

Fünf Jahre NanoMat: Das Kompetenznetz für Materialien der Nanotechnologie knüpft den Kontakt zur Industrie

R. Hedderich, NanoMat

Einleitung

NanoMat ist ein überregionales Netzwerk für Materialien der Nanotechnologie und wurde 1999 gegründet. Forschungsgegenstand der Nanotechnologie sind Materialien oder Bauelemente, deren charakteristische Längenskala im Bereich unter 100 Nanometer liegt. Eine solche Nanostruktur kann beispielsweise entstehen, wenn man die Kristallgröße von Polykristallen oder die Dicke von Multilagenschichtstrukturen auf wenige Nanometer reduziert. Diese Reduktion führt zu neuartigen Eigenschaften, die für eine Vielzahl von technischen Anwendungen höchst attraktiv

sind. NanoMat hat einen unverwechselbaren thematischen Fokus über alle Stufen der Wertschöpfung. Die NanoMat-Partner verfügen über Grundlagenforschung an Universitäten und Forschungseinrichtungen, angewandte Forschung in Fraunhofer Instituten und Firmen, regionale Technologieparks und Technologiezentren, die ein Hort für junge, nanotechnologisch orientierte Unternehmen sind. Jeder NanoMat-Partner ist ein wichtiger regionaler Knoten, der sein Umfeld befruchtet und gleichzeitig von diesem Umfeld profitiert. NanoMat gehört zu den Kompetenznetzen des BMBF (www.kompetenznetze.de).

Ziele von NanoMat

Innerhalb des Netzwerks NanoMat werden die Kompetenzen der Kooperationspartner gebündelt und weiterentwickelt, so dass Projekte interdisziplinär, von der Vorlauforschung bis zum Transfer in wirtschaftlich verwertbare Ergebnisse, durchgeführt werden können. Die im Netzwerk zusammengeschlossenen Partner verfügen über eine hohe wissenschaftliche und technologische Leistungsfähigkeit. Dies belegen auch zahlreiche Preise und wissenschaftlichen Auszeichnungen. Darüber hinaus sind die NanoMat-Partner an insgesamt 71 Patenten und 19 Lizenzen sowie 88 laufenden Kooperationsverträgen mit der Industrie im Bereich der Nanotechnologie beteiligt. Ein Ziel von NanoMat ist es, innovationsfreundliche Rahmenbedingungen für den Transfer von Forschungsergebnissen zu gewährleisten. Es gibt bereits neun Spin Offs, jeweils zwei von der GKSS-Forschungszentrum Geesthacht, vom Fraunhofer-Institut für Silicatiforschung (ISC) Würzburg und von der Universität Bremen (IMSAS), jeweils eines von der Universitäten Essen-Duisburg und RWTH Aachen sowie vom Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung in Bremen.

NanoMat bietet die Möglichkeit, interdisziplinär und institutsübergreifend zusammen zu arbeiten und dabei zu neuen, unerwarteten Lösungen und Erkenntnissen zu gelangen. Die Begeisterung, über ganz neue Ansätze nachzudenken und sich mit den Netz-

