach ökologischen Aspekten – nach der Ökobilanz von Produkten und nach Art und Herkunft der Rohstoffe.

## Umfassendes Know-how bei Polyamiden als Entwicklungsbasis

Evonik hat vor einigen Jahren mehrere Projekte gestartet, um das Potenzial nachwachsender Rohstoffe zur Herstellung von Hochleistungskunststoffen auszuloten. Ein Schwerpunkt ist dabei die Entwicklung biobasierter Polyamide. Aus naheliegenden Gründen: Evonik produziert unter der Marke VESTAMID® seit etwa 40 Jahren Polyamide und verfügt über umfassendes Know-how sowohl bei der Herstellung als auch bei der Anwendung von Polyamiden. Das Portfolio umfasst Formmassen aus Polyamid 12, Polyamid 612, Polyamid-12-Elastomeren (PEBA) und neuerdings auch Polyphthalamid (PPA). Die eingeführten Materialien werden seit Jahrzehnten von namhaften Herstellern verwendet und decken in ihrer Vielfalt schon heute ein breites Anwendungsspektrum ab.

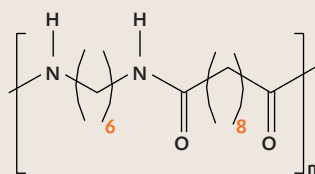
Generell gilt, dass langkettige, semikristalline Polyamide nur wenig Wasser aufnehmen, beständig sind gegen polare und unpolare Lösemittel, eine geringe Kriechneigung und eine hohe Schlagzähigkeit zeigen und in einem breiten Temperaturbereich von -50 bis +120 °C eingesetzt werden können. Dieses Eigenschaftsprofil liefert kaum ein anderer polymerer Werkstoff in dieser Preisklasse.

VESTAMID® hat sich daher seit vielen Jahren in unterschiedlichsten Einsatzfeldern bewährt und die verschiedenen Varianten werden meist für langlebige und technisch anspruchsvolle Anwendungen genutzt. Beispiele sind Kraftstoff- und Bremsleitungen im Automobil, Erdölförderleitungen und Gasdruckrohre, Filamente wie Borsten für Zahnbürsten, Schuhsohlen hochwertiger Sportschuhe, Kabelhüllen, Gehäuse antielektrostatischer Geräte oder auch Katheter.

## Rizinusöl als Rohstoff

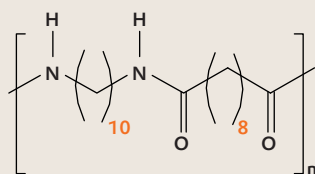
Rohstoffe biogenen Ursprungs sind historisch gesehen nichts Neues für die Polyamidchemie. Polyamid 66 wurde ursprünglich aus Inhaltsstoffen von Haferspelzen hergestellt. Heute spielt in der Produktion von Polyamiden vor allem Rizinusöl (Kastoröl, castor oil) eine große Rolle. Rizinusöl ist vor allem als wirksames Abführmittel bekannt, kommt wegen seiner guten Schmiereigenschaften aber auch als Motorölzusatz zum Einsatz (Castrol®). >>>

