



Polymere: Neuartige Moleküle, mehr Leistung

Seite 2

Windkraft: Immer größere Bauteile härten für mehr Ertrag

Seite 3

Reibung an- und ausschalten
Wie Diamant weich wird

Seite 4

1 • 2011



Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

Kleine Ursache, große Wirkung – Die Prozessführung in einer großen Walzstraße der Stahlindustrie oder die Reaktorkonfiguration in einer Chemieanlage dienen einer Zielsetzung – hochwertige leistungsfähige Stähle oder Kunststoffe zu produzieren. Deren Leistungsfähigkeit wird zum großen Teil durch die Mikrostruktur bestimmt. An sie mag man in Anbetracht der Dimensionen der Anlagen gar nicht gleich denken – aber Sie ist es, die uns als Institut umtreibt. Sie entscheidet über die Werkstoffeigenschaften, sie ist maßgebend für die Zuverlässigkeit im Einsatz und eine wirtschaftliche Verarbeitung. Diese Mikrostruktur gilt es zu erkunden und zu charakterisieren. Hier bringen wir unsere Expertise ein. Dieser IWM Report widmet sich vor allem Kunststoffen, aber auch Rechenmodellen für Flüssigkeiten und für das induktive Härten von großen Lagern.

Eine spannende Lektüre wünscht

Ihr Ralf Wehrspohn
Sprecher der Institutsleitung

Erfolgreicher Verwandlungskünstler

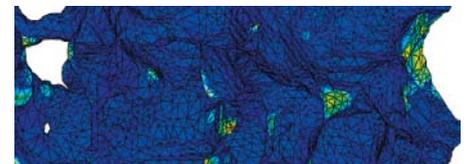
Kunststoff hat die Produktwelt und unseren Alltag verändert. Von 1,5 Millionen Tonnen im Jahr 1950 ist die Produktion 2008 auf 245 Millionen Tonnen weltweit gewachsen. Grund für den Erfolg: Kunststoff ist ein Verwandlungskünstler. Doch um das variabel gestaltbare Material optimal einsetzen zu können, muss man seine Stärken und Schwächen genau kennen. Diese analysiert, simuliert und optimiert das Fraunhofer IWM – für Anwendungen in der Luftfahrt, in der Photovoltaik oder in der Automobilindustrie.

285 000 Beschäftigte hat allein die kunststoffverarbeitende Industrie in Deutschland. Deren Perspektive ist gut, auch bei sinkenden Rohölbeständen. Nur 4 bis 6 Prozent des Rohöls gehen in die Erzeugung polymerer Werkstoffe, 80 Prozent dienen nach wie vor als Energiequelle. Der Kunststoffherstellerverband »PlasticsEurope« geht davon aus, dass sein Markt weltweit weiter wachsen wird, nicht zuletzt wegen der vielen Vorteile des Materials.

Ein Bauteil aus Kunststoff besteht aus Millionen sehr langer, ineinander verschlungener Molekülketten (Polymeren), die sich aus vielfach wiederholten Grundeinheiten, den Monomeren, zusammensetzen. Attraktiv ist das Material, weil sich die technischen Eigenschaften eines Produkts extrem variieren lassen – je nachdem, welches Ausgangsmaterial man wählt, wie der Herstellungsprozess gesteuert wird und welche Additive beigemischt werden (mehr zur Materialentwicklung im Interview mit Prof. Roland Weidisch, dem neuen Leiter des Geschäftsfelds Polymeranwendungen).

Schon im Syntheseprozess für das Ausgangsmaterial werden die Weichen für die späteren Bauteileigenschaften gestellt. Hier kooperiert das Fraunhofer IWM eng mit dem Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und Polymerverarbeitung PAZ in Schkopau.

Oft sind es auch die Verbindungen mit anderen Werkstoffen, die über Wohl und Wehe eines neuen Kunststoffs entscheiden. So beispielsweise im Fahrzeugleichtbau, wo Faserverbundwerkstoffe an vielen Stellen mit anderen Werkstoffen wie Stahl verbunden werden müssen. Genau diese Schnittstelle besser zu verstehen, um Leichtbauteile sicher auslegen zu können ist Ziel eines Teams um Michael Luke und Ralf Schäuble. Wenn man versteht, was im Inneren einer Verbindung bei Beanspruchung passiert, können zum Beispiel Frontends gezielt optimiert werden, um noch mehr Gewicht einzusparen.