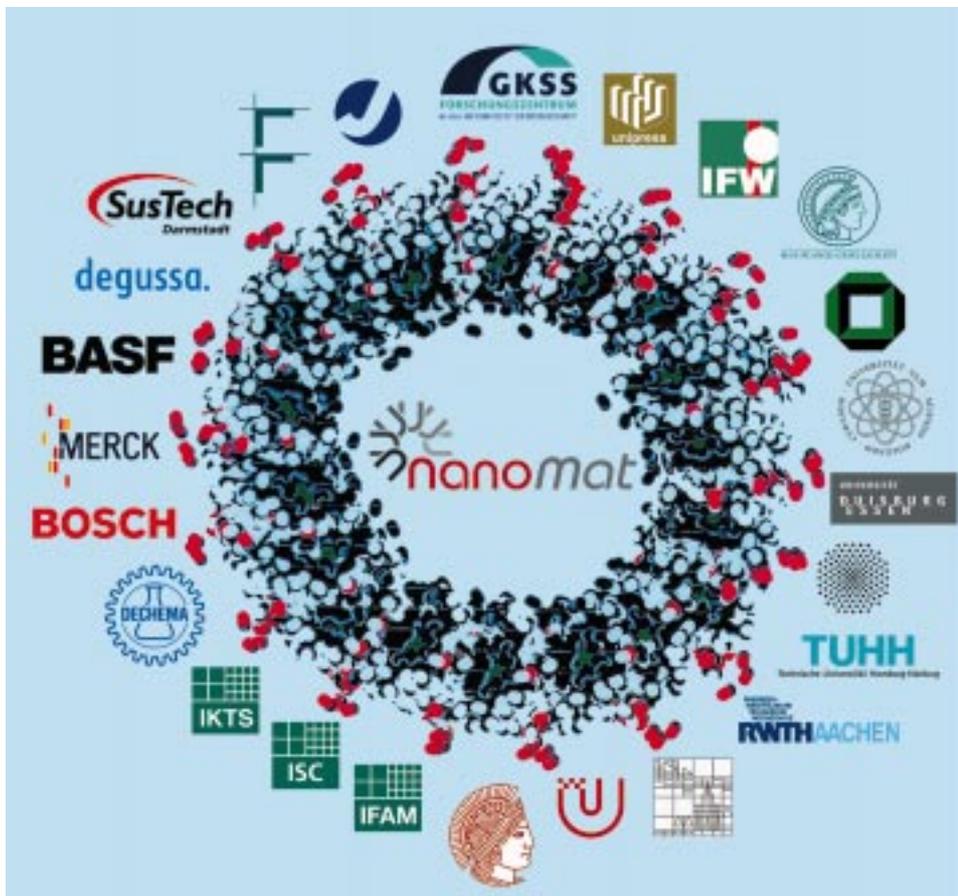


Abb. 1: Die Partner von NanoMat.

werkkollegen auszutauschen, macht das Flair von NanoMat aus und fördert die Innovationsdynamik.

Organisation und Mitglieder

Der NanoMat-Rahmenvertrag regelt die Rechte und Pflichten der Partner. Die Geschäftsführerin Dr. Regine Hedderich ist für NanoMat verantwortlich. Sie wird von Dr. Michael Harms (Marketing), Dr. Susan Anson (EU-Projekte), Regina Schmidt (Sekretariat) und durch die Sprecher der NanoMat-Partner unterstützt. Alle Mitarbeiter der NanoMat-Geschäftsstelle stehen zur Hälfte ihrer Arbeitszeit für NanoMat zur Verfügung. Die effektive und leistungsstarke Infrastruktur im Forschungszentrum gewährleistet eine schnelle und präzise Projektabwicklung.

Zu den NanoMat-Partnern gehören (siehe Abb. 1):

- BASF AG,
- DECHEMA e.V.,
- Degussa AG Forschungszentrum Jülich GmbH,
- Forschungszentrum Karlsruhe GmbH,
- Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM,
- Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Sinterwerkstoffe IKTS,
- Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC,
- GKSS Forschungszentrum Geesthacht GmbH,

- Hochdruckforschungszentrum der Polnischen Akademie der Wissenschaften,
- Institut für Festkörper- und Werkstoff-Forschung Dresden,
- Max-Planck-Institut für Metallforschung,
- Merck KGaA Darmstadt,
- Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen,
- Robert Bosch GmbH,
- SusTech GmbH & Co KG,
- Technische Universität Darmstadt,
- Technische Universität Hamburg-Harburg,
- Universität Bremen (IMSAS),
- Universität Duisburg-Essen,
- Universität Karlsruhe (TH),
- Universität Konstanz,
- Universität Stuttgart,
- Universität Ulm.

