

BREMSSCHEIBEN, HELME,

Erfolgreiche Beispiele des Technologie-Transfers

In über 30 Instituten mit hochqualifiziertem wissenschaftlichem Personal wird an neuen Entwicklungen und Innovationen im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) geforscht. Das DLR hat sich der Herausforderung gestellt, seine Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten verstärkt auf den Bedarf der Wirtschaft innerhalb und außerhalb der Luft- und Raumfahrtbranche auszurichten und seine Potenziale effizienter und schneller der Industrie nutzbar zu machen.

Die Erschließung von Luft- und Raumfahrt-Technologien für alle Branchen und Industriezweige trägt zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit, insbesondere auch kleiner und mittlerer Unternehmen sowie zur Erhöhung der Drittmittelträge aus der Industrie für das DLR bei.

Der Bedarf kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) an F&E-Leistungen steigt stetig. Gerade im Zulieferbereich wird von den meist mittelständischen Unternehmen mehr und mehr erwartet, dass sie sich vom Komponenten- zum Systemlieferanten entwickeln. Zudem nehmen die Anforderungen in technologischer Hinsicht ständig zu, da der Markt immer höhere Anforderung z.B. an die Materialbeschaffenheit, Umweltverträglichkeit, Zuverlässigkeit und Preiswürdigkeit der Produkte stellt. Solche Unternehmen wer-

den ihre Wettbewerbsfähigkeit nur dann erhalten können, wenn sie ihre Innovationsfähigkeit produkt- und prozessbezogen deutlich steigern können.

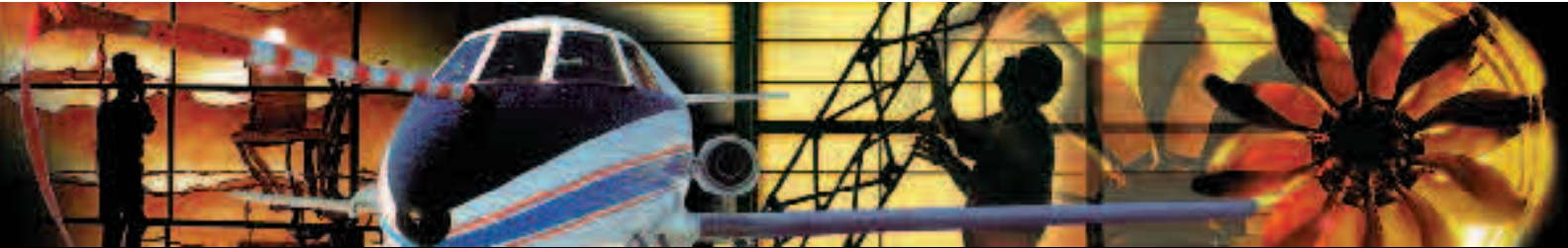
Innovationsentscheidungen stellen häufig jedoch gravierende Änderungen bzw. technologische Diskontinuitäten des laufenden Unternehmensgeschehens dar. Die Nichteinführung oder Verschiebung der Einführung von Innovationen kann schärfste Konsequenzen für die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens haben. Insbesondere KMU werden bezüglich ihrer Innovationsaktivitäten vor eine große Herausforderung gestellt, da Innovationen zu einer erfolgreichen Anwendung und Umsetzung den hohen Einsatz an Ressourcen verlangen. Eine Steigerung der Innovationskraft und die damit verbundene Verbreiterung der F&E-Basis des jeweiligen Unternehmens ist vielfach aber aus eigener Kraft weder möglich noch wirtschaftlich sinnvoll.

Das DLR hat sich zur Aufgabe gemacht, Unternehmen, die aufgrund ihrer Größe nicht ausreichende Kapazitäten für eigene Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten haben, die Nutzung seiner wissenschaftlich-technischen Infrastruktur und sein Know-how anzubieten. Damit werden bei Vermeidung teurer Investitionen Kosten und Risiken minimiert und die Durchführung von Basis- oder Erweiterungsinnovationen in den Unternehmen erleichtert oder gar erst ermöglicht.

Schnittstelle zur regionalen Wirtschaft sind die dezentral an den Standorten des DLR eingerichteten Innovationsleitstellen. Ihre primäre Aufgabe besteht darin, die Forschungsergebnisse der Institute und Einrichtungen des DLR systematisch zu erfassen und ihre Nutzbarkeit, insbesondere auch für raumfahrtfremde Anwendungen, zu überprüfen.

Kriterien für die Bewertung des technischen Potenzials sind z.B. der Neuheitsgrad einer Entwicklung, die Vorproduktabhängigkeit und Komplexität der Herstellung, die Einbindung in bestehende Prozessketten, das Ausmaß der Arbeitsvorbereitung, die physikalische Zuverlässigkeit sowie ihre Mehrfachnutzbarkeit. (Beispielsweise lassen sich Faserverbundwerkstoffe für Innenverkleidungen von Flugzeugen und Personen-/Nutzkraftfahrzeugen verwenden wie auch in der Möbel- bzw. Bauindustrie. Der Vorteil liegt in ihrem hohen Leichtbaupotenzial, den hohen Standzeiten der Verarbeitungswerkzeuge und insbesondere den umweltverträglichen Entsorgungsmöglichkeiten.)

Ebenso relevant für den Bewertungsprozess ist die gesellschaftliche Bedeutung von Innovationen (z.B. im Gesundheitswesen, Mobilität) und insbesondere die Überprüfung ihrer ökologischen Unbedenklichkeit.



KAMERATECHNIK

Aber auch wirtschaftliche Faktoren kommen im Entscheidungsprozess für oder gegen die Förderung einer Innovation zum tragen.

Wichtige Kriterien sind beispielweise das Vorhandensein eines Finanzierungskonzepts sowie einer Kosten- und Ertragskalkulation. Darüber hinaus werden potenzielle Kooperationspartner oder Lizenznehmer charakterisiert und auf ihre Glaubwürdigkeit hin überprüft. Ein weiterer Meilenstein im Entscheidungsprozess ist die Frage nach einer möglichen Weiterentwicklung der Innovation, dem Produktlebenszyklus, einer vorhandenen Nachfrage sowie die Frage nach dem Kaufpreis.

Insbesondere die wirtschaftlichen Faktoren werden mit dem Industriepartner diskutiert, wobei die finale Entscheidung auf Aussagen industrieller Erfahrungen, Statistiken und Marktanalysen basiert.

