

SWISS ENGINEERING

100 Jahre

STZ

JUBILÄUM: 100 Jahre STZ

INNOVATION: Den Tüchtigen gehört die Welt

GESCHICHTE: Von Dampfmaschinen zur Industrial IT

FORSCHUNG: Der Innovationswettbewerb

NANO: Eine Reise in kleinste Dimensionen

ETHIK: Die Rückkehr zum menschlichen Mass

SWISS ