

Technologies – Innovations – Materials

Technische Keramik und Kohlenstoff in der Energie- und Umwelttechnik

Mit Ankündigung des Messetermins vom 22.–25. Mai 2012 hat die Messe München die Änderung des Untertitels der CERAMITEC von „Internationale Fachmesse für Maschinen, Geräte, Anlagen, Verfahren und Rohstoffe für Keramik und Pulvermetallurgie“ in „Technologies – Innovations – Materials“ kommuniziert. Neben bereits etablierten Segmenten von Angeboten für die Silicatkeramik, Technische Keramik, Pulvermetallurgie und Feuerfest wird der gesamte Bereich der Advanced Materials in Zukunft stärker abgebildet werden.

Diese Strategie hat schon zu neuen Aktivitäten geführt. So wird im nächsten Jahr eng mit dem CMCEE-Kongress „Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Application“ zusammengearbeitet, der vom 20.–23. Mai 2012 in Dresden unter der Leitung des Fraunhofer Instituts IKTS in Kooperation mit der ACerS (*Amerikanische Keramische Gesellschaft*) und der DKG (*Deutsche Keramische Gesellschaft*) veranstaltet wird. Die Kongressbesucher können sich am 24. Mai 2012 in München gezielt bei den CERAMITEC-Ausstellern informieren, zudem können alle Messebesucher im CERAMITEC-Forum am Seminar über das Kongresssthema „Technische Keramik in der Energie- und Umwelttechnik“ teilnehmen.

Diesem Marktsegment wurde im Vorfeld der Messe auch der „CERAMITEC Round Table 2011“ gewidmet, um auf Basis von Expertenberichten aus den Herstellerbereichen Technische Keramik und Kohlenstoff zum Stand von Technik und Entwicklungspotentialen mit Vertretern aus dem Maschinen- und Industrieofenbau gemeinsame Herausforderungen zu analysieren. Der internationale Wettbewerb auf den Gebieten Energie- und Umwelttechnik fordert eine schnelle zuverlässige Umsetzung von Innovationen. Neben einer Einführung zu Marktpotentialen der Technischen Keramik kamen auch die Risiken des Rohstoffmarktes zur Sprache.



V. l. n. r.: Reinhard Klein (Projektgruppenleiter CERAMITEC), Heinz U. Kessel (Geschäftsführer FCT Gruppe), Dr. Oswin Öttinger (Vizepräsident Technologie & Innovation SGL Carbon), Paul Eirich (Geschäftsführender Gesellschafter Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co KG und Vorsitzender des CERAMITEC-Beirats), Karin Scharer (Chefredakteurin cfi), Frank Händle (Geschäftsführer ECT Extrusion for Ceramic Technology) Dr. Jutta Seitz (Pressereferentin CERAMITEC), Dr. Reinhard Lenk (Leiter Service Center Entwicklung CeramTec), Alexa Cordioli (Projektassistentin CERAMITEC), Katrin Schwarz (Presse- und Öffentlichkeitsarbeit Fraunhofer IKTS), Dr. Michael Zins (Stv. Institutsleiter Fraunhofer IKTS), Eugen Egetenmeir (Geschäftsführer Messe München GmbH), Gerhard Gerritzen (Stv. Geschäftsführer Messe München GmbH), Matthias Uhl (Geschäftsführer Riedhammer) und Dr. Stefan Pirker (Leiter Forschung und Entwicklung Treibacher Industrie).



Prof. Dr. Alexander Michaelis,
Institutleiter
Fraunhofer IKTS



Eugen Egetenmeir,
Geschäftsführer
Messe München GmbH



Paul Eirich, Geschäftsführender
Gesellschafter Maschinenfabrik
Gustav Eirich GmbH & Co KG,
Vorsitzender des CERAMITEC-Beirats

Begrüßung

Gastgeber der Veranstaltung war das *Fraunhofer Institut IKTS* in Dresden. Der Institutsleiter *Prof. Dr. Alexander Michaelis* sowie die Veranstalter dieser Expertenrunde *Eugen Egetenmeir*, Geschäftsführer *Messe München GmbH* und *Karin Scharrer*, Chefredakteurin der *cfi*, konnten folgende Vertreter aus der angewandten Forschung und Entwicklung bzw. der Zulieferindustrie zum 7. CERAMITEC Round Table begrüßen:

- *Paul Eirich*, Geschäftsführender Gesellschafter *Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co KG*, Vorsitzender des CERAMITEC-Beirats
- *Frank Händle*, Geschäftsführer *ECT Extrusion for Ceramic Technology*
- *Heinz U. Kessel*, Geschäftsführer *FCT Gruppe*
- *Dr. Reinhard Lenk*, Leiter Service Center Entwicklung *CeramTec GmbH*
- *Dr. Oswin Öttinger*, Vizepräsident *Technology & Innovation SGL Carbon GmbH*
- *Dr. Stefan Pirker*, Leiter Forschung und Entwicklung *Treibacher Industrie AG*
- *Matthias Uhl*, Geschäftsführer, *Riedhammer GmbH*
- *Dr. Michael Zins*, Stv. Institutsleiter, *Fraunhofer IKTS*

E. Egetenmeir wies darauf hin, dass die CERAMITEC 2012 erstmals mit dem neuen Untertitel „Technologies – Innovations – Materials“ antritt. Er erläuterte, „...mit diesem neuen Untertitel bringen wir prägnanter die gesamte Bandbreite der CERAMITEC zum Ausdruck – von der klassischen Keramik und den Roh-

stoffen über Pulvermetallurgie bis hin zur Technischen Keramik. Mit dem Begriff ‚Innovations‘ verdeutlichen wir zudem, dass die CERAMITEC der Ort für die umfassende Präsentation von neuen Technologien und Anwendungen aus Industrie, Forschung und Entwicklung ist. Hierin hebt sich die CERAMITEC von anderen Branchenveranstaltungen ab.“

Die bereits auf den Weg gebrachte Zusammenarbeit mit dem CMCEE Kongress ist in diesem Zusammenhang ein wichtiger Schritt, der durch die Möglichkeit den 7. CERAMITEC Round Table in Dresden abzuhalten, wertvoll ergänzt wird. Dafür sprach er dem Institutsleiter Prof. Dr. Alexander Michaelis und seinem Team seinen Dank aus. Den Referenten Dr. Reinhard Lenk, Dr. Oswin Öttinger, Dr. Stefan Pirker und Dr. Michael Zins dankte er für die Vorbereitung der Präsentationen zu den Diskussionsthemen, die den Veranstaltern der CERAMITEC sicher weitere Anregungen für die Vorbereitung der CERAMITEC 2012 geben können.

Einführung zum Thema

Prof. Dr. A. Michaelis informierte darüber, dass das IKTS neben Dresden zudem in Hermsdorf präsent ist. 420 Mitarbeiter arbeiten an diesen beiden Standorten und verfügten im Jahr 2010 über einen Haushalt von EUR 32 Mio. (ohne Investitionen). Er legte dar, dass sich hinter IKTS der Name Institut für Keramische Technologien und Systeme verbirgt. Im IKTS werden die Projekte gesamthaft vom Rohstoff über die verschiedens-

ten Verfahrensschritte der Bauteilherstellung, der dazugehörigen zum Teil auch integrierten Prüftechnik bis zum System verfolgt. Das kann der Einsatz der Keramikkomponenten in Modulen oder Teilanlagen, aber auch immer mehr die Verfahrenstechnik von Großanlagen einbeziehen. Die vernetzte Kompetenz von Funktions- und Strukturkeramik im IKTS macht das Institut besonders prädestiniert für F+E-Arbeiten auf den Gebieten Energie- und Umwelttechnik. Schwerpunktthemen sind Membranen, Batterien und Brennstoffzellen.

Anwendungsfelder am IKTS in der Umwelttechnik umfassen Themen wie Minderung der CO₂-Emissionen in Verbrennungsanlagen, Biokraftstoffe, Abwasserbehandlung und -aufbereitung, Biogaserzeugung und -nutzung, katalytische Abgasreinigung und die Prozessintensivierung in der chemischen Verfahrenstechnik. Kernkompetenz sind keramische Membranen von der Makro- bis zur Nanopore, basierend auf unterschiedlichsten Materialien (Perowskite, Zirkonoxide, Zeolithe, Kohlenstoff, Polymere, Edelmetalle, Mischoxide u. a.).

Zum Thema Energiewandlung arbeitet das IKTS schwerpunktmäßig an folgenden Themen: thermoelektrischen Generatoren, Bioenergie, SOFC, Photovoltaik, Energy Harvesting (Piezokeramik) und Niedertemperaturbrennstoffzellen (Mikro-PEM).

Beispielsweise wurden am IKTS für SOFCs seit 1992 über 20 Patente realisiert und 30 Industrieprojekte durchgeführt. Die planare SOFC-Technologie wurde schon 1998 von

Siemens übernommen. Bei Brennstoffzellen decken die Entwicklungen des IKTS einen breiten Bereich von 1 W bis 10 kW ab. Dazu gehören portable (eneramic) wie stationäre Systeme (Kooperation mit Vaillant). Auch bei der Energiespeicherung ist die gebündelte Kompetenz von Funktions- und Strukturkeramik vorteilhaft. So wurden Aktivitäten zur Thematik Redox-Flow-Batterie bzw. NaS-Batterie und das Bioenergie-Applikationszentrum Pöhl gestartet. Beim wichtigen Thema Lilonen-Batterie ist die Kompetenz über die gesamte Wertschöpfungskette der kritische Erfolgsfaktor.

Da in der EU der Anlagenbau fehlt, wurde schon jetzt das Projekt LiFab vorbereitet, dass neben der Pilotfertigung auch die Entwicklung der Verfahrenstechnik zum Ziel hat. Es wird parallel zu den F+E-Themen Pulverprocessing, Beschichtungstechnologie, Zellpackaging, Initialisierung und Systemaufbau gestartet. Die Arbeitsschwerpunkte Energie- und Umwelttechnik werden beim CMCEE-Kongress dargestellt und mit Wissenschaftlern aus aller Welt diskutiert werden. Zum CMCEE-Kongress „Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Applications“ im Vorfeld der CERAMITEC 2012 werden bis zu 1000 Teilnehmer aus aller Welt in Dresden erwartet. Kongressthemen sind u. a. SOFC-Materialien, Energiespeichersysteme, Hochtemperaturmembranen und -filter, Strukturkeramik für die Energie- und Umwelttechnologie und umweltfreundliche Prozesstechniken. Das IKTS wird für die Kongressteilnehmer eine Teilnahme an der CERAMITEC am 23.–24. Mai 2012 organisieren.

P. Eirich stellte bei der Eröffnung des CERAMITEC Round Table 2011 fest, dass die Begriffe Keramik und Kohlenstoff ein riesiges Gebiet umfassen, über das man viele umfassende Kongresse abhalten könnte. Im Zusammenhang mit der Energie- und Umwelttechnik ergeben sich für Keramik und Kohlenstoff eine Fülle von Aspekten. Er sagte: „...zentrale Fragen, die alle in der Runde berühren, sind:

- Wie kann der Einsatz von Keramik und Kohlenstoff in der Energie- und Umwelttechnik weiter gefördert werden?
- Welche Aufgaben resultieren dann daraus für die verschiedenen, hier vertretenen Bereiche?

Dazu könnte ich mir folgende Schritte vorstellen:



Dr. Michael Zins
Stv. Institutsleiter
Fraunhofer IKTS

- Welche Entwicklungen sind notwendig, um die Einsatzbreite zu vergrößern, d. h. systematische Ermittlung von bestehenden technischen Grenzen?
- Bei wirtschaftlichen Betrachtungen besteht häufig die Meinung, dass diese Werkstoffe teuer seien. Im Vergleich zu alternativen Materialien (sofern es welche gibt) mag das bei der Beschaffung zutreffen. Bei Betrachtung der Life Cycle Costs (LCC) stellt sich die Situation meist gegenteilig dar, d. h. Ermittlung von LCC für ausgewählte Anwendungen ist vordringlich.
- In vielen technischen Disziplinen sind die Kenntnisse über Keramik und Kohlenstoff weit geringer als über Metalle oder Kunststoffe, das heißt sowohl ein Einfluss auf Lehrpläne in der technischen Ausbildung als auch berufsbegleitende Informationsmaßnahmen sind notwendig.

Diese wie auch weitergehende Themen bedürfen einer offenen partnerschaftlichen Zusammenarbeit. Ich wünsche, dass wir nach Hause fahren und die heute angestoßenen Diskussionen gemeinsam vertiefen.“

Marktsituation keramischer Produkte und ihre Entwicklungschancen

Dr. M. Zins führte aus, dass nach sehr guten Wachstumsraten bis zum Jahr 2008 auch in der Technischen Keramik, bedingt durch die weltweite Finanzkrise, ein dramatischer Einbruch folgte. Inzwischen hat sich die Branche erholt und teilweise schon die alten Rekordzahlen übertroffen.

Nach Marktstudien von J. Briggs (EnCeram 2011) wird die Technische Keramik in der Umwelttechnik (inkl. Autofilter und Katalysatoren) in Europa mit ca. EUR 1,5 Mrd. als bedeutendstes Segment angesehen (weltweit ca. EUR 2,64 Mrd.)

In allen Anwendungsgebieten ist die Keramik in der Regel das Herzstück für vielfach teurere Systeme, daher darf ihre Bedeutung nicht nur über ihren direkten Umsatz bewertet werden. Der Einsatz der Technischen Keramik ermöglicht in vielen Fällen erst die Realisierung von Technologien mit sehr hohen Gesamtinvestitionsvolumina.

Für die Beantwortung der Frage wo die Technische Keramik in Deutschland steht wurde das Meinungsbild von Ausstellern dieses Segments auf der Hannovermesse 2011 ausgewertet. Es besteht für Technische Keramik weiter ein hohes Potential in den traditionellen Anwenderbranchen, aber die Margen werden hier enger und die Importe klassischer Produkte nehmen zu.

Die deutschen Lieferanten verzeichnen hingegen hohe Exportzuwächse. Ihre Personal- und Fertigungskapazität sind nach der Krise ein wesentlicher Wettbewerbsfaktor, da Liefer- und Serienfähigkeit von innovativen Produkten entscheidend für den Markterfolg sind. Ein Trend, verstärkt als Systemanbieter anzutreten, zeichnet sich ab. Im internationalen Wettbewerb wird Deutschland als hervorragend positioniert gesehen.

Die Technische Keramik lässt sich in nahezu allen Industriebereichen erfolgreich einsetzen. Die Energie- und Umwelttechnik als Markt für keramische Komponenten sind aber besonders interessant, weil die relevanten Abnehmerindustrien (Fahrzeugbau, Elektroindustrie, Instrumenten- und Maschinenbau) bezüglich ihrer Innovationskraft zu den dynamischsten Branchen gehören.