Bei positiver Bewertung hinsichtlich technischer und wirtschaftlicher Kriterien unterstützt das DLR finanziell die Weiterentwicklung der Forschungsergebnisse zu Prototypen und Transfermustern, so dass eine industrielle Anwendung möglich wird.

Mit den ausführenden Instituten werden Leistungs- und Ressourcenvereinbarungen (LRV) abgeschlossen, in denen die Meilensteine der Forschungsaktivitäten, der Entwicklungszeitraum, das Finanzvolumen sowie das Human Kapital festgelegt sind. Im Gegenzug hierfür wird mit dem beteiligten Unternehmen ein Kooperationsvertrag abgeschlossen, in dem die Rechte und Pflichten der forschungsauftraggebenden Firma vereinbart sind. Ziel ist es, den Transfer von Forschungsergebnissen und Know-how des DLR im Rahmen von Industriekooperationen effizient und marktorientiert umzusetzen.

Die Innovationsleitstellen schaffen eine Plattform zur Präsentation und zum Vertrieb des innovationsrelevanten Technologiepotenzials des DLR, gewährleisten, dass langfristige und enge Kundenbeziehungen aufgebaut und gepflegt werden, initiieren, akquirieren und betreuen in Abstimmung mit den Instituten Innovationsvorhaben und Kooperationsprojekte mit der Wirtschaft. Sie verstehen sich sowohl als Dienstleister für die Institute als auch für interessierte Unternehmen.

Die Prämissen des Technologiemarketing sind dabei

- Marketing nach innen und nach außen
- Kundennähe und regionale Präsenz
- Institutsnähe
- Nachfrage- und Marktorientierung
- Ertragsorientierung
- Vertriebsstruktur

Im Rahmen des Modellversuchs zur Förderung der Innovation wurden nun seit 1995 an den Standorten Berlin-Adlershof, Braunschweig, Göttingen, Köln-Porz, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen und Stuttgart Innovationsleitstellen eingerichtet. Damit ist die dezentrale Vertriebsorganisation des DLR operativ. In Berlin-Adlershof wird die Leitstelle zusammen mit dem Hahn-Meitner-Institut Berlin, dem Forschungsverbund Berlin (mit acht Instituten der Blauen Liste) und dem Umweltforschungszentrum Halle/Leipzig im Rahmen einer Förderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter Federführung des DLR betrieben und bietet somit auf der Technologiegeberseite einen einrichtungsübergreifenden Ansatz.

Im Zeitraum von 1996 bis 1999 wurden insgesamt 52 LRV's mit DLR-Instituten abgeschlossen, die eine Anschubfinanzierung für Innovationsvorhaben aus dem DLR beziehen. Darüber hinaus wurden im selben Zeitraum 16 weitere LRV's vereinbart, die durch das bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Verkehr gefördert wurden. Und im ersten Quartal 2000 hat das DLR bereits weiteren acht Innovationsvorhaben den Startschuss durch ein LRV-Abkommen zugesichert.



Die Bremse, die (k)ein UFO

Seltsames Objekt landet bei Kotorigo“ lautete eine Zeitungsmeldung in Ghana am 3. Februar 1995. Erst ein Jahr später sollte sich das unbekannte Flugobjekt als irdischen Ursprungs entpuppen. Zwei nach Afrika entsandte Mitarbeiter aus dem Raumfahrt-Management in Bonn-Oberkassel fanden die verschollene deutsche Express-Kapsel vor. Sie war am 15. Januar 1995 mit einer japanischen Trägerrakete gestartet worden und sollte vor allem für Wiedereintrittsversuche mit faserverkeramischen Hitzeschildern dienen. Aufgrund eines Fehlers im Trägersystem ging der Kontakt zur Kapsel jedoch nach dem Start verloren und die Kapsel landete vier Stunden später von der Zivilisation zunächst unbemerkt im fernen Ghana.

Großes Bild: Express-Kapsel.

Kleines Bild: Hochleistungsbremsscheibe der Firma Mayr. (Bild: ROBA-Stop)

Eine amüsante Geschichte, aber wohl auch das Ende für den keramischen Verbundwerkstoff, aus dem der Hitzeschild hergestellt war? Keineswegs, wie die weitere Entwicklung zeigen sollte!

Die verwendete Technologie zur Herstellung keramischer Verbundwerkstoffe war beim DLR-Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung in Stuttgart entwickelt worden. Aus einem konventionell gefertigten carbonfaserverstärkten Kunststoff-Bauteil (CFK) entsteht hierbei zunächst hochporöser carbonfaserverstärkter Kohlenstoff (C/C). Anschließend wird das poröse Bauteil unter Vakuum und bei hohen Temperaturen mit flüssigem Silicium infiltriert. Es entsteht ein keramischer Verbundwerkstoff aus C/C-SiC der gegenüber einfachen C/C-Werkstoff-

fen eine erheblich höhere Oxidationsbeständigkeit und Abrieb aufweist.

Die hohe Temperaturbeständigkeit des Werkstoffs prädestiniert ihn gemeinsam mit seinem geringen spezifischen Gewicht (leichter als Aluminium), seiner hohen Festigkeit und schließlich seinem hohen Reibbeiwert jedoch auch für Anwendungen außerhalb der Raumfahrt: er ist der ideale Werkstoff für Hochleistungs- und Leichtbaubremsen.

Bis zur Entwicklung einer serienreifen Bremse aus Faserkeramik war es jedoch noch ein weiter Weg. Insbesondere galt es, zunächst Industriepartner für die gemeinsame Weiterentwicklung und Markteinführung zu gewinnen. Die Firma Mayr, ein mittelständisches Unternehmen aus Mauerstetten (Bayern), das u.a. Not-Aus-Bremsen für Maschinen (z.B. Kräne, Druckmaschinenwalzen) herstellt, war





war ...

schließlich einer der Bremssystemhersteller, der bereit war, das Entwicklungsrisiko gemeinsam mit dem DLR zu tragen.

Zunächst wurde im Rahmen eines Vorlaufprojektes untersucht, ob sich aus dem High-Tech-Werkstoff Faserkeramik tatsächlich Reibkörper mit dem erhofften Leistungspotenzial herstellen lassen. Ein „Transfermuster“ wurde entwickelt, das die Lücke zwischen Laborgerät und serienreifen Prototypen schließen sollte und seine Eignung in zahlreichen Tests unter Beweise stellen musste. Nachdem diese erfolgreich bestanden waren, entschloss sich die Firma Mayr, in die weitere Entwicklung noch stärker zu investieren. Im Rahmen einer sogenannten „Wagniskooperation“ ging aus dem Transfermuster schließlich der eigentliche serienreife Prototyp hervor.