VESTAMID® Terra umfasst derzeit die drei Varianten PA 610, PA 1010 und PA 1012



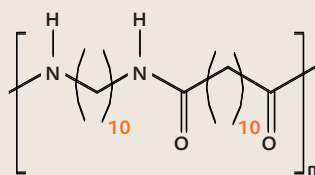
VESTAMID® Terra HS  
PA 610

Basiert zu 62 Prozent auf nachwachsenden Rohstoffen



VESTAMID® Terra DS  
PA 1010

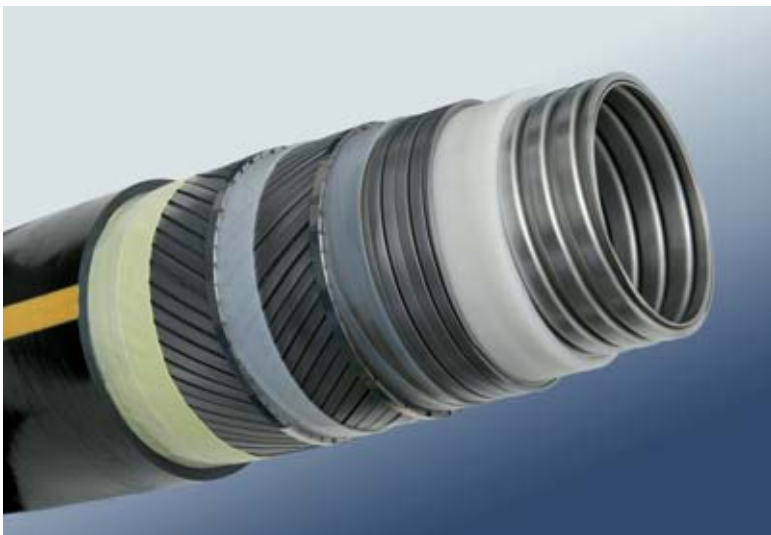
Basiert zu 100 Prozent auf nachwachsenden Rohstoffen



VESTAMID® Terra DD  
PA 1012

Basiert zu 45 Prozent auf nachwachsenden Rohstoffen

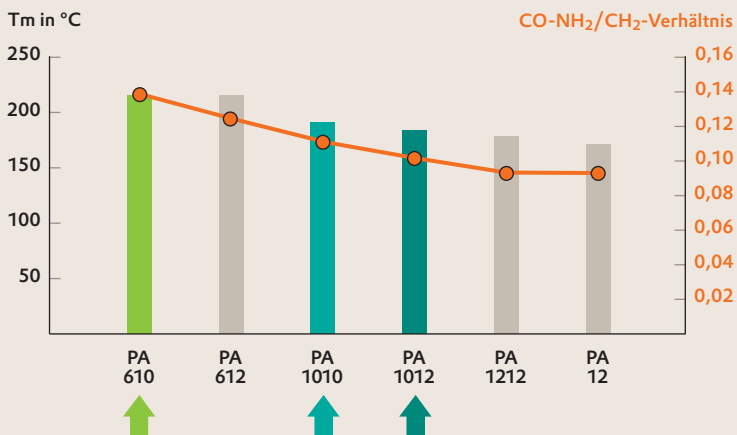




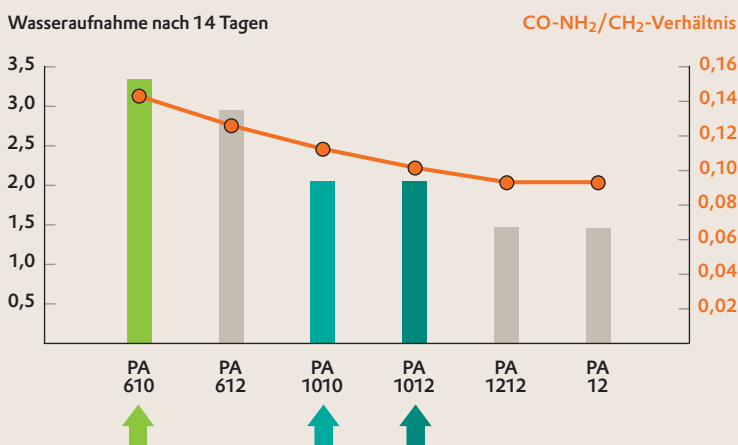
Bewährtes Material für anspruchsvolle Aufgaben: VESTAMID®, das Hochleistungspolyamid von Evonik, kommt unter anderem in Gasdruckrohren für Drücke zwischen 10 und 20 bar (oben), in Offshore-Erdölförderleitungen (unten links) oder im Kühlmittleitungssystem im Auto (unten rechts) zum Einsatz