Nach Studien von Roland Berger wird der Anteil der Umwelttechnologie am Gesamtumsatz aller Wirtschaftsbereiche in Deutschland von derzeit 4 auf 16 % im Jahr 2030 steigen. Weltweit wird nach Einschätzungen des European Renewable Energy Councils der Anstieg bei ca. 10,2 % liegen. Wichtige Segmente sind Brennstoffzellen, Kraftwerks- und Batterietechnologien.

Nach J. Briggs umfasst der Markt für keramische Membranen in Europa 2010 ca. EUR 30 Mio. und in den

USA ca. EUR 10 Mio. Die geschätzten Wachstumsraten liegen bei 5–7 %/a. Ihre Anwendungen sind facettenreich. Durch den Einsatz von Membranen kann z. B. bei der Ethanolentwässerung durch Dampfpermeation der Energiebedarf um bis zu 90 % reduziert werden. Mit Sauerstofftrennmembranen können durch Einsatz von Sauerstoff anstelle der Luft CO₂-Emissionen in Kraftwerken minimiert werden. Auch Weiterentwicklungen der Schaumkeramiken z. B. durch funktionalisieren der Oberflächen eröffnen neue Gebiete.

Die Mikro-SOFC-Entwicklungen basierend auf LCCT-Technologien haben schon völlig neue Anwendungsgebiete (z. B. Outdoor- oder Sicherheitstechnik) für Brennstoffzellen erobert.

Die Nutzung keramischer Technologien für die Herstellung von Li-Ionen Batterien (Aufbereitungstechnologie, Beschichten, Formgebung, Brenntechnik) wird für die industrielle Umsetzung von wesentlicher Bedeutung sein.

M. Zins appellierte, dass es sich somit lohnt Keramiknetzwerke und Energiesystemnetzwerke zu verbinden. Diese Netzwerke werden immer breiter. Es gibt zunehmend Kooperationen vom Equipmenthersteller über Rohstoffe bis zum geprüften System. Praxisnahe Performancetests kommt eine immer höhere Bedeutung in allen Prozess- und Prüfschritten zu, weil „time to market“ beim Erreichen wirtschaftlicher Prozesse das entscheidende Erfolgskriterium ist. Langfristig muss eine exzellente Keramikforschung die bereits erreichten positiven Wachstumsentwicklungen absichern.

Situation und Risiken des Rohstoffmarktes

Dr. S. Pirker erläuterte, dass die 14 als kritisch einzustufenden Rohstoffe (Antimon, Beryllium, Flussspat, Gallium, Germanium, Graphit, Indium, Kobalt, Magnesium, Niob, Metalle der Platingruppe, Seltene Erden, Tantal und Wolfram) in Europa nicht in relevanten Mengen vorkommen. China hingegen verfügt über große Vorkommen an Antimon, Beryllium, Flussspat, Gallium, Germanium, Graphit, Magnesium, Seltene Erden und Wolfram. Zudem nimmt China in der Reihung der weltweiten Lagerstätten auch bei bedingt kritisch eingestuften Rohstoffen (z. B.



Dr. Stefan Pirker
Leiter F+E,
Treibacher Industrie AG

Magnesit, Bauxite, Chrom) eine sehr gute Position ein. China belegt heute bei der Weltproduktion von mineralischen Rohstoffen 28 Spitzenplätze, gefolgt von USA und Südafrika mit jeweils nur 5 Spitzenplätzen. Noch 1985 war China nur bei fünf mineralischen Rohstoffen führend. Das untermauert die rasante Entwicklung Chinas und dessen Marktbeherrschung bei mineralischen Rohstoffen.

Insbesondere diese Abhängigkeit von China hat 2008 zur Rohstoffinitiative der EU geführt, die sich nun nicht mehr nur darauf beschränkt kritische Rohstoffe zu überwachen. Die EU hat sich eine aktive Rohstoffdiplomatie, die Förderung der nachhaltigen Rohstoffversorgung sowie die Steigerung der Ressourceneffizienz inklusive Recycling zum Ziel gesetzt.

Auf die Rohstoffmärkte haben insbesondere das Wachstum, die Bevölkerungsentwicklung und der steigende Lebensstandard in den BRIC-Staaten, die den Rohstoffbedarf stetig steigen lassen, eine starke Auswirkung. Anziehende Preise auf Grund höherer Nachfrage, große regionale Preisunterschiede, limitierter Zugang und knappe Verfügbarkeit führen zu Marktverzerrungen und überhitzen den Rohstoffhandel. Das löst heute bereits teilweise Verlagerungen von Produktionsstandorten in Länder mit guter Ressourcenlage aus. Das heißt, dass Wertschöpfung in Europa zukünftig weiter verloren gehen wird. Gerade für die Umwelt- und Energietechnik könnte dies durch sich zusätzlich verteuern Spezialwerkstoffe kritisch werden.

Am Beispiel der Seltene Erden (SE) zeigte S. Pirker kritische Trends auf.

97 % der SE kommen derzeit aus China! Der Anteil des Bereichs Glas – Keramik – Poliermittel (u. a. Elektrokeramik, Ionenleiter z. B. in SOFCs, Membranen, Feinguss) bei SE-Anwendungen beträgt ca. 30 %, jeweils ca. 20 % finden im Segment Katalysatoren und Magnete, sowie ca. 18 % im Bereich Legierungen ihre Anwendung. Alle Prognosen für SE deuten in den nächsten Jahren auf eine steigende Nachfrage hin. Da auch der Eigenbedarf in China weiter steigt und Exportbeschränkungen bestehen bleiben werden, bleibt die Situation mittelfristig angespannt. Die Preise für SE außerhalb Chinas steigen derzeit rasant (z. B. sind Preise von schweren SE wie z. B. Yttriumoxid alleine von Januar bis Juli 2011 um ca. 80 % gestiegen!). Neben Exportlizenzen tragen dazu zusätzliche Steuern für den Umweltschutz sowie Exportsteuern in China bei.

Erst mittelfristig kann mit einer gewissen Entspannung durch wenige relevante Bergbau- und Aufbereitungsprojekte außerhalb Chinas gerechnet werden. Die Entwicklung von Recyclingkonzepten z. B. von Magneten und Leuchtstoffen wird derzeit erst eingeläutet, wird aber zunehmend an Bedeutung gewinnen. Die Substitution von SE ist aufgrund ihrer einzigartigen Eigenschaften teilweise sehr schwierig bis unmöglich. Ressourcenschonung, Verlängerung der Produktlebenszyklen und neue Produktdesigns werden ebenfalls immer wichtiger.

Die Bewusstseinsbildung auf gesellschaftlicher wie politischer Ebene hinsichtlich des Wertes der Rohstoffe für das moderne Leben und das Heben des Images der Industrie für unseren Wohlstand wären zusätzlich wichtige, unterstützende Ansätze für die Rohstoffpolitik der EU, führte S. Pirker aus.

Stand der Technik und Potentiale der Technischen Keramik in der Energie- und Umwelttechnik – Technologischer Entwicklungsbedarf

Den Anwendern steht heute eine Vielzahl an standardisierten keramischen Hochleistungs-Werkstoffsystemen zur Verfügung. Dennoch bestehen generelle Herausforderungen und Marktchancen darin, keramische Materialien hinsichtlich Eigen-

schaftsoptimierung, Kostensenkung und höherer Zuverlässigkeit weiterentwickeln, berichtete *Dr. R. Lenk*. Ständige Herausforderungen sind außerdem die Weiterentwicklung und die Qualifizierung von Technologien: So geht es bei verschiedenen Fertigungstechniken darum, in neue Grenzbereiche (Realisierbarkeit von Wandstärken, Schichtdicken, Formatgrößen) vorzustoßen. Beispielsweise ist die Funktionalität von Filtern und Katalysatoreinträgen für Anwendungen in der Energie- und Umwelttechnik direkt an geometrische Faktoren, d. h. an Zellweite und Wandstärke, gekoppelt. Keramische Werkstoffe über Extrusionstechnik mit immer dünneren Wandstärken zu fertigen, stellt hohe Anforderungen sowohl an die Masseigenschaften als auch an eine reproduzierbare Gestaltung der einzelnen Prozessschritte, welche wiederum nur mit leistungsfähigen Maschinen, Ausrüstungen und Werkzeugen sichergestellt werden kann. Um bei der Herstellung großer Formate Segmentierungen zu umgehen ist darüber hinaus das Extrudieren großer Monolithe vorteilhaft. Die Fertigungsprozesse unter den Randbedingungen höherer Anforderungen sicher auszulegen wird in zunehmendem Maße auch dadurch möglich, dass geeignete Modellierungs- und Simulationstools zur Verfügung stehen. Diese gilt es auch zukünftig weiterzuentwickeln und in die Entwicklungs- und Fertigungsprozesse zu implementieren. Um Entwicklungszeiten zu verkürzen, ist eine darüber hinaus durchgängige Simulation der gesamten Prozesskette, einschließlich der thermischen Prozesse, erforderlich.

Beschichtungs- und Verbindungstechnologien spielen nicht nur für funktionskeramische Systeme die entscheidende Rolle, da hier die jeweilige technische Lösung maßgeblich über Gesamtleistung, Lebensdauer und Zyklfestigkeit entscheidet. Sie sind auch für die Systemeinbindung einzelner keramischer Komponenten außerordentlich wichtig. Deshalb bestehen hier weiterhin große Entwicklungsbedarfe auch hinsichtlich kostengünstiger und großserienfähiger Lösungen. Die gemeinsame Formgebung unterschiedlicher Werkstoffe (Mehrschichtpressen, Folienlaminierertechnik oder auch Mehrkomponentenspritzguss) und das anschließende Co-Sintern können vorteilhafte Perspektiven, insbesondere auch für



Dr. Reinhard Lenk,
Leiter Service Center Entwicklung,
CeramTec

eine weitere Miniaturisierung und höhere Systemintegration, aufweisen.