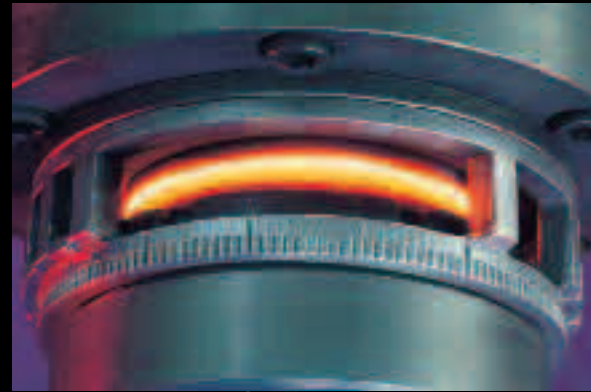
Auf der Hannover Messe 1999 konnte Mayr schließlich eine Weltneuheit vorstellen: eine Sicherheitsbremse, die sich bis zur Weissglut belasten lässt, ohne ihre Reibeigenschaften einzubüßen.

Die Produktvorteile gegenüber klassischen, organischen Bremsbelägen sind enorm. Insbesondere ermöglichen sie durch die hohe zulässige Reibleistung ein doppelt so hohes Drehmoment bei gleichem

chem Bremsendurchmesser, höhere Drehzahlen und ein günstigeres Verschleißverhalten. Hieraus lassen sich Dauerschlupfbetrieb und ein wartungsfreier Antrieb ableiten.

Es handelt sich hier um ein praxisnahes Beispiel für die viel zitierte Privat-Public-Partnership, die in öffentliche und private Partner gleichermaßen investieren, und an den gemeinsamen Erfolgen teilhaben. Ermöglicht wurde es u.a. durch Mittel aus einem Pilotprojekt des bayerischen Wirtschaftsministerium zur Nutzung von DLR-Know-how der Firma Mayr, womit das finanzielle Risiko begrenzt werden konnte.

Auch für andere Anwendungen und Märkte ist die vom DLR entwickelte Faserkeramik der ideale Werkstoff. Beispielsweise wird sie als Reibbelag für die Bremsschleifen von Crashtestanlagen der Firma Messring in Gräfelfing (Bayern) verwendet. In diesen Anlagen wird ein Schlitten von einer sogenannten Hydraulikbremse mit einem exakt vorgegebenem Verzögerungsprofil abgebremst und so die Verzögerungskräfte bei einem Unfall simuliert. Damit die Versuche exakt reproduzierbar sind, dürfen die verwendeten Bremsbeläge keinerlei Verschleiß aufweisen. Dieser Forderung können gegenwärtig nur faserkeramische Beläge gerecht werden.



Ein weiteres mögliches Anwendungsgebiet mit großem Marktpotenzial stellt natürlich auch der Bereich der Kraftfahrzeugbremsen dar. Hier wird sich die Faserkeramik in Scheibenbremsen bewähren, die während der gesamten Nutzungsdauer der Fahrzeuge nicht mehr ersetzt werden müssen. Außerdem wird das geringe Gewicht der ungefederten Massen dem Federungskomfort zugute kommen.

Dass der faserkeramische Verbundwerkstoff sich zu einem reinem Spin-Off-Produkt des Technologietransfers entwickelt hat, ist indes ein Trugschluss. Im Rahmen des X38 Projekts wird die Faserkeramik als Hitzeschild für das Crew Rescue Vehicle zum Einsatz kommen. Mit Hilfe eines Space Shuttle wird dieses „Mini-Shuttle“ Mitte 2002 in den Orbit gebracht werden und seine Eignung als Rettungssystem für die Internationale Raumstation in einem realen Wiedereintrittsversuch unter Beweis stellen.

Dr. Hartwig von Bülow, Koordinator der Innovationsleitstelle des DLR in Oberpfaffenhofen. ◀



Eine technische Revolution





im Luftbildwesen

Die Kamera als spin-off-Produkt aus der Mars '96 Mission

Für den Einsatz auf der Mission Mars'96 konzipiert, um erstmals die Oberfläche des roten Planeten in zehn Meter-Auflösung in Stereo und Farbe zu kartieren, wurde die HRSC als ein neuartiges multispektrales Mehrzeilen-Stereo-CCD-Scannersystem gebaut. Da die Mission 1996 wegen des Ausfalls der Oberstufe der russischen Rakete fehlschlug, wird erst die neue ESA-Mission Mars Express die Kamera 2003 zum Mars bringen.

Vor allem wegen ihrer Auslegung für den „Deep Space“-Einsatz weist die HRSC einen bislang nicht erreichten Miniaturisierungsgrad in Masse und Volumen, geringen Stromverbrauch und ein robustes Design auf, das sie von der Leistungsfähigkeit vergleichbarer Systeme abhebt.

Seit Anfang 1997 wird die Kamera erfolgreich auf Flugzeugen für Anwendungen in der Fernerkundung eingesetzt. Für diese Aufgaben erfolgte eine Modifizierung der Kamera zur HRSC-A (High Resolution Stereo Kamera - Airborne), da das Problem der hohen Flugdynamik („Wackeln“ in mehrere Richtungen) bei der Aufnahme der Bilder gelöst werden musste. Mit der Einführung eines speziellen Kreiselsystems mit Beschleunigungssensoren in Verbindung mit GPS-Empfängern und mit der Nutzung einer innovativen, speziell für diesen Zweck entwickelten Software, werden jetzt photogrammetrische Ge-

nauigkeiten von 10 bis 20 Zentimeter aus Flughöhen von einigen Tausend Metern erreicht – Genauigkeiten, die bisher kaum möglich erschienen.

Für die Ableitung von digitalen Oberflächenmodellen (DOM) per computergestützter Prozessierung wird eine digitale Mehrfach-Bildzuordnung der Information der einzelnen Bildstreifen der CCD-Sensoren durchgeführt und die resultierenden identischen Bildpunkte mittels Strahlenschnitt in Objektpunkte umgerechnet. Aus diesen wird durch Interpolation ein DOM abgeleitet. Auf der Basis des DOMs werden abschließend digitale Orthobilder erstellt. Damit ist ein digitales Oberflächenmodell (DOM) allein aus den Befliegungsdaten herzuleiten – ohne zusätzliche Bodenpasspunkte – eine Revolution in der Photogrammetrie.

Der klassische Film ist bei der HRSC-A durch eine Sensoreinheit ersetzt, Produkte sind nicht mehr Photos, sondern digitale Daten. Damit entfallen aufwendige personalintensive Digitalisierungen, um vom herkömmlichen photographischen Luftbild ein Höhenmodell abzuleiten. Zudem sind keine Interaktionen über Karten mehr notwendig. Orthophotos und Höhenmodelle sind wenige Tage nach einem Bildaufnahmeflug erhältlich, nicht wie bei konventionellen Systemen erst nach mehr als vier Wochen. Daraus resultiert eine hohe Zeit- und Kostenersparnis bei noch höherer Genauigkeit.



Oben: Die HRSC-AX-Kamera.

Großes Bild: Stereo-Ansicht von Amsterdam (Ausschnitt), aufgenommen von HRSC. Zur Stereo-Betrachtung dieses Bildes und der digitalen Karte auf der nachfolgenden Doppelseite verwenden Sie bitte die hier beiliegende Brille. Bei beiden Aufnahmen ist die Brille wie unten abgebildet – also links blau und rechts rot – zu verwenden.





Als weiterer spin-off des HRSC-Systems wurden in fachlicher und finanzieller Kooperation mit dem französischen Weltmarktführer (ISTAR) für hochauflösende digitale Höhenmodelle zwei noch leistungsfähigere Versionen entwickelt: die Weitwinkel-Kamera HRSC-AXW und die hochauflösende Tele-Kamera HRSC-AX.

Mit dieser Weiterentwicklung wurde die Elektronik optimiert und zusätzlich die Auflösung sowie die Anzahl der Pixel der CCD-Zeilen auf 12.000 erhöht. Damit ist während des Fluges die Aufnahme einer größeren Fläche möglich, was sowohl die Flugzeit als auch die Kosten verringert.

Anwendungsgebiete

Seit Februar 1997 wird die HRSC-A in kommerziellen Pilotprojekten für unterschiedliche Anwendungen in verschiedenen Ländern eingesetzt, unter anderem für Beweissicherungsverfahren im Rahmen des Ausbaus der Unterelbe für die Containerschiffahrt und zur Volumenanalyse im Bergbau. In den letzten dreieinhalb Jahren wurden insgesamt zehn Terabyte multispektrale Daten und Flug navigationsdaten prozessiert. Mehr als 50 europäische Städte wurden aus Flughöhen von 2.000 bis 10.000 Meter aufgenommen, gleichbedeutend mit Auflösungen von 8 bis 40 Zentimeter

Bei flugzeugbasierten Fernerkundungsmissionen wird die HRSC-A, die modifizierte HRSC-AX und -AXW für folgende Anwendungen eingesetzt:

- Verkehr – Beweissicherungsverfahren für den Ausbau von Wasserstrassen, Aktualisierung von Automobilnavigationssystemen, Planung von Linienbauwerken (Hochspannungsleitungen, Trassen, Wasserwege, Pipelines)
- Telekommunikation – Höhenmodelle zur Optimierung terrestrischer Übertragungsstrecken
- Kartographie – Aktualisierung von Karten, Visualisierung
- Geomarketing – Bereitstellung von räumlichen Informationen
- Stadt- und Regionalplanung – Visualisierung
- Katastrophenprävention und -monitoring (Überschwemmungen, Lawinen, Erdt-

sche) zur Risikoabschätzung für große Versicherer und Rückversicherer

- Landwirtschaft und Forstwesen – Bestandserfassung und Volumenkalkulation, Subventionskontrolle
- Bergbau und Deponieplanung – digitalen Höhenmodellen zur volumetrischen Analyse
- Umweltmonitoring (digitales Oberflächenmodell in Kombination mit multispektralen Daten, Klassifizierung)
- Ground truth für Befliegungen zusammen mit Spektrometersystemen

Gerade die Telekommunikationsindustrie gehört zu den größten Wachstumsbranchen der Welt. Zur Planung der schnell wachsenden Funknetze der verschiedenen Anbieter sind hochgenaue und aktuelle Daten über die Geländehöhen und Geländeoberflächen unerlässlich. Diese Daten dienen zur Modellierung der Strahlungsausbreitung. Optimale Standorte für Sendemasten können so ermittelt werden. Die Datenprodukte der HRSC liefern die notwendige Genauigkeit für solche Anwendungen.

In der Kartographie sind die Produkte der HRSC-Technologie Richtungweisend. Digitale Höhenmodelle und multispektrale Bilder können zu hochgenauen Datenprodukten verbunden und dreidimensional – auch als virtuelle Überflugsimulation – dargestellt werden und erlauben neue Perspektiven. Maßstabsimulationen auf digitaler Basis erlauben zielgerechte Vorabplanungen kartographischer Anwendungen. Als neuartige Arbeitsgrundlagen ermöglichen sie für Industrie und Behörden Dienstleistungen in hoher Qualität.

Aufnahmeprinzip

Das HRSC-System arbeitet nach dem Pushbroom-Prinzip. Neun parallele CCD-Zeilen mit bis zu 12.000 Bildpunkten pro Zeile sind quer zur Flugrichtung in der Fokalebene einer einzigen Optik montiert. So werden durch die Vorwärtsbewegung des Flugzeugs über den Boden neun sich überlagernde Bildstreifen simultan gewonnen. Fünf dieser neun CCD-Zeilen sind in spezifischen Blickwinkeln montiert, um stereo- und photometrische Aufnahmefähigkeiten zu erhalten. Vier dieser neun CCD-Zeilen haben verschiedene Filter zur Erzeugung multispektraler Bilder vom Blauen bis zum Infraroten.

Kommerzialisierung

Die HRSC-Kamera als erste operationell eingesetzte, hochauflösende digitale Stereo-Kamera der Welt nimmt im Weltraumeinsatz und im Einsatz auf Flugzeugen eine herausragende Innovations-Stellung ein. Die HRSC-Technologie übertrifft die geometrische sowie die radiometrische Genauigkeit der konventionellen auf Film basierenden Luftbildkameras erheblich. Als Revolution im Luftbildwesen muss die Fähigkeit des Systems betrachtet werden, ohne zusätzliche Kartengrundlage bzw. ohne Passpunkte auszukommen bei gleichzeitigem Erreichen einer extrem hohen photogrammetrischen Genauigkeit. Die Prozessierung erfolgt vollständig digital und vollautomatisiert, so dass große Datenmengen innerhalb kürzester Zeit beherrschbar werden.

Die unmittelbar nach dem Flug zur Verfügung stehenden veredelten Datenprodukte können zu einer „Sofort-Applikation“ auch im Bereich der Visualisierung als virtueller Überflug über eine Landschaft den Dienstleistungsanforderern zur Verfügung gestellt werden. Nicht zuletzt bedeutet die Einbindung der digitalen HRSC-Bilder in Geographische Informationssysteme (GIS) einen enormen Schritt in Richtung automatisierbare Veränderungs-Interpretation: Geographische Informationssysteme und Fernerkundung wachsen als Zukunftstool noch enger zusammen.

Die kommerzielle Nutzung sowie eine professionelle Produkterstellung werden derzeit vor allem in Kooperation mit der französischen Firma ISTAR durchgeführt, dem Weltmarktführer für hochauflösende digitale Höhenmodelle. Für 2003 wird erstmalig ein Katalog der digitalen Höhen- und Bilddaten von über 1.000 Städten verfügbar.

Prof. Dr. Gerhard Neukum, Institutsdirektor; Frank Lehmann, Abteilungsleiter Geowissenschaftliche Fernerkundung; unter Mitarbeit von Dr. Irena Bido (alle Institut für Weltraumsensorik und Planetenerkundung, DLR). ◀

Bild: Digitale Karte von Berlin (Ausschnitt) auf Basis von HRSC-Daten.



Schutzhelme aus nachwach

Im Rahmen eines vom Land Niedersachsen geförderten Projektes entwickelt das ILR-Institut für Strukturmechanik in Zusammenarbeit mit der Invent GmbH für die Schubert Helme GmbH einen Industrieschutzhelm, der zu mindestens 85 Prozent aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen soll.

Basierend auf dem Werkstoffkonzept der BioVerbundwerkstoffe wurde ein geeignetes Faser/Matrixsystem identifiziert und charakterisiert, das die Anforderungen der für Industrieschutzhelme maßgeblichen Norm DIN EN 397 erfüllt. Parallel zu der Erarbeitung dieser rein werkstofflichen Grundlagen musste im Hinblick auf eine spätere Serienproduktion der Helmschalen ein in Bezug auf Produktivität und Qualität geeignetes Herstellungsverfahren bereitgestellt werden.

Grundlage der hier vorgestellten Arbeiten bildet eine Vorstudie, in der die grundsätzliche Eignung von BioVerbundwerkstoffen als Werkstoff für Arbeitsschutzhelme ermittelt wurde. Im Zuge der damaligen Untersuchungen konnte für Helmschalen aus BioVerbund ein Eigenschaftsniveau abgeleitet werden, das dem vergleichbarer Serienprodukte der Firma Schubert Helme GmbH in wesentlichen

Punkten äquivalent ist. Bei den Untersuchungen zur Stoßdämpfung wurden für die Helmschalen aus BioVerbund sogar bis zu 23 Prozent günstigere Kennwerte ermittelt.

Für die vorgestellten Helmschalen wurde als Matrixsystem ein auf Pflanzenölen basiertes, duroplastisch zu verarbeitendes Harz eingesetzt. Als Verstärkungskomponenten wurden Flachs-, Hanf- und Jutefasern in Form von Geweben in die Matrix integriert.

Die Herstellung der Helmschalen erfolgte im Heißpressverfahren mit einem aus der Serienfertigung der Firma Schubert Helme GmbH entlehnten Formwerkzeug.

Dabei wird die im flüssigen Zustand auf die Faserhalbzeuge gebrachte Matrix unter Druck und Temperatur zu einem hochvernetzten und formstabilen Werkstoff ausgehärtet. Nach dem Pressvorgang werden die Helmschalen aus dem Werkzeug entformt und einer Nachbearbeitung (besäumen) zugeführt.

Im Zuge der Entwicklungsarbeit wurden bis dato zwei unterschiedliche Referenzserien von Helmschalen aus BioVerbund gefertigt und deren mechanischen Eigenschaften nach DIN EN 397 bestimmt.

Großes Bild: Schutzhelme aus nachwachsenden Rohstoffen.

Kleines Bild: CFK-Verkleidungsteil an der Triebwerkaufhängung eines Flugzeuges.





senden Rohstoffen

Bei der ersten Referenzserie wurde eine Gewebekombination aus Naturfasern in ein duroplastisches Matrixsystem auf Basis nachwachsender Rohstoffe integriert. Der Aufbau der Helmschale erfolgte als Mehrschichtenverbund mit einer Teilverstärkung in besonders gefährdeten Bereichen. Anhand der Untersuchungsergebnisse und Erfahrungen aus dieser ersten Versuchsreihe konnte für die zweite Referenzserie durch eine Optimierung sowohl der Matrix- als auch der Verstärkungskomponente eine Verbesserung der mechanischen Eigenschaften erreicht werden.

Die Messergebnisse lassen erkennen, dass die Anforderungen der DIN EN 397 von den Helmschalen aus BioVerbund in jedem Fall erreicht bzw. übertroffen werden. Durch einen optimierten Lagenaufbau sowie die Ausnutzung des Leichtbaupotenzials der Naturfasern ließ sich für die Helmschalen eine Gewichtsreduzierung von fünf bis zehn Prozent erreichen, was für den Tragekomfort der Schutzhelme eine wesentliche Verbesserung darstellt.

Darüber hinaus können die Helmschalen aufgrund ihrer überwiegend natürlichen Rohstoffbasis (ca. 85 Prozent nachwachsende Rohstoffe) einen wesentlichen Beitrag zur Schonung endlicher Ressourcen



leisten sowie am Ende ihrer Nutzungsphase durch eine annähernd CO₂-neutrale energetische Verwertung umweltschonend entsorgt werden. Die Serienproduktion von Industrieschutzhelmen aus BioVerbund soll spätestens mit Beginn des Jahres 2001 aufgenommen werden.