Auch in der Mikroelektronik spielt Kunststoff zunehmend eine Rolle. Eine Krux hier: Viele Analysemethoden zur Technologieoptimierung verändern das Material durch die Untersuchung. Das Team von Frank Altmann arbeitet deshalb mit Nachdruck an der Entwicklung neuer, angepasster Analytik. »Das Werkstoffverhalten von Kunststoffen zu beherrschen und einzustellen ermöglicht viele neue Anwendungen und öffnet neue Märkte« blickt der Institutsleiter des IWM, Prof. Ralf Wehrspohn, in die Zukunft.

Partikelsimulation

Wenn es strömt oder rieselt



Es begann mit der Pulvertechnologie und der Erkenntnis, dass die Qualität von Sinterbauteilen schon davon beeinflusst wird, wie das Pulver in die Form rieselt und sich verdichtet, bevor es gesintert wird. Kontinuumsbasierte Simulationen wie Finite-Elemente-Methoden können den Zusammenhang zwischen Füllen und Bauteilqualität nicht in vollem Umfang beantworten. Dafür bietet das Fraunhofer IWM der Industrie das partikelbasierte Simulationstool SimPARTIK, um sowohl das Verhalten von Granulat als auch von Flüssigkeiten vorherzusagen.

Warum solche Vorhersagen für die Produkt- oder Prozessqualität – etwa in Automobil-, Lebensmittelindustrie oder auch in der Medizin – unverzichtbar sein können, illustriert der so genannte Müsli-Effekt: Obwohl größer und manchmal auch schwerer, landen die großen Cornflakes in der Tüte am Ende immer oben. Was aber, wenn die Durchmischung essentiell für die Produktqualität ist?

SimPARTIK lässt sich gezielt auf die Inhaltsstoffe eines Granulats oder einer Suspension anpassen. Mit seinem »natürlichen Zugang« bilde das Modell die reale Struktur des Mediums nach, erläutert IWM-Wissenschaftlerin Hanna Lager. Kommerziell verfügbare partikelbasierte Methoden am Markt sind im Vergleich dazu in der Anwendung eingeschränkt.

»Die Kunden beschreiben ihre Prozesse und ihre Fragestellungen. Falls nötig, charakterisieren wir die verwendeten Werkstoffe und beschreiben dann mit SimPARTIK die Prozessdynamik«, erläutert Hanna Lager das Vorgehen am Fraunhofer IWM in Freiburg. Die umfangreiche Laborausstattung im Haus ermögliche es zudem, experimentell zusätzliche Informationen zu gewinnen. Weitere Vorteile: Die intensive Einarbeitung in ein komplexes Simulationsprogramm entfällt, die Auswertung ist sehr detailliert. Mehr Infos unter www.simpartik.de und bei info@simpartik.de

Polymere: Neuartige Moleküle, mehr Leistung

Extrem dehnbare Elastomere, Nanokomposite und Kunststoffe, die sowohl zäh als auch steif sind, stehen im Fokus seiner Forschung: Seit April 2010 leitet Prof. Dr. Roland Weidisch das Geschäftsfeld Polymeranwendungen am Fraunhofer IWM in Halle und ist als Professor am Institut für Chemie der Universität Halle tätig.



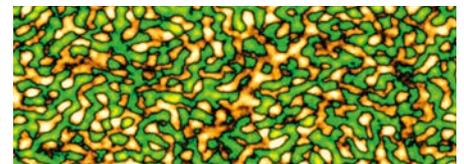
■ **Sie entwickeln neue Elastomere und nanostrukturierte Polymere. Wo können diese Materialien eingesetzt werden?** Nanostrukturierte Polymere sind, zum Beispiel, hervorragend geeignet für Schläuche, Dichtungen und Membranen in der Medizintechnik sowie für den Einsatz in der Akustik. Auch Reifenhersteller und die Sportindustrie können profitieren.

■ **Was macht das Material interessant?** Nanostrukturierte Polymere haben eine Bruchdehnung von 200 bis 300 Prozent und eine hohe Steifigkeit. Bislang verfügbare Werkstoffe liegen bei ca. 20 Prozent.