Bei allem Fortschritt im Werkstoffdesign und bei aller Sicherheit in der Technologie – Prüftechniken werden überall dort an Bedeutung gewinnen, wo keinerlei Restrisiken tolerierbar sind. Zerstörungsfreie Prüfverfahren stoßen heute einerseits an Auflösungsgrenzen und sind zum anderen für eine Integration in die Serienfertigung (100%-Prüfung) entweder zu langsam oder zu teuer, wenn nicht beides. Produktsicherheit kann man jedoch auch durch spezifisch ausgelegte Proof-Tests erreichen, wie die erfolgreiche Umsetzung bei keramischen Kugelhaupten und Pfanneneinsätzen für Hüftgelenkimplantate belegt.

Für den Bereich Energiewandlung und -speicherung spielen keramische Werkstoffe als Elektronen- und Ionenleiter eine wichtige Rolle. Lilonen-Batterien werden derzeit z. B. in Konsumgütern wie Mobiltelefonen oder Laptops eingesetzt, wo ihre hohe Energiedichte bei niedrigem Gewicht Priorität hat. Die sowohl im Bereich Elektromobilität als auch bei der stationären Speicherung von elektrischer Energie notwendige weitere Leistungssteigerung kann nur durch Werkstoff- und Technologieentwicklung von Kathoden- und Anodenmaterialien sowie Separatoren erreicht werden. Ein optimiertes nanostrukturelles Design der Kathodenwerkstoffe in Kombination mit verbesserten Pasten- und Beschichtungstechnologien kann z. B. beschleunigte Ladungs- und Entladungsvorgänge ermöglichen.

Keramische Werkstoffe und Technologien entscheiden somit über Leistung, Zuverlässigkeit und Kosten der künftigen Batteriesysteme.

Bei der Hochtemperaturbrennstoffzelle (SOFC) stehen neben einer weiteren Erhöhung der Leistungsdichte vor allem die Verbesserung der Zyklfestigkeit (einschließlich Schnellstartverhalten), die Gewährleistung einer Mindestlebensdauer sowie die Reduzierung der Herstellkosten an. Zumindest die drei letztgenannten Aspekte sind dabei Systemforderungen die über die reine Anwendung keramischer Werkstoffe und Technologien herausgehen, und vor allem Füge- und Systemaufbau betreffen.

Auch wenn die bisher erreichten Wirkungsgrade eher moderat scheinen, werden thermoelektrische Generatoren künftig eine große Rolle spielen. Die Umwandlung einer Temperaturdifferenz in Strom beruht auf dem Seebeck-Effekt. Statt als ungenutzte Abwärme an die Umwelt abgegeben zu werden, kann über solche Stromquellen zusätzliche Energie in das System zurückgeführt werden, was insbesondere für die Automobiltechnik aufgrund eines mehrfachen Nutzens attraktiv ist: Zusätzlich verfügbarer Bordstrom, niedrigere Abgastemperatur, geringerer Kraftstoffverbrauch. Künftige Entwicklungsarbeiten zielen auf kostengünstige Lösungen hinsichtlich Material und Herstellungstechnologie sowie auf eine ausreichend hohe thermoelektrische Effizienz der Module, ihre umweltverträgliche Herstellung und Recyclingfähigkeit.

Ungeachtet ihrer technischen Anwendungsvorteile werden sich keramischen Lösungen nur dann durchsetzen können, wenn sie wirtschaftlich sind. Generell sollte die Wirtschaftlichkeit immer am Ergebnis des Gesamtsystems gemessen werden. Da die Kosten von Keramikkomponenten jedoch oftmals Einstiegshürden darstellen können, ist es umso wichtiger, sich bereits im Entwicklungsprozess den Kostenaspekten proaktiv zu stellen. Insbesondere Optimierungen für die Serienfertigung bleiben eine ständige Herausforderung. In Hinblick auf den Ressourceneinsatz sind hier endformnahe bzw. endformgerechte – (near) net shape – Fertigungstechnologien gefordert, die sich jedoch ausdrücklich nicht allein auf den Keramikspritzguss, sondern auch auf endkonturnahes Trockenpressen

und andere Formgebungsverfahren beziehen.

Mit Ressourcenverknappung und steigenden Energiepreisen wird auch die Energieeffizienz bei der Herstellung von keramischen Produkten künftig eine größere Rolle spielen. Der energieaufwendigste Herstellungsschritt in der Produktion technischer Keramiken ist die Wärmebehandlung. In einem vom BMBF geförderten Projekt (ENITEC) arbeiten deshalb gegenwärtig Partner aus Wissenschaft und Industrie daran, Energieeinsparungen von bis zu 40 % bei der Herstellung technischer Keramiken auch mit Unterstützung von Simulationsmethoden zu erzielen.

Wesentliche Potentiale von Kohlenstoff und Graphit in der Energie- und Umwelttechnik

Dr. O. Öttinger erläuterte, dass das Marktvolumen für Carbon weltweit bei über EUR 40 Mrd. liegt, wobei Anoden für die Aluminiumindustrie, Ruß – insbesondere für die Reifenherstellung – und Graphitelektroden für das Recycling von Stahlschrott die größten Bereiche darstellen. Als Wachstumsmärkte mit dem Potential von durchschnittlich zweistelligen Zuwachsraten pro Jahr werden die Bereiche Carbonfasern, Feinkorngraphit sowie Kohlenstoff und Graphite für Lithium-Ionen-Batterien gesehen. Naturgraphit, synthetisch hergestellter Kohlenstoff und Graphit werden vor allem dort eingesetzt, wo Hitze- oder Korrosionsbeständigkeit, hohe elektrische oder thermische Leitfähigkeit gefordert sind; Carbonfasern und deren Verbundwerkstoffe hingegen finden zunehmend Anwendung wegen ihres niedrigen Gewichts bei gleichzeitig hoher Festigkeit und Steifigkeit.

Die ersten Entwicklungen der Carbonfaser auf Basis von Polyacrylnitril gehen in die 1960er Jahre zurück. Seither nahmen die Produktionsmengen stetig zu. Für die Zukunft wird für den Carbonfasermarkt ein besonders starkes Wachstum von mehr als 10 % vorausgesagt. Dieser prognostizierte Anstieg wird vor allem durch Anwendungen in der Luftfahrt, im Automobil und im Bereich Energieerzeugung mit Windkraft getragen. Während die reinen Materialkosten für carbonfaserverstärkte Kunststoffbauteile (CFK) bei ca. 25 % liegen, entfallen



Dr. Oswin Öttinger,
Vizepräsident Technologie&Innovation
SGL Carbon

auf die Herstellung des Faserformkörpers, die eigentliche Verbundherstellung und die Endbearbeitung ein Kostenblock von 75 %. Hier müssen Entwicklungen zur Fertigungsautomatisierung insbesondere im Bereich Preformtechnologie und Verbundherstellung vorangetrieben werden, um CFK-Bauteile in großer Stückzahl kosteneffizient fertigen zu können.

CFK wird zunehmend konventionelle Materialien wie Aluminium und Magnesium ersetzen. In der neuen Generation von Flugzeugen (z. B. Boeing Dreamliner, Airbus 350) sind bereits 50 % CFK und mehr verarbeitet. Im Bereich Automobil setzt z. B. BMW mit einer CFK-Fahrgastzelle beim i3 erstmals serienmäßig voll auf Leichtbau mit Carbon. Hier gilt es zusätzlich die C-Faser/CFK-Recycling-Konzepte weiter auszubauen sowie neue CFK-Materialien basierend auf einer thermoplastischen Matrix verstärkt zu entwickeln.

Bei Windkraftanlagen wird mit Carbonfasern bzw. Carbonfaserprepregs eine Gewichtsreduktion und eine Erhöhung der Steifigkeit der Rotorblätter erreicht, wodurch besonders leistungsstarke und effiziente Windkraftanlagen gebaut werden können. Das ist für Großanlagen mit Rotorblattlängen ab 60 m, besonders im Off-Shore-Bereich, von Vorteil.

Der wesentliche Treiber für das Wachstum bei hochreinen und chemisch inerten Feinkorngraphiten ist die Solarindustrie. Die wesentlichen Herausforderungen liegen bei der Herstellung und der thermischen Prozessierung von großformatigen Graphitblöcken und mittelfristig bei

der Entwicklung von endkonturnahen Fertigungstechnologien für Graphitbauteile.

Für die Silizium- und Solarwaferprozessierung werden nicht nur Feinkorngraphite benötigt, sondern auch dünnwandige kohlenstofffaserverstärkte Kohlenstoffbauteile (CFC) sowie Kohlenstoffisolationen. Für die Herstellung von CFC und Isolationen braucht man energieeffiziente Hochtemperaturöfen, die kontinuierlich oder großvolumig batchweise arbeiten.

Die Speicherung von elektrischer Energie gewinnt zunehmend an Bedeutung. Kohlenstoff und Graphit spielen hierbei eine Schlüsselrolle:

- Für Kurzzeit-Hochleistungsspeicher wie Superkondensatoren wird poröser Kohlenstoff als Elektrodenmaterial verwendet.
- Für die stationäre Energiespeicherung werden z. B. Redoxflow-Batterien oder NaS-Hochtemperaturbatterien eine große Chance eingeräumt. Hier werden spezielle Kohlenstofffaserfilze benötigt, die hinsichtlich ihrer Leitfähigkeitseigenschaften und ihrer Faseroberfläche für die jeweilige Anwendung optimiert werden müssen.
- Für die mobile Energiespeicherung stehen Lithiumionen-Batterien im Vordergrund. Die Anode dieser Hochleistungsbatterien besteht in der Regel aus synthetischem Graphit oder Naturgraphit. Um die Speicherkapazität dieser Batterien zu erhöhen bzw. das Batteriegewicht des Elektrofahrzeuges weiter zu reduzieren, müssen neue kohlenstoffbasierende Komposit-Anodenmaterialien mit optimierter Kornform und Partikeloberflächeneigenschaften entwickelt werden.

Um das Ziel der Nationalen Plattform „E-Mobilität“ (1 Mio. E-Fahrzeuge in Deutschland in 2020) zu erreichen und den CO₂-Ausstoß zu senken, müssen die erneuerbaren Energien wie Windkraft und Solarindustrie, aber auch Energiespeichersysteme sowie Leichtbaulösungen weiter ausgebaut und entwickelt werden.