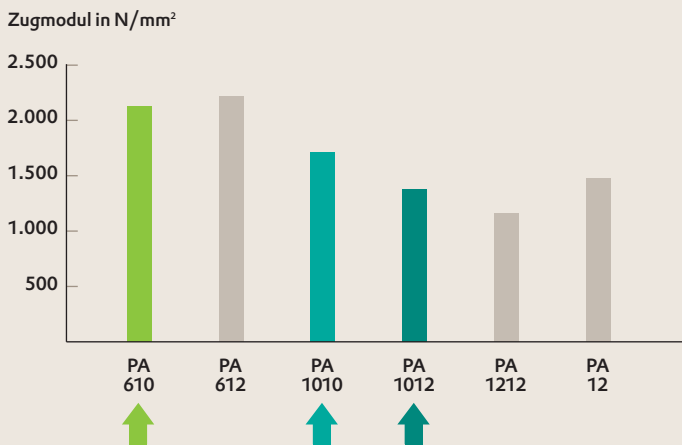
Zusammenhang zwischen der Schmelztemperatur  $T_m$  und der Dichte der Carbonamidgruppen (Verhältnis  $\text{CO-NH}_2$  zu  $\text{CH}_2$ ). Das biobasierte PA 610 hat den höchsten Schmelzpunkt der von Evonik angebotenen Polyamide, während die biobasierten Varianten PA 1010 und PA 1012 eine mittlere Position zwischen den lang- und kurzkettigen Polyamiden besetzen



Zusammenhang zwischen der Dichte der Carbonamidgruppen (Verhältnis  $\text{CO-NH}_2$  zu  $\text{CH}_2$ ) und dem Wasseraufnahmevermögen. Auch hier nehmen die biobasierten Varianten PA 1010 und PA 1012 eine mittlere Stellung zwischen den lang- und kurzkettigen Polyamiden ein, während PA 610 nach 14 Tagen die höchste Wasseraufnahme zeigt



Auch beim Zugmodul schließen die unter dem Handelsnamen VESTAMID® Terra angebotenen Polyamide PA 1010 und PA 1012 die Lücke zwischen lang- und kurzkettigen Polyamiden



Für Polymerchemiker wiederum ist es ein attraktiver Rohstoff: Es ist für chemische Synthesen besonders gut geeignet, denn das Öl hat eine ungewöhnlich homogene Zusammensetzung. Es besteht zu 80 bis 85 Prozent aus dem Triglycerid der Ricinolsäure, daneben aus weiteren Glyceriden verschiedener C18-Fettsäuren.

Hier hat Evonik angesetzt, um biobasierte Polyamide zur Marktreife zu bringen. Dabei ging es zunächst nicht darum, fossil basierte und seit langem bewährte Produkte zu ersetzen, sondern um eine gezielte Erweiterung des Produkt- und damit auch des Anwendungsspektrums. VESTAMID® Terra ist das Ergebnis – eine Gruppe neuer Polyamide, deren Monomere ganz oder teilweise auf nachwachsenden Rohstoffen basieren. VESTAMID® Terra umfasst mehrere Varianten – PA 610, PA 1010 und PA 1012 –, die sich in ihrem Eigenschaftsprofil unterscheiden und Lücken im bisher zugänglichen Eigenschaftsspektrum von Polyamiden schließen.

## Neue Eigenschaften erschlossen

Das biobasierte PA 610 ist das Polykondensationsprodukt aus 1,6-Hexamethylendiamin und 1,10-Decandisäure (Sebazinsäure). Technisch besetzt diese Variante eine Position zwischen dem hochleistungsfähigen Polyamid 612 und den Standardpolyamiden PA 6 und PA 66. Da Sebazinsäure aus Rizinusöl gewonnen wird, ist PA 610 ein zu 62 Prozent auf natürlichen Ressourcen basierendes Material.