■ **Gibt es bereits marktfähige Produkte?** In einer Kooperation mit dem Chemie Konzern BASF entwickeln wir Styrol-Butadien-Copolymere mit hoher Zähigkeit und Steifigkeit. Daraus entstehen Folien, die auch mit ihrer Transparenz, Oberflächenhärte und mit ihrem Preisvorteil von rund 20 Prozent überzeugen.

■ **Wie sind Sie bei der Entwicklung vorgegangen?** Nun, ich habe die prinzipielle Struktur der Moleküle konzipiert und gemeinsam mit BASF die Materialeigenschaften zielgenau entwickelt. Die Krux ist: Die Molekülstruktur muss sehr genau abgebildet werden, sonst erreicht man nichts. Liegt man nur drei Prozent daneben, verhalten sich die Copolymere nicht zäh, son-

dern im Gegenteil spröde. Nach wie vor sind prozesstechnische Fragen der Verarbeitung offen. Diese möchten wir gemeinsam mit dem Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und Polymerverarbeitung bearbeiten. Dort können wir unter Produktionsbedingungen testen.



■ **Ihr anderes Steckpferd sind superelastische Polymere.** Ja, vor gut zehn Jahren habe ich in USA neue molekulare Strukturen entdeckt und siehe da, deren Eigenschaften waren noch viel beeindruckender, als wir erwartet hatten. 2004, in Dresden am Leibniz-Institut für Polymerforschung, habe ich dafür den Innovationspreis erhalten.

■ **Sie sind superelastisch ...** Genau. Derzeit liegt die Reißdehnung von Elastomeren bei maximal 1 000 Prozent. Die neuartigen Polymere erreichen 1 700 bis 1 800 Prozent und nehmen ihre anfängliche Form wieder an - interessant für langlebige Membranen und Dichtungen. Hinzu kommt, dass sie sich vernetzen und mit Nanopartikeln füllen lassen. So werden Schläuche und Folien heiß sterilisierbar oder können Barriereigenschaften zeigen.

■ **Sind diese Elastomere schon kommerziell verfügbar?** Leider ließen sich bislang nur Mengen von zwei Gramm herstellen. Mehr geht in universitären Labors nicht. Am staatlichen Oak Ridge National Laboratory in USA werden bereits komplexe Moleküle synthetisiert im Maßstab von 20 Gramm. Mit dem Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und dem Partner Fraunhofer IAP haben wir auch den Rahmen, um größere Mengen zu produzieren. Unser Ziel ist ein Kilo und mehr. Damit könnten wir in die Verarbeitung gehen.

■ **Suchen Sie Industriepartner?** Die werden wir haben. Unternehmen aus den Bereichen Automobil, Sensorik, Medizin-



Windkraft: Immer größere Bauteile härten für mehr Ertrag

Elektrische Energie aus Windkraft ist gefragt. Aber, je größer das Windrad, umso höher die Anforderungen an die eingesetzten Werkstoffe. Allein die Lagerringe, auf denen sich Rad und Turbine im Wind ausrichten, haben heute einen Durchmesser von 3 bis 4 Metern. Damit die Bauteile dem Gewicht und der Drehbelastung standhalten, werden sie in Induktionsanlagen gehärtet. Was genau dabei im Material passiert, will das Fraunhofer IWM gemeinsam mit Industriepartner EFD vorhersagbar machen – weltweit eine Neuheit.

Das Potenzial der Windkraft ist enorm. Um mehr Wind einzufangen, wird der Werkstoff bis an seine Grenzen belastet. Doch wo genau liegen diese Grenzen, und wie wird der Werkstoff für die wachsenden Anforderungen optimal gehärtet? Der Lagerring aus Stahl, auf dem sich ein Windrad drehen und ausrichten kann, kostet in der Herstellung rund 500000 Euro. Die hohen Kosten entstehen, weil der Ring sich beim Härten verzieht und aufwändig nachbearbeitet werden muss: In Induktionsanlagen fährt ein stromdurchflossener Induktor über den Stahlring. Der durch das Magnetfeld im Bauteil induzierte Strom erhitzt die Randschicht des Rings, danach wird diese mit Wasser abgeschreckt und härtet aus. Den Ring in einem einzigen Induktionsschritt zu härten, ist unmöglich, dafür bräuchte man den Strom einer Kleinstadt.