NanoMat-Aktivitäten

Die „NanoMat-Szene“ ist eine öffentliche Veranstaltung, die jedes Jahr im April im Forschungszentrum Karlsruhe durchgeführt wird. Sie bietet zusätzlich zu Fachvorträgen und Laborbesichtigungen eine Kommunikationsplattform für die Nanoszene. Die 5. NanoMat-Szene war ein Jubiläum mit großer Gala. Begonnen wurde am Morgen mit einem exzellenten Vortragsprogramm in der Aula des Forschungszentrums. Fit für Innovationen – unter dieser Rubrik erlaubte Dr. Andreas Gutsch einen Einblick in die

strategischen Planungen der Creavis AG (Degussa AG). In einem so genannten Science-Business-Center werden Mitarbeiter der Degussa, Wissenschaftler aus internationalen Forschungseinrichtungen und Kunden der Degussa unter einem Dach zusammenarbeiten.

Den besonderen Reiz der NanoMat-Szene macht die Kombination von Vorträgen aus Industrie und Forschungseinrichtungen aus.

Dr. Dominik Kramer, Institut für Nanotechnologie des Forschungszentrums (INT) berichtete von nanoporösen Metallen, die elektrische in mechanische Energie umwandeln. Die als „Muskeln aus Metall“ bekannt gewordenen Strukturen besitzen z. B. ein hohes Anwendungspotential für mikroskopische Ventile. Dr. Ralph Krupke erläuterte das am INT entwickelte Verfahren zur Trennung von metallischen und halbleitenden Kohlenstoff-Nanoröhren, das als Durchbruch zu ihrer Nutzbarmachung gilt. Für die Merck KGaA berichtete Dr. Bernhard Rieger über die Herstellung von Flüssigkristallen für Flachbildschirme. In seinem Vortrag über die Risiken und Chancen der Nanotechnologie wies Dr. Stephan Altmann von der BASF AG auf die Verpflichtung der Industrie hin, die gesundheitlichen Auswirkungen von Nanopartikeln zu untersuchen. Die Präsentation von Prof. Wolfgang Heckl mit dem Thema: „Molecular Self-Assembly – A Key Technology in Nanoscience and Templating“ stellte den gelungenen Schluss des wissenschaftlichen Teils der diesjährigen Szene dar, für die mit

über 150 Teilnehmern ein neuer Rekord aufgestellt wurde.

Wie erfolgreiche Kooperation zwischen NanoMat-Partnern aussehen kann, zeigen die von Dr. Stefan Walheim (INT) entwickelten Nano-Antireflexschichten. Ausgangspunkt war die Dissertation „Micrometer and Sub-Micrometer Structure Formation of Phase Separating Polymer Films“ (<http://www.ub.uni-konstanz.de/kops/volltexte/2000/552/>) an der Universität Konstanz, dann folgte die Veröffentlichung in Science (1999, Band 283, Seite 520-522) und die Weiterentwicklung im Institut für Nanotechnologie im Forschungszentrum Karlsruhe.

Bis zur erfolgreichen technischen Umsetzung einer Idee ist es oft ein langer und mühsamer Weg. Bei den nanoporösen Polymerfilmen nutzt man die Interferenz von Licht an dünnen Schichten (Abb. 3, 4 und 5). Eine optimale Entspiegelung von Glas sollte einen Brechungsindex $n = 1,22$ haben. Herkömmliche Materialien mit Brechungsindizes $n < 1,3$ sind jedoch nicht bekannt. Das



Abb. 2: Die weltweit erste Uhr mit Antireflexwasserzeichen. Das Verfahren basiert auf einer gemusterten nanoporösen Antireflexschicht auf der Innenseite des Uhrglases.

von Stefan Walheim entwickelte Verfahren macht es möglich Schichten mit dem geforderten Wert herzustellen. Die Transmission einer unbeschichteten Glasplatte beträgt etwa 92%. Beschichtet man beide Oberflächen

mit den nanoporösen Filmen so werden 99% des sichtbaren Lichts durchgelassen. Mit dem Grad der Porosität kann der effektive Brechungsindex sehr leicht in einem Bereich von 1,05-1,6 eingestellt werden. Durch die

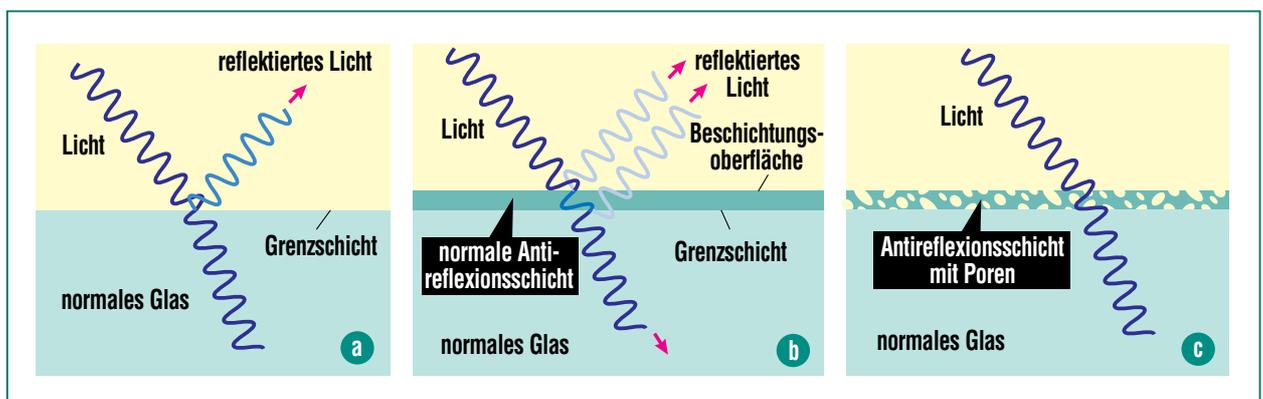


Abb. 3: a) Etwa 4% des einfallenden Lichts werden an einer Glasoberfläche reflektiert. Die Reflexion beruht auf der abrupten Änderung des Brechungsindex (n) an der Grenzfläche zweier Medien. b) Mit einer Beschichtung unter $n < 1,52$ kann die Reflexion vermieden werden. c) Erst mit einer Beschichtung mit $n = 1,22$ kann die Reflexion (für eine Wellenlänge) vollständig unterdrückt werden.

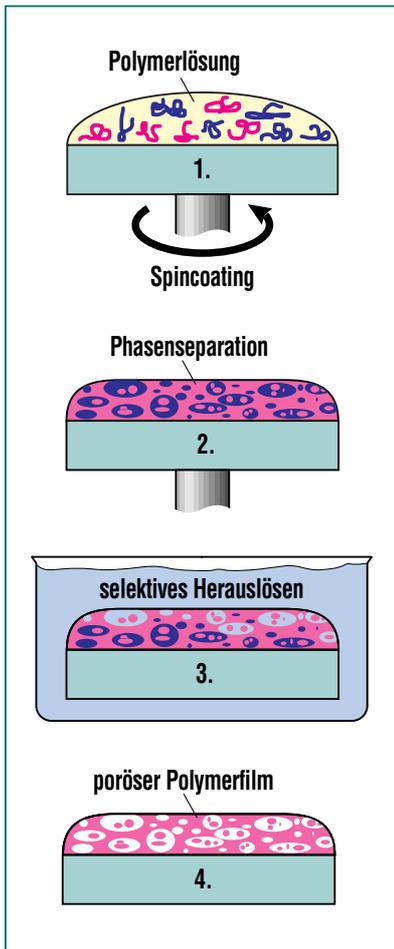


Abb. 4: Schematische Darstellung des Herstellungsprozesses, beispielsweise beim Spincoating.



Abb 6: Links entspiegeltes Uhrenglas mit dem neuartigen Antireflexwasserzeichen. Nur das LOGO reflektiert wie die zum Vergleich nicht entspiegelte Uhr rechts.

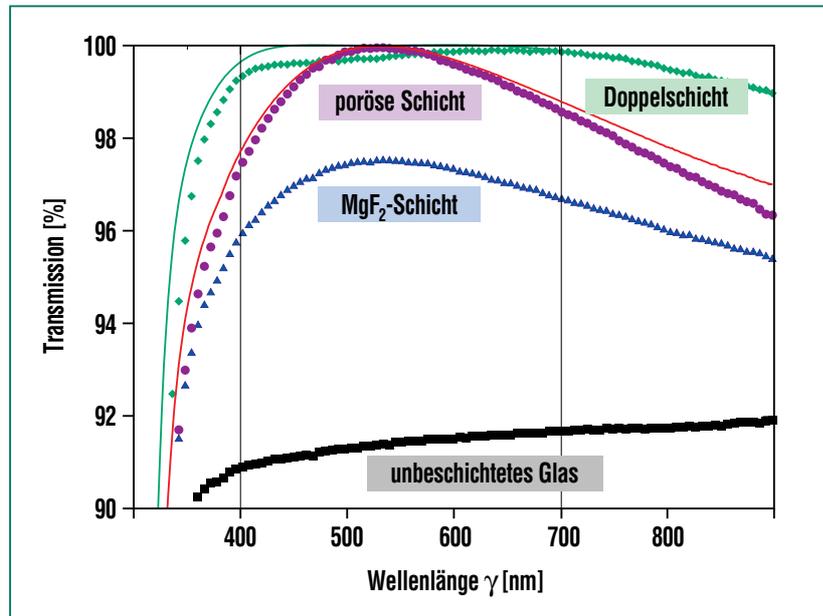


Abb. 5: Transmission einer beidseitig beschichteten Weißglasplatte: Eine einfache MgF_2 -Beschichtung (blau) zeigt eine deutlich höhere Restreflexion als die neuartige Polymerbeschichtung (violett). Kombiniert man eine MgF_2 -Schicht mit einer Polymerschicht mit $n = 1.44$, so kann eine Transmission von 99.7% erreicht werden (grün, gemittelt von 400-700nm). Die durchgezogenen Linien sind berechnet.

Bereitstellung von Schichten mit derart niedrigem Brechungsindex können Vergütungen mit extrem hoher Bandbreite und gleichzeitig hoher Transmission erzielt werden.

Das Anwendungsspektrum der Antireflexschichten ist breit gefächert und reicht von Abdeckungen für Solarkollektoren bis zur Entspiegelung von Uhren gläsern (Abb. 2).

Das Besondere bei der Entspiegelung von Gläsern ist, dass gleichzeitig ein Logo erzeugt werden kann, zum Beispiel das NanoMat-Logo als „Wasserzeichen“ auf dem Uhrglas, das nur in einem bestimmten Blickwinkel gesehen werden kann (Abb. 6).

Dienstleistungen

NanoMat bietet folgende Dienstleistungen an:

- Koordinierung der Forschung
- Internationale Aktivitäten
- Aus- und Weiterbildung
- Beratung und Projektmanagement
- Technologietransfer
- Unternehmensgründungsinitiativen
- Tagungen und Seminare
- Messen und Ausstellungen
- Öffentlichkeitsarbeit

Aus der Fülle der Dienstleistungen sollen die Aus- und Weiterbil-

derung und der Bereich Tagungen und Seminare näher vorgestellt werden.

Aus- und Weiterbildung

Im Bereich der Lehre werden Vorlesungs-, Seminar-, Diploman- und Doktorandenbetreuung in den Fachbereichen Physik, Chemie, Ingenieurwissenschaften von NanoMat-Mitgliedern der Universitäten Aachen, Darmstadt, Essen, Hamburg-Harburg, Karlsruhe, Konstanz, Saarbrücken, Straßburg, Stuttgart und Ulm angeboten.

Das Förderprogramm der Nachwuchswissenschaftler „Nanotechnologie“ des BMBF, das die Forschungsministerin Edelgard Bulmahn zur NanoDE 2002 in Bonn ausgerufen hatte, trägt erste Früchte. Der Projektträger Jülich und NanoMat veranstalteten das Networking Treffen der Nano-Nachwuchswissenschaftler am 22. November 2004 in Karlsruhe mit dem Ziel, wichtige Informationsimpulse in Richtung Verwertung und Ausgründung zu geben und die Vernetzung unter den Forschern zu fördern. Während der Begrüßung und Eröffnung sprach MinDir Dr. Stöffler (BMBF) voller Stolz und Zuversicht von den jungen Nanologen. Prof. Popp (Vorstandsvorsitzender des Forschungszentrums Karlsruhe) zeigte die Bedeutung von Exzellenzgruppen für den deutschen Forschungsstandort auf.

Im ersten Block der NanoMat-Akademie gab es Denkanstöße in Richtung Verwertung und Ausgründung: Dr. Andreas Gutsch sprach über das Thema: „Vom Laborversuch zum Produkt –

Strategien für ein Business Development“. Seine Erfahrungen als Gründer gab Dr. Gebel, nanoparc GmbH preis. Er hob hervor, wie wichtig der erste Kunde für eine Neugründung ist. Danach beleuchtete Dr. Lamprecht, AdAstra GmbH, die finanzielle Unterstützung durch Risikokapital – Potenziale in Deutschland. Patentanwalt Dr. Lang verwies auf die Notwendigkeit, vorhandenes Wissen zu schützen, und erklärte welche Chancen, Tricks und Fallstricke mit Schutzrechten verbunden seien. Den Reigen der Akademie beendete der Vortrag „Verwertung – Strategien für die Vermarktung“ von Dr. Stumpf, Transmit GmbH.

Im Block 2 stellten die Gruppenleiter sich und Ihre Arbeit vor. Der Projektträger in Jülich und NanoMat werden die Nano-Nachwuchswissenschaftler auch zukünftig begleiten.

Messen und Tagungen

Mitglieder des Netzwerks NanoMat organisieren wichtige internationale Konferenzen und arbeiten in Programmkomitees mit (MRS, Nano2004, EUROMAT, Nanofair). Der deutsch-israelische Workshop im Februar 2002 und der deutsch-chinesische Workshop im August 2002 wurden erfolgreich im Forschungszentrum Karlsruhe durchgeführt.

Die Konferenz NanoDE in Bonn im Mai 2002, initiiert durch das BMBF, wurde von NanoMat organisiert. Sie diente zur Standortbestimmung der Nanotechnologischen Forschung in Deutschland und zur strategischen Ausrichtung der zukünftigen bundes-

staatlichen Forschungsförderung. Das Netzwerk NanoMat gestaltete das Themenforum 5 „Materialien der Nanotechnologie“ im großen Plenarsaal.

Die Nano2004 / NanoDE (20.-24. Juni) war mit über 1.000 Teilnehmer aus 48 Ländern eine der bedeutendsten wissenschaftlichen Veranstaltungen zum Thema Nanotechnologie weltweit. An vier Tagen wurden in zehn Plenarvorträgen, 119 Vorträgen und 521 Postern die neuesten Ergebnisse im stilvollen Ambiente des Kurhauses Wiesbaden präsentiert. Die Organisation hatte die DECHEMA übernommen – seit Mitte des Jahres auch Mitglied bei NanoMat. Die Partner von NanoMat waren entscheidend in der Ausarbeitung des Programms engagiert. Prof. Horst Hahn (INT) und Prof. Rüdiger Bormann (GKSS) hatten den Vorsitz übernommen. Zwölf weitere NanoMat-Sprecher beteiligten sich aktiv im Wissenschaftskomitee der Nano2004, darunter aus der Industrie Dr. Andreas Gutsch (Degussa AG), Dr. Ralf Anselmann (Degussa AG, vormals Merck KGaA), Dr. Rüdiger Iden (BASF AG), Dr. Tilo Weiß (Sustech Darmstadt) und Prof. Werner Grünwald (Bosch AG).

Das Programm der Session „Chances and Risks of Nanomaterials“ am Mittwoch Nachmittag wurde komplett von NanoMat gestaltet, da hier die Kompetenz in Nanomaterialforschung, Toxikologie und Technikfolgenabschätzung gebündelt wird. Passend dazu fand eine Podiumsdiskussion zum selben Thema statt, u.a. mit Dr. Doug Parr von Greenpeace.

Das Netzwerk NanoMat ist aktiv im DECHEMA-Arbeitskreis „Responsible Production and Use of Nanoparticles“ und veranstaltete die Workshopreihe NanoVision, im Dezember 2004 mit dem Thema „Maßgeschneiderte Nanopartikel am Arbeitsplatz“. NanoMat sieht seine Aufgabe darin, zwischen Wirtschaft und Wissenschaft Lösungsmöglichkeiten für die offenen Fragen zu vermitteln.

Die Nanofair (neue Ideen für die Industrie) wurde nach dem Auftakt in Straßburg 2002 und der Fortsetzung 2003 in Dresden im Jahr 2004 erfolgreich in Karlsruhe mit einem neuen Teilnehmerrekord fortgesetzt. 385 Teilnehmer aus 25 Ländern trafen sich im Kongresszentrum, um Fachvorträge in den Rubriken Nanomaterialien, Nanoelektronik, Nano-Mikro-Interfaces, Optik, Automotive und Life Sciences zu verfolgen.

Die Gestaltung des wissenschaftlichen Programms lag federführend bei NanoMat. Prof. Horst Hahn (INT) z.B. stellte in seinem Einführungsvortrag die Anwendungsmöglichkeiten von Nanomaterialien dar. Eine bemerkenswerte Aufwertung erfuhr die Nanofair durch die Einbeziehung der Gewinner des Nachwuchswettbewerbes „Nanotechnologie“. Ergänzt wurde das Symposium durch eine technische Ausstellung. Der gemeinsame Auftritt der bundesweiten Nano-Kompetenznetze wurde von der Geschäftsstelle NanoMat organisiert. Das Steinbeis Europa-Zentrum nutzte die Chance, für das EU-Projekt Nanoroad SME, an dem auch NanoMat aktiv beteiligt ist, eine Umfrage an Unternehmen bezüglich des zukünftigen

nanotechnologischen Bedarfs durchzuführen.

Da sich das Konzept der „Nanofair“ bewährt hat und sich die Teilnehmerzahlen seit der ersten Konferenz verdoppelt haben, soll die Reihe auf jeden Fall 2005 fortgesetzt werden.

Ausblick

Im weltweiten Vergleich ist Deutschland ein hervorragender Standort für die Nanotechnologie und wettbewerbsfähig. Exzellente Grundlagenforschung, gepaart mit anwendungsorientierter Forschung und dem Potential für maßgeschneiderte Produkteigenschaften, sind Kriterien für internationale Attraktivität. NanoMat hat international bereits einen guten Ruf. Das belegen die vielen Wissenschaftspreise und die zahlreichen Bitten um Aufnahme in das NanoMat-Netzwerk. NanoMat kooperiert bereits mit europäischen Netzwerken sowie mit INTAS 99-1216 (Stuttgart, St. Petersburg, Chernogolovka, Tomsk, Ufa, Barcelona, Belfort), weiter mit Tsukuba (Japan), der Qinghua University, der Beijing University und der Chinese Academy of Sciences in Beijing und Shenyang (China).

Das Netzwerk NanoMat ist auch im Lenkungsausschuss des Kompetenzfeldes Nanotechnologie des VDI vertreten, das u. a. als Berater und Ansprechpartner der Politik neue Forschungsrichtungen definiert, um die Technologieentwicklung zu steuern. Pressemitteilungen, Webseiten, Ausstellungen und Messen werden von der Geschäftsstelle im Forschungszentrum Karlsruhe für

das gesamte Netzwerk vorbereitet. In der Zeitschrift „Photonik“ gibt es in der Rubrik Nanotechnik regelmäßig Beiträge von NanoMat.

Fragestellungen der aktuellen Standortdiskussion und die Beiträge, die durch die Nanotechnologie geleistet werden können, werden von NanoMat verstärkt aufgegriffen werden, um sie in der Öffentlichkeit transdisziplinär zu erörtern. NanoMat wird Rundfunk- und Fernsehinterviews, Pressekonferenzen, Besucherführungen, Lehrerfortbildung und Schülerseminare sowie Vorträge in Volkshochschulen organisieren.