PA 1010 wird aus 1,10-Decamethylendiamin und Sebazinsäure synthetisiert. Mit seinem Eigenschaftsprofil schließt es die Lücke zwischen langkettigen Hochleistungspolyamiden wie PA 12 und PA 1212 und den kürzerkettigen Standardpolyamiden PA 6 und PA 66. Da beide Monomere aus Rizinusöl gewonnen werden, ist PA 1010 ein zu 100 Prozent auf biologischen Ressourcen basierendes Material. PA 1012 schließlich entsteht aus dem biobasierten C10-Diamin und fossiler Dodecandisäure und besteht daher zu 45 Prozent aus nachwachsenden Rohstoffen.

## Kurze Transportwege für mehr Ökologie

Rizinusöl wird aus den Samen des afrikanischen Wunderbaums, einem Wolfsmilchgewächs, gewonnen. Die Rizinuspflanze wächst vor allem in Indien, Brasilien und China. Jährlich werden rund 550.000 Tonnen des Öls gehandelt, Deutschland importiert über 30.000 Tonnen pro Jahr. Das Beispiel zeigt: Der Handel mit Rohstoffen biogenen Ursprungs ist ein globaler Handel, wobei Europa und die USA in aller Regel große Mengen importieren müssen, um ihren Bedarf zu decken. Das wirft die Frage auf, wie ökologisch sinnvoll der Handel mit nachwachsenden

Rohstoffen ist, wenn die Biomasse über weite Strecken vom Anbauort zur Weiterverarbeitung und von der Verarbeitung zum Kunden transportiert werden muss.

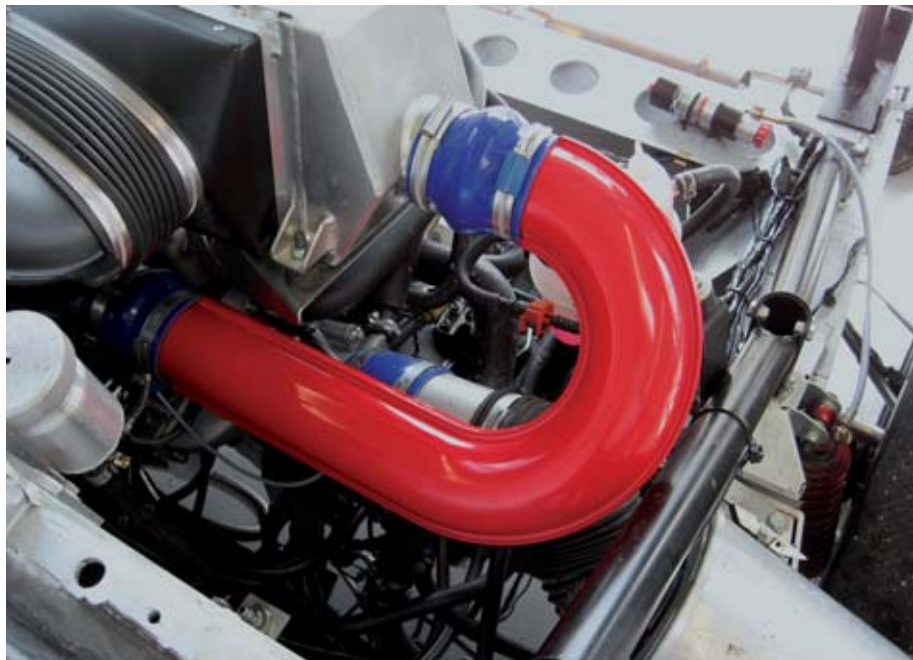
Die Strategie von Evonik trägt dieser Frage Rechnung: Seit Ende des vergangenen Jahres produziert das Unternehmen in einer Anlage südlich von Shanghai neben den etablierten Produkten biobasierte Polyamide. Die Monomere, die dafür zum Einsatz kommen, sind die Sebazinsäure (C10-Disäure) sowie das aus der Sebazinsäure hergestellte C10-Diamin. Sebazinsäure wird über alkalische Oxidation aus dem Rizinolmethylester gewonnen, während das C10-Diamin über weitere chemische Reaktionen aus Sebazinsäure gewonnen wird.