Wie tief wirkt nun die Induktion in den Ring hinein? Wie lassen sich die Eigenspannungen minimieren? Um diese Fragen zu beantworten, arbeitet das Fraunhofer IWM zusammen mit der EFD Induction GmbH an einer völlig neuartigen Simulation. Denn bislang lässt sich das, was im kompletten Ring während des Härtens geschieht, nicht am Rechner simulieren. »Eine Berechnung in 3D würde mit aktuellen Modellen Jahre dauern«, meint Marcus Brand, IWM-Projektleiter im Leistungsbereich Ermüdungsverhalten, Eigenspannungen. John-Inge

Aspereheim und Dr. Hansjörg Stiele vom Industriepartner EFD brachten zweidimensionale Simulationen bereits mit. Das Fraunhofer IWM soll nun die werkstoffmechanische Expertise und die Fachkenntnis im Kombinieren von Simulationsmethoden einbringen. So soll ein Rechenmodell entstehen, das die Beschreibung einer Scheibe des riesigen Rings mit einer dreidimensionalen Beschreibung kombiniert. Damit will man den Induktionsprozess umfassend abbilden. Sind die entscheidenden Parameter für das Verringern der Spannungen



erst dingfest gemacht, lässt sich der Prozess – zunächst am Rechner – optimieren. »Den Induktorschneider oder langsamer bewegen, Strom und Spannung optimieren, den Ring zeitversetzt oder noch früher abkühlen – was immer unsere

Modellierung ergibt«. Selbst Projektleiter Brand ist neugierig auf die Ergebnisse, die das IWM auch mit experimentellen Messungen begleitet.

marcus.brand@iwm.fraunhofer.de



Keramiken beschäftigen **Christina von der Wehd** von klein auf. Der Großvater, Brennmeister bei Henneberg Porzellan in Ilmenau, nahm die Enkelin gern

mit. Heute ist sie die Frau für Spezialprüfaufbauten im Bereich Hochtemperatur – für Keramik und Metalle. Sie vermittelt zwischen Industriekunden und Technikern, wertet aus und dokumentiert. Schulungen zur Werkstoffprüfung gestaltet sie ebenfalls. »Wir zeigen, wie man Werkstoffe unter schwierigen Bedingungen prüft und an eine Schadensanalyse herangeht«, erklärt die wissenschaftliche Mitarbeiterin. Bei ihrer Arbeit profitiert die heute 38-Jährige von ihrem Studium der technischen Keramik und der Erfahrung als Produktionsleiterin in einem Mikroelektronikunternehmen.

christina.von.der.wehd@iwm.fraunhofer.de



Keramik, speziell die Faserverbundkeramik, steht bei **Stefan Ladisch** im Fokus. Der Doktorand hat am Fraunhofer IWM in

Halle bereits für seine Masterarbeit geforscht. Seine automatisierte Bildauswertung von Rissen in Schaum-Sandwich-Bauteilen für den Flugzeugbau gehörte 2009 zu den prämierten Abschlussarbeiten an der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur in Leipzig. Seine Dissertation widmet sich den Werkstoffeigenschaften der Faserverbunde im Bereich Polymerbasierte Hochleistungswerkstoffe. Privat ist der 25-Jährige als Meteorologe tätig. Unter www.wetter-nw.de findet man stets die aktuelle Wetterlage seiner Heimatregion Wyratal südlich von Leipzig. Nach Hause zieht den Nachwuchswissenschaftler aber vor allem sein sechs Monate alter Sohn.

stefan.ladisch@iwmh.fraunhofer.de



technik oder Folienhersteller haben Interesse. Für Dichtungen und Membranen ist das Material geeignet, in der Tribologie eröffnet es neue Optionen.

■ **Wie geht es weiter?** Der erste Schritt ist die Synthese. Sie ist unabdingbar, um große Mengen zu bekommen. Der zweite Schritt ist die Verarbeitung, zunächst im Labor. Dafür sind wir in Halle bestens ausgestattet. Im dritten Schritt untersuchen wir Eigenschaften und Wechselwirkungen.