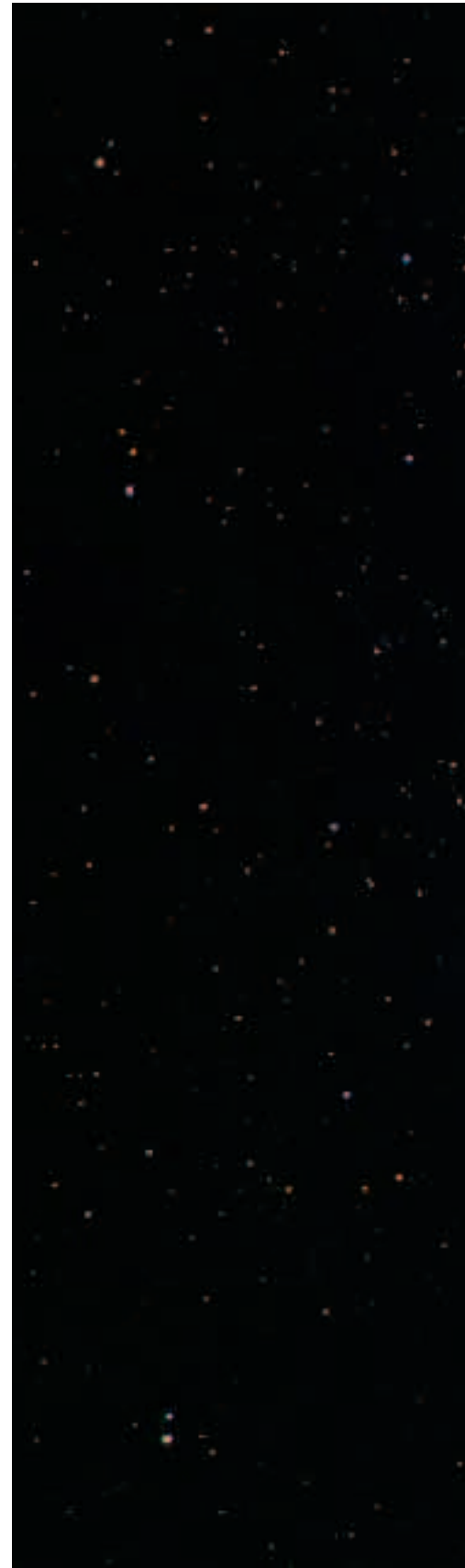
Zukünftige Arbeiten zielen darauf ab, das Werkstoffkonzept der BioVerbunde soweit zu optimieren, dass auch eine Fertigung von sicherheitstechnisch extrem hochwertigen Produkten der Firma Schuberth Helme GmbH, wie sie z. B. Feuerwehr- und Motorradhelme darstellen, möglich wird.

Prof. Dr. Elmar Breitbach, Institutsdirektor des Instituts für Strukturmechanik an den DLR-Standorten Braunschweig und Göttingen. ◀





Kometenkamera als „Feuer



*Großes Bild: Komet Hale-Bopp.
Kleines Bild: Das automatische Frühwarnsystem im Einsatz – deutlich zu erkennen ist hier eine Rauchfahne in den Brandenburgischen Wäldern.*



melder“





Die Früherkennung und effektive Bekämpfung von Waldbränden gewinnt weltweit an Bedeutung, da diese erhebliche volkswirtschaftliche Schäden verursachen und durch die Emission von CO₂ und anderen Brandgasen das Klima beeinflussen. In Europa werden jährlich bis 10.000 km², in Nordamerika 20.000 bis 90.000 km² Vegetationsfläche durch Feuer zerstört. Im Land Brandenburg entstehen bis zu 1.000 Waldbrände pro Jahr mit einem Schaden von mehreren 10 Millionen DM. Über 90 Prozent dieser Brände werden durch den Menschen verursacht. Auf internationaler Ebene werden daher große Anstrengungen zur automatisierten Früherkennung unternommen. Obwohl bisher mehrere technische Methoden getestet wurden, reicht deren Zuverlässigkeit noch nicht aus, um ein marktfähiges Produkt zu entwickeln. Demonstrationssysteme mit Infrarot-Sensoren, die z.B. in Spanien eingesetzt werden, können nur die Feuer selbst detektieren. Bei dichtem Baumbestand ist jedoch der Rauch das entscheidende Merkmal zur Früherkennung von Bränden. Nachteile von flugzeuggestützten Waldbrand-Früherkennungssystemen sind die hohen Betriebskosten und lange Verzögerungszeiten bis zur Entdeckung eines Brandes. Auch die Auswertung von Satellitendaten bringt gegenwärtig nicht den erwünschten Erfolg, da die zeitliche und räumliche Auflösung für die lokale Prävention noch nicht ausreicht und Wolken oft die Sicht versperren.

Daher werden auch in Deutschland Waldbrände noch durch Turmwachen gemeldet. Im Land Brandenburg werden von März bis September 1,1 Millionen Hektar Wald von 133 Feuerwachtürmen durch Mitarbeiter der Forstbehörden überwacht, die untereinander Blickkontakt haben, um entstehende Brände möglichst schnell orten zu können. Eine effektive Bekämpfung der Brände im Ansatz kann nur innerhalb der ersten 15 Minuten nach

der Entstehung durch die Feuerwehr gewährleistet werden. Die Mehrzahl der vorhandenen Feuerwachtürme muss dringend saniert werden und aus Sicht heutiger Arbeitsplatzbestimmungen sind sie als Arbeitsstätte nicht mehr zulässig.

Das vom DLR und den Partnerfirmen INO Vision GmbH (Possendorf), INO Control GmbH (Dresden) und Hiersemann Prozessautomation GmbH (Chemnitz) entwickelte und für die Markteinführung vorbereitete System zur Waldbrand-Früherkennung entdeckt Vegetationsbrände anhand der Rauchwolken. Die Vorteile dieses automatisierten Systems liegen in der schnellen und zuverlässigen Rauchmeldung. Eine automatisierte Überwachung führt zur Vermeidung menschlicher Fehler, die durch die Ermüdung während der Einsätze auftreten können. Für die Mitarbeiter in den Forstbetrieben ergibt sich eine erhebliche Verbesserung ihrer Arbeitsbedingungen, da die bis zu zwölfstündigen Einsätze auf den Feuerwachtürmen nicht mehr notwendig sind. Außerdem können gegenüber der herkömmlichen Überwachung Kosten gespart werden.

Das entwickelte System ist modular aufgebaut. Eine dreh- und neigbare Plattform trägt die Kamera und wird auf Türmen oder Masten montiert. Die umliegende Landschaft wird in einem Umkreis von mindestens zehn Kilometer überwacht. Die digitale Kamera liefert in jeder Blickrichtung jeweils mindestens zwei Einzelbilder. Danach wird sie um zehn Grad gedreht. Die volle Bildinformation wird über Glasfaserkabel zum Turmfuß an den Steuer-PC und von dort an den Bildauswerterechner übertragen. Der Steuer-Rechner kontrolliert das gesamte System inklusive der rotierenden Plattform und der Kamera und archiviert alle wichtigen Daten. Im Fall der Feuerentdeckung organisiert er die Echtzeitübertragung von komprimierten Bildern und zusätzlichen Informationen (Zeit, Feuerkoordinaten) über ISDN-Leitungen oder über das Mobilnetz (Datenübertragung über Satelliten ist prinzipiell genauso möglich) zu einer Zentrale, wo sie auf einer lokalen Karte angezeigt werden. Somit ist die großflächige Überwachung eines Gebietes durch

einen Mitarbeiter gewährleistet, der die Situation bewertet und im Brandfall weitere Maßnahmen einleiten kann. Durch angepasste Software-Tools wird ihm die Entscheidung erleichtert. Im Bildauswerterechner wird die Online-Verarbeitung der digitalen Bilder ausgeführt. Diese werden auf Rauchmerkmale analysiert, wobei sowohl dynamische als auch strukturelle Eigenschaften untersucht werden. Das System ist in der Lage, eine Brandwarnung innerhalb von zehn Minuten nach Sichtbarwerden des Rauches zu melden. Es erkennt Rauchwolken ab zehn Meter Ausdehnung in einem Umkreis von zehn Kilometer. Durch die feine Grauwertabstufung ist es möglich, kleinste Veränderungen zu erkennen.

Die Bewertung der Leistungsfähigkeit eines automatisierten Systems zur Waldbrand-Früherkennung kann nur in der Praxis erfolgen. Daher wurde der Pilotversuch auf den drei Türmen in Südbrandenburg gründlich ausgewertet. In der überwachten Region traten 1999 insgesamt 16 Wald- und Flurbrände auf. Alle Brände wurden durch das System in der vorgegebenen Zeit detektiert und gemeldet. Die Fehlalarmrate lag an den meisten Tagen deutlich unter ein Prozent und war damit durch den Operator in der Zentrale gut beherrschbar. Die Erkennungssicherheit und Bedienerfreundlichkeit des Systems bewirkt eine hohe Akzeptanz beim Anwender. Neben Brandenburg haben auch andere Bundesländer und Forstverwaltungen in Polen bereits Interesse an diesem System gezeigt.

Auch in anderen Anwendungsgebieten ist die Nutzung dieser Kamertechnologie denkbar. Weitere Einsatzfelder könnten die Überwachung industrieller Anlagen und auch automatische Wetterstationen sein. In modifizierter Form, d.h. einer Anpassung an die jeweilige Spezialaufgabe, ist also ein Einsatz für viele Aufgaben im Sicherheitsbereich denkbar.

Bild: Vorbereitungen zur Mission ROSETTA im DLR-Labor.

Dr. Cornelia Schlesier, Koordinatorin der Innovationsleitstelle des DLR in Berlin-Adlershof. ◀





Keramische Mischer: Über

Das DLR forscht seit den 70-er Jahren auf dem Gebiet der Hochtemperatur-Solartechnik. Hier wurden für Solarturmkraftwerke so genannte volumetrische Receiver für die Erzeugung von heißer Luft bis 1.200 Grad Celsius entwickelt. Zur Zeit ist das erste Solarturmkraftwerk nach diesem Funktionsprinzip mit überwiegend privatwirtschaftlichem Kapital für den Standort Sevilla in Spanien in Planung und soll Ende 2002 mit 10 MW_{el} ans Netz gehen.

Das Wirkprinzip des volumetrischen Receivers beruht auf der Durchströmung eines mit hochkonzentrierter solarer Strahlung beaufschlagten porösen Materials aus Drahtgeflecht, metallischen oder keramischen Wabenstrukturen oder keramischen Schäumen. Das poröse Material erhitzt sich durch Absorption der Strahlung und erwärmt die durchströmende Luft. Aufgrund der sehr großen inneren Oberfläche des porösen Materials geschieht der Energietausch zwischen Strahlung und Luft mit einem im Vergleich zu anderen Konzepten sehr hohen Wirkungsgrad (>85 Prozent).

Die Physik des Wärmetauschs in porösen Körpern ist weit komplizierter als es der Aufbau zunächst vermuten lässt. Im Sonnenofen der solaren Energietechnik beim DLR in Köln wurden solche Receiver daher experimentell untersucht. Darüber hinaus konnten gemeinsam mit dem Institut für Technische Thermodynamik des DLR in Stuttgart durch weitere experimentelle und numerische Untersuchungen entscheidende Fortschritte im Verständnis der physikalischen Vorgänge beim Wärmetausch in einem volumetrischen Receiver gemacht werden. Es ließ sich nachweisen, dass im Volumen beheizte und durchströmte hochporöse

Strukturen Strömungsinstabilitäten aufweisen können, die in der Anwendung als volumetrischer Receiver zu lokalen Überhitzungen und damit zum plötzlichen und scheinbar unvorhersehbaren Versagen der Bauteile führen können. Diese Erkenntnisse bildeten die Basis für eine neue Struktur aus poröser Schaumkeramik, dem keramischen Mischer, der bei der Solaren Energietechnik in Köln entwickelt wurde.

Bei einem solchen keramischen Mischer wird die Struktur einer monolithischen Schaumkeramik durch Einbringen von zusätzlichen Kanälen derart verändert, dass vom grundsätzlichen Aufbau her ein stationärer V-Mischer entsteht. Durch diese Anordnung von Kanälen wird die Durchströmung gegenüber einem homogenen keramischen Schaum in der Form verändert, so dass Überhitzungen aufgrund von Strömungsinstabilitäten unterdrückt werden.

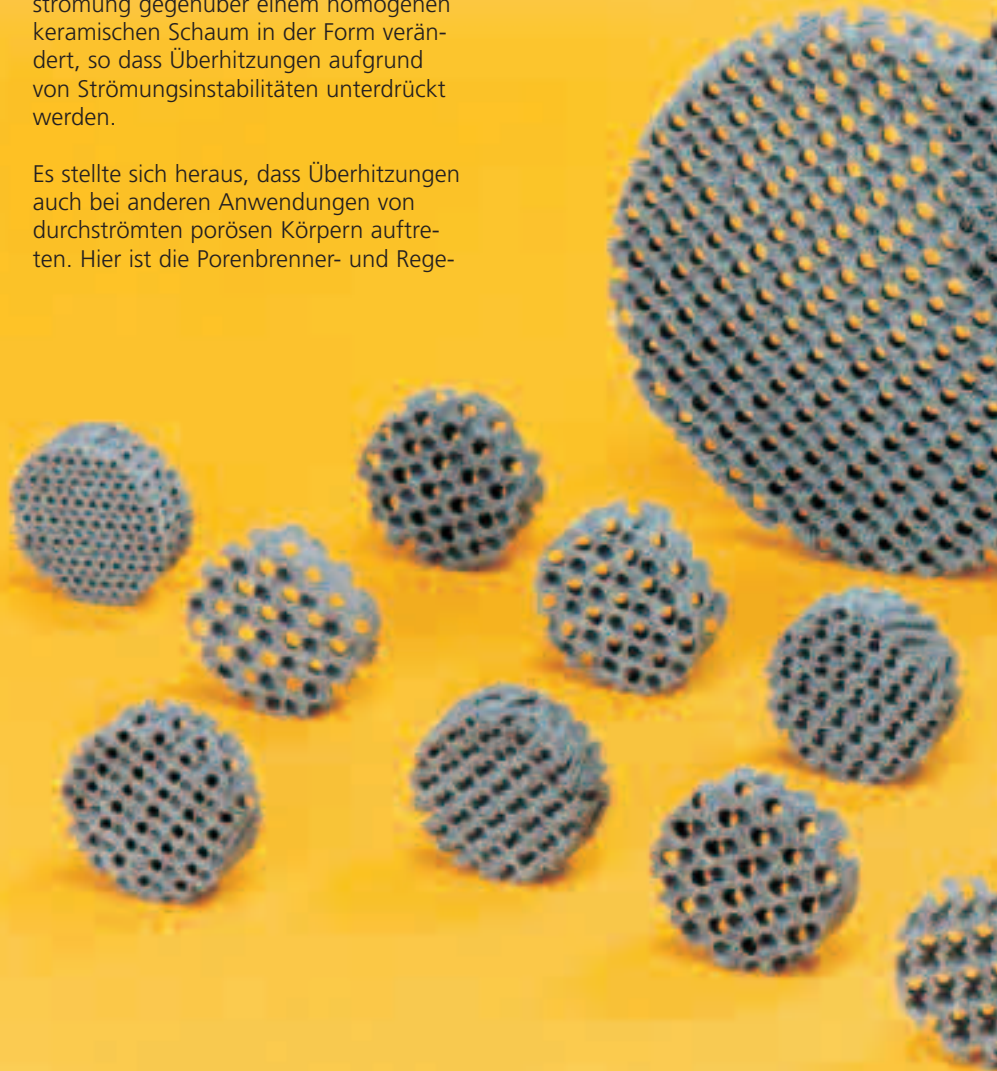
Es stellte sich heraus, dass Überhitzungen auch bei anderen Anwendungen von durchströmten porösen Körpern auftreten. Hier ist die Porenbrenner- und Rege-

neratortechnologie zu nennen. Bei diesen Anwendungen kann der neue keramische Mischer des DLR entscheidende Verbesserungen bringen.

Über diese Anwendungen hinaus ist der keramische Mischer auch als reiner Mischer verwendbar. Hier überzeugt er gegenüber den am Markt etablierten, meist metallischen statischen Mixern durch das einfache und damit kostengünstige Herstellungsverfahren. Die Anwendungsgebiete als statischer Mischer sind vielfältig und liegen in den Bereichen der chemischen, der kunststoffverarbeitenden und der Lebensmittelindustrie.

Großes Bild: Verschiedene Mischervarianten für unterschiedliche Anwendungen.

Kleines Bild: Sonnenofen im DLR Köln-Porz.





hitzung ausgeschlossen

Es wurden auch ganz neue Anwendungen gefunden: Zum Beispiel lässt sich der Mischer vor den Abgaskatalysator eines Verbrennungsmotors platzieren, wodurch bei modernen, motornahen Katalysatoren die Anströmung und damit die Effizienz des Katalysators verbessert wird. Dieser Anwendung wird zur Zeit mit der Automobilindustrie verstärkt nachgegangen.

Darüber hinaus wird in Kooperation mit der Industrie die Verwendung des Mischers als Kurzzeit-Wärmespeicher in Regenerativ-Brennern für die Stahlindustrie

untersucht. Erste Ergebnisse zeigen eine Verringerung des Druckverlustes um 40 Prozent im Vergleich zur existierenden Lösung mit homogenen porösen keramischen Strukturen. Der Industriepartner erwartet vom Einsatz des Mischers, die Energiedichte des Speichers erhöhen zu können und damit die Baugröße des Brenners zu verringern.

Zusammen mit dem Unternehmen FOSECO in Borken wird in den nächsten zwei Jahren die Verwendung des Mischers auch als Impfstoffträger in der Gießereitechnik untersucht und erprobt. Hierdurch könnten die bisher voneinander getrennten Arbeitsschritte „Impfen“ und „Filtern“ der Schmelze beim Abguss in die Form zu einem Arbeitsschritt zusammen geführt werden.

Die Firma MST in Wiehl wird in enger Zusammenarbeit mit dem DLR die Vermarktung des Mischers in der Chemie und Verfahrenstechnik betreiben.

Durch das Ministerium für Schule und Weiterbildung, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen wird ab Herbst 2000 ein Projekt beim DLR gefördert, in dessen Verlauf die strömungstechnischen und thermodynamischen Charakteristiken des Mischers ver-



messen werden. Diese Daten können dann den Anwendern zur Verfügung gestellt werden. Vom Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie des Landes Nordrhein-Westfalen wurde Unterstützung für Unternehmen in Aussicht gestellt, die den Mischer für eine bestimmte Anwendung qualifizieren wollen.

Das DLR hat das Herstellungsverfahren des keramischen Mischers und spezielle Anwendungen in fünf Patentanmeldungen geschützt. Die Entwicklung wurde in Zusammenarbeit mit der vom DLR beauftragten Keramikfirma FOSECO durchgeführt. Derzeit steht das DLR mit den Firmen MST, FOSECO und BLOOM in konkreten Lizenzverhandlungen.

Insgesamt ist das Mischerprojekt von einer Reihe weiterer Projekte im Umfeld der Durchströmung poröser Strukturen flankiert. Hierdurch werden in den nächsten zwei bis drei Jahren die vorhandenen Erfahrungen aus dem Gebiet der Solarenergie verstärkt in die konventionelle Technik übertragen. Personell und instrumentell verfügt das DLR dann über ein Kompetenzzentrum im Bereich der Qualifizierung von porösen Strukturen.

Dr. Bernhard Hoffschmidt, Solare Energietechnik, Köln-Porz. ◀