In der Anlage bei Shanghai werden die Monomere dann polymerisiert und zu Formmassen verarbeitet. Ein Transport der Monomere beispielsweise zur Weiterverarbeitung nach Deutschland wird so überflüssig. Damit optimiert Evonik nicht nur den Stoffkreislauf, sondern produziert auch möglichst nahe am Kunden: Gerade in Asien, wo zahlreiche nachwachsende Rohstoffe für die chemische Produktion angebaut und gewonnen werden, will Evonik in Zukunft weiter wachsen.

### Auch für extreme Herausforderungen geeignet

Geeignete Einsatzbereiche für VESTAMID® *Terra* gibt es viele. PA 610 ist hochtemperaturbeständig und deshalb besonders für heiße Umgebungen geeignet, etwa als Motorabdeckung im Auto. PA 1010 hat eine hohe Steifigkeit und ist als faserverstärkte Variante deshalb für stark beanspruchte Gehäuse und ähnliche Anwendungen geeignet. PA 1012 dagegen ist transparent und zeichnet sich durch hohe Schlagzähigkeit aus. Es kann beispielsweise als Additiv in Sohlen hochwertiger Sportschuhe die Dämpfung der Schuhe verbessern und deren Federkraft erhöhen. Alle drei Vertreter der VESTAMID® *Terra* Familie sind semikristallin und zeigen daher eine hohe mechanische Festigkeit und Chemikalienbeständigkeit.

Biobasierte Polyamide sind selbst für extreme Anwendungen einsetzbar. Ein besonders hochleistungsfähiges Polymer ist das VESTAMID® *HTplus* – ein Polyphthalamid (PPA) von Evonik, das extreme Temperaturen über 180 °C dauerhaft aushält. Es dient als Werkstoff beispielsweise für das Ladeluftrohr im Turbolader und wird noch im Sommer 2009 auch als biobasierte Variante angeboten. VESTAMID® *HTplus* halbiert beispielsweise im britischen Sportwagen Lotus Exige das Gewicht des Ladeluftrohrs im Vergleich zum Metallrohr und verbessert zudem die Strömungseigenschaften – das spart Benzin und minimiert den CO<sub>2</sub>-Ausstoß.



### Anbau auch unter extremen Bedingungen möglich

Die Entwicklung der VESTAMID® *Terra* Familie zeigt: Rohstoffe vom Acker sind nicht nur für die Energieerzeugung oder für kurzlebige Produkte geeignet, sondern auch für technisch stark beanspruchte Hightech-Kunststoffe. Allerdings: Nicht immer ist „bio“ per se nachhaltig und ökologisch sinnvoll. Beispielsweise dann nicht, wenn die Nutzung nachwachsender Rohstoffe einen besonders hohen Energieinput benötigt, wenn im Lebenszyklus des Kunststoffs schädliche oder gar giftige Emissionen freigesetzt werden oder lange Transportwege notwendig sind. Auch wenn der Anbau der Biomasse in direkter Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion steht, kann eine technische Nutzung fragwürdig sein. Hier kann die Rizinuspflanze punkten: Aufgrund ihrer Dürre-resistenz wird sie überwiegend auf Standorten angebaut, die für andere Nutzpflanzen ungeeignet sind.

Da so viele unterschiedliche Faktoren mitspielen, ist ein direkter Vergleich von biobasierten und fossilen Rohstoffen für die chemische Produktion eine komplexe Angelegenheit. Bisherige Untersuchungen zu VESTAMID® *Terra* belegen, dass die Biovarianten beim Treibhauspotenzial und beim Primärenergiebedarf positiv abschneiden. PA 610 hat beispielsweise einen deutlich niedrigeren Primärenergiebedarf als die chemisch ähnlichen und fossil erzeugten PA 6 oder PA 66. Für das zu 100 Prozent biologische PA 1010 erwarten die Experten ein noch niedrigeres Treibhauspotenzial. Die Untersuchungen dazu sind derzeit noch nicht abgeschlossen. >>>