■ **Bis wann ist das Produkt marktfähig?** Wenn die Synthese klappt, in vier bis fünf Jahren.

■ **Wie passt das zur Werkstoffmechanik am Fraunhofer IWM?** Mit meiner Frage – wie kann die Molekülstruktur die Werkstoffmechanik beeinflussen? – schlage ich die Brücke von der Charakterisierung hin zur Materialentwicklung. Hier haben wir noch Potenziale im Fraunhofer IWM. In Halle steht eine hervorragende Ausstattung

zur Verfügung, um Struktur und Mechanik der Stoffe in der kompletten Breite zu untersuchen. Wir haben Laborextruder, um die Verarbeitung zu testen. Das ist für die Umsetzung unabdingbar. Zur Finanzierung bringen wir gerade Fraunhofer-Eigenforschung und Projekte im Auftrag des Bundesforschungsministeriums auf den Weg. – Werkstoffe modifizieren und gleich selber testen in einer steten Rückkopplung, das macht die Forschung effizient.

Reibung an- und ausschalten



Gibt es ein elektrisch schaltbares Reibsystem? Dieser Frage geht Andreas Kailer mit seinen Kollegen am Fraunhofer IWM nach. Mit gezielten Materialbeigaben und sich überlagernden elektrischen Feldern wollen sie Reibung und somit auch Verschleiß vermindern. In Ansätzen ist dies schon gelungen: Für die elektrisch geladene Wasserschmierung von Steinbohrern oder beim Drahtziehen gibt es bereits seit längerem Patente.

Im Fraunhofer IWM sucht man gezielt nach Anwendungen, bei denen elektrische Potenziale zur Reibminderung sinnvoll sein könnten. Gleitlager und Gleitringdichtungen in wässrigen Medien gehören zur ersten Zielgruppe. Denn Wasser mit Salz leitend zu machen ist recht leicht und die reibmindernde Wirkung von elektrisch leitfähiger Keramik unter negativem elektrischem Potenzial wurde bereits nachgewiesen.

Doch es geht um mehr als die Erhöhung von Lebensdauer, Energieeffizienz und Leistungsfähigkeit. Ein weiteres Ziel ist es, Reibung über elektrische Spannung, sozusagen »einzustellen«. Damit könnte man Friktionssysteme schaffen wie Kuppelungen oder Bremsen, die Reibung bei Bedarf übertragen.

Nutzen will man dafür magnetoreologische Flüssigkeiten, die unter Spannung ihre Viskosität ändern, etwa plötzlich verklumpen, weil sie ferromagnetische Stoffe enthalten. Auch Flüssigkristalle, in Handy-Displays gang und gäbe, werden untersucht. Viele Fragen sind noch offen: Ist diese Veränderung der Viskosität umkehrbar und wie lange? Mit dynamischen Partikelsimulationen schaut das Fraunhofer IWM in die Zukunft.

Auch für Grenzflächen und Beschichtungen böten schaltbare Systeme neue Potenziale: Was, wenn Mehrelektroden-systeme eine Oberfläche chemisch so beeinflussen, dass Moleküle aus einer Emulsion daran haften?

An Ideen und Konzepten mangelt es nicht. Nun gilt es an der Umsetzung zu arbeiten. Wer weiß, vielleicht sind elektrische Reibsysteme eines Tages so selbstverständlich wie elektrische Antriebe.

andreas.kailer@iwf.fraunhofer.de

Wie Diamant weich wird

Ein Team um Michael Moseler und Lars Pastewka hat den atomaren Mechanismus des Diamantschleifens erstmals entschlüsselt. Dazu haben die Wissenschaftler die Vorgänge an der Kontaktfläche zwischen dem Rohling und dem Werkzeug in einer umfangreichen Computersimulation untersucht und zwei »virtuelle« Diamanten unter hohem Druck aufeinandergepresst und gegeneinander reiben lassen. Dabei stellten sie fest, dass beim Schleifvorgang offenkundig schon nach recht kurzer Zeit an der Kontaktfläche eine ungeordnete Schicht aus Kohlenstoffatomen entsteht. Diese amorphe Schicht ist deutlich weicher als der Kristall und lässt sich mit den Diamantsplittern eines Schleifrades leicht abschälen. Die Ergebnisse sind in *Nature Materials* online veröffentlicht (<http://dx.doi.org/10.1038/nmat2902>).
michael.moseler@iwf.fraunhofer.de