In all diesen Bereichen wird Kohlenstoff in seinen vielfältigen Formen und Anwendungen einen wichtigen Beitrag leisten: als CFK für Windenergie, Luft- und Raumfahrt, als Feinkorngraphit für die Herstellung von Solarzellen oder als Graphit-Anodenmaterial für Lithium-Ionen-Batterien.

Diskussionen

Die Reflexion der Präsentationen kann in zwei Themenkreise gegliedert werden.

- Welche Anforderungen stellen die Entwicklungen für Keramik und Kohlenstoff in den Bereichen Energie- und Umwelttechnik an die Zulieferanten?
- Was kann die CERAMITEC für das Klientel dieser Wachstumssegmente anbieten?

Zum ersten Themenkreis kann festgestellt werden, dass Innovationen der Schlüssel zum erfolgreichen Wettbewerb gegenüber Billiglieferranten mit Standardprodukten sind. Der steigende Anteil am Umsatz von Produkten, die jünger als drei Jahre sind, wird bei den meisten Bauteilherstellern immer bedeutender. Das verdeutlicht die Dynamik des Marktes und die hohen Anforderungen an Marketing- und F+E-Experten.

Die Kosteneffizienz der als eher teuer einzustufenden Komponenten aus Kohlenstoff bzw. Keramik muss im Kontext ihrer Lifecycle-Kosten argumentiert werden, um realistisch zu einem Performance-Vergleich mit Wettbewerbsmaterialien zu kommen, die in der Regel im Einkauf billiger sind. Das erfordert sehr gute Kenntnisse in den Anwenderindustrien. Dennoch besteht in beiden Werkstoffgruppen auch ein hoher Bedarf, die Kostenstrukturen in der Produktion zu verbessern.

Marktforderung ist neben der Kosteneffizienz die Zuverlässigkeit der Bauteile, da die Komponenten oft in Systemen bzw. Anlagen einge-

baut werden, wo Lebensdauer-garantien gegeben werden müssen. Auch das hat Rückwirkungen auf die Anforderungen in der Verfahrenstechnik hinsichtlich der Reproduzierbarkeit und das Erreichen maximaler Anteile an fehlerfreien Komponenten.

Die Innovationskraft wird gemessen nach „time to market“. Das erfordert schon im Pilotmaßstab aussagefähige Daten über die Prozessfähigkeit zu bekommen. In diesem Zusammenhang wird Versuchsanlagen, die entsprechend der Produktionseinheiten dimensioniert sind, eine hohe Bedeutung zugeordnet. Viele Technologielieferanten sind schon heute gut auf diese Problematik vorbereitet und können praxisnahe Hilfestellung in ihren gut ausgerüsteten Technika geben. Die Thematik der Prüftechnik bei der Entwicklung von Komponenten und Systemen und ihre Übertragung auf die Fertigungstechnik bieten noch weiten Spielraum für Verbesserungen.

Neuere Entwicklungen wie die Simulation von Reaktionen und Prozessschritten helfen nicht nur ein besseres Verständnis für die Fertigungsabschnitte zu bekommen, sondern auch die Zeitschiene für Entwicklungen zu straffen. Auf einigen Gebieten muss das Scale-up von der Pilotfertigung zur Massenfertigung erst eingeleitet werden. Kosten- und zeitsparend sind Netshape-Technologien, die in Zusammenarbeit mit Maschinenherstellern auch weiterentwickelt werden können.

Die Technologien für Komponenten für neue Anwendungsgebiete sind auf einem guten Weg. Es ist aber erforderlich, im System zu denken und bei Entwicklungen verfahrenstechnische Fragen und Anlagentechnik schon zu einem sehr frühen Zeitpunkt mit einzubeziehen. Eine abschnittsweise Herangehensweise an diese Fragestellungen würde den wichtigen Faktor Zeit überstrapazieren.

Es wurde unterstrichen, dass die Netzwerke der Kooperationen von Bauteilhersteller zu Rohstoffherstellern, den Maschinen- und Ofenbauern bis zu den Prüftechnikern noch breiter werden müssen. Es gilt das Resümee von M. Zins: Durch Kooperation zur Innovation ist und bleibt ein guter Weg!

Das allgemeine Anliegen aller Diskussionsredner, die Kenntnisse über Keramik und Kohlenstoff in der technischen Fachwelt zu verbessern, haben die Veranstalter aufgenommen. Die Verbesserung auf diesem Gebiet ist nicht nur unter Marketingaspekten wichtig. Alle Vertreter haben zudem gewisse Nachwuchssorgen adressiert. Auf breiterer Basis sollte daher für die Attraktivität der Branche geworben werden. Bei diesen Aufgaben kann die CERAMITEC Unterstützung geben.

Es hat sich gezeigt, dass die Messe München mit dem neuen Untertitel der CERAMITEC „**Technologies – Innovations – Materials**“ ins Schwarze getroffen hat, da genau diese Schlagworte in den Präsentationen und Diskussionen bestimmend waren.

KS