Erfolgreich erprobt: Motornaher Einsatz des Ladeluftrohrs aus VESTAMID® *HTplus*, einem Polyphthalamid von Evonik, in einem Rennwagen Lotus Exige. Ab Sommer 2009 wird Evonik das Material auch als biobasierte Variante anbieten





Generell aber erscheint das ausgewogene Nebeneinander von fossil basierten und biologischen Rohstoffen als die tragfähigste Lösung, denn auch neue Biomasseströme müssen professionell gemanagt werden. Außerdem sind neue Produkte – ob teilweise oder vollständig biobasiert – nur dann wirklich nachhaltig, wenn sie ökologische, ökonomische und soziale Kriterien gleichermaßen erfüllen: wenn sie also im Lebenszyklus eine positive CO<sub>2</sub>- und Ressourcenbilanz aufweisen, wirtschaftlich tragfähige Märkte erschließen und nicht zuletzt dem Kunden ein Plus an Qualität und Nutzen garantieren. VESTAMID® Terra erfüllt diese Kriterien. ●

**Treibhauspotenzial\* (Global Warming Potential, GWP) von VESTAMID® Terra.** Die bisherigen Untersuchungen belegen, dass die Biovarianten gegenüber den rein fossil basierten Polyamiden positiv abschneiden. Durch Optimierung der Prozessbedingungen lassen sich die Werte nochmals deutlich senken

*\*Vorläufige Daten, Quelle: Evonik, PE International*

Polyamid	Aktuelle Prozessbedingungen <span style="color: green;">Optimierte Prozessbedingungen</span>	
	GWP in kg CO <sub>2</sub> Äquivalente/kg Material	
VESTAMID® Terra HS (PA 610, 62 Prozent biobasiert)	4,1	2,6
VESTAMID® Terra DS (PA 1010, 100 Prozent biobasiert)	2,8	1,1
VESTAMID® Terra DD (PA 1012, 100 Prozent biobasiert)	3,0	1,5



**DR. HARALD HÄGER**

Jahrgang 1968

Harald Häger leitet im Evonik-Geschäftsgebiet High Performance Polymers die Prozess- und Produktentwicklung; Arbeitsschwerpunkte sind die C12-Chemie, langkettige aliphatische Polyamide, PPA, PEEK, nachwachsende Materialien sowie Life Cycle Assessments. Häger studierte Chemie an der Philips-Universität Marburg. Nach seiner Promotion 1996 arbeitete er knapp zwei Jahre als Post Doc an der Universität Dublin (Irland), bis er 1998 als Mitarbeiter in F&E im Bereich High Performance Polymers startete. 2003 wechselte

er in das neu gegründete Projekthaus Functional Films, wo er für die Entwicklung von Hochleistungs-Nanocompositen und die entsprechenden Verarbeitungstechnologien verantwortlich war. Nach dem erfolgreichen Abschluss des Projekthauses 2006 übernahm er seine aktuelle Position.

+49 2365 49-2351, harald.haeger@evonik.com



**DR. JÖRG LIMPER**

Jahrgang 1960

Jörg Limper ist im Geschäftsgebiet High Performance Polymers von Evonik verantwortlich für das Marktsegment Lifestyle. Nach Studium der Agrarwissenschaften und Promotion an der Justus-Liebig-Universität Gießen startete er seine Karriere 1989 bei der Boehringer Ingelheim Vetmedica GmbH. Nach verschiedenen Stationen – zuletzt als Leiter F&E-Koordination mit Verantwortung unter anderem für Planung und Controlling der Forschungsprojekte – wechselte er 1995 zur ehemaligen Degussa in den Bereich Feed Additives.

Ab 1996 leitete er hier den Bereich Anwendungstechnik Tierernährung, ab 1999 war er verantwortlich für das Marketing der Futtermittelaminosäure DL-Methionin und ab 2004 zusätzlich noch für das Marketing der Aminosäure L-Lysin. 2006 übernahm er seine aktuelle Position.

+49 2365 49-9689, joerg.limper@evonik.com