Solarmodule: Härtetest in größter Klimakammer

Das Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP in Halle bietet Modulherstellern ab sofort die deutschlandweit größten Klimakammern, um ihre Produkte bis zu einer Größe von 2,6 x 2,6 Metern unter extremen Temperaturschwankungen von -40 bis +85 Grad Celsius und Feuchteinwirkung normgerecht zu testen. Eine



40-Tage-Prüfung entspricht etwa 20 Jahren in der Alltagsnutzung. Eine Besonderheit sind UV-Tests direkt in der Feuchte-Klimakammer, so genannte Tropentests, sowie Feuchte-Frost-Zyklustests. In Dreifachkammern lassen sich Paralleltests zur vergleichenden Materialanalyse und Lebensdauer vorhersage durchführen.

matthias.ebert@iwf.fraunhofer.de

Fraunhofer IWM

Das Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM charakterisiert, simuliert und bewertet das Verhalten von Werkstoffen, Bauteilen und Systemen unter dem Einfluss äußerer Kräfte in unterschiedlichen Umgebungen. Für Unternehmen und öffentliche Auftraggeber erarbeitet das Fraunhofer IWM Lösungen, die die Sicherheit, Zuverlässigkeit, Lebensdauer und Funktionalität von technischen Bauteilen und Systemen verbessern.

Maßgeschneiderte Mikrostruktur

Welche Folgen hat die Mikrostruktur eines Bonddrahtes für sein mechanisches Verhalten als Verbindungsglied eines mikroelektronischen Bauteils? Diese Frage hat IWM-Forscher Christian Dresbach beantwortet und dafür den Werkstoffmechanik-Preis 2010, gestiftet von der Plansee Group Reutte, erhalten. Nun kann das Fraunhofer IWM in Halle für Materiallieferanten, Halbleiterindustrie und Hersteller mikroelektronischer Bauelemente vorher-sagen, wie sich ihre Drahtkontaktierungen im Einsatz verhalten, ob und wie sie sich verformen. Die Untersuchung der mikrometergroßen Drähte ist erst seit wenigen Jahren möglich. Zudem galt es zu prüfen, inwieweit klassische werkstoffphysikalische Theorien in dieser Größenordnung anwendbar sind.

christian.dresbach@iwf.fraunhofer.de

Qualitätsprüfung über Duftstoffe

Bei beschichteten Bauteilen aus Metall wird die Geruchsdetektion bereits eingesetzt. Jetzt haben Fraunhofer IWM und Fraunhofer UMSICHT ein entsprechendes Konzept für Polymerwerkstoffe entwickelt. Demonstrator ist ein Fahrradhelm, der Duftöle ausströmen lässt, sobald sich im Kunststoff Risse bilden, spricht der Helm beschädigt ist. In 1 bis 50 Mikrometer großen Mikrokapseln aus Melaminformaldehydharz (verschlossen bis zu einem statischem Druck von 100 bar) werden die Duftöle als Zusatzstoff einer Polypropylenmasse beigegeben und als Spritzgussbauteile verarbeitet oder – im Fall der Helmschale – in einer Polypropylenfolie eingebettet. Das Verfahren eignet sich auch zum Überprüfen von verdeckt eingebauten Druckschläuchen wie Waschmaschinenzuleitungen oder zur Überwachung von Kunststoffrohren für die Wasser- und Gasversorgung.

christof.koplin@iwf.fraunhofer.de

Impressum

Text: Doris Banzhaf, Grafik: Erika Hellstab, Fotos: Felizitas Gemetz, Michael Spiegelhalter, iStockphoto, Nematel, Jürgen Jeibmann Photographik, Fraunhofer CSP, Fraunhofer IWM Verantwortlich: Thomas Götz
thomas.goetz@iwf.fraunhofer.de
©Fraunhofer IWM, www.iwf.fraunhofer.de

Institut Freiburg

Wöhlerstraße 11, 79108 Freiburg
Telefon +49 761 5142-0

Institut Halle

Walter-Hülse-Straße 1, 06120 Halle
Telefon +49 345 5589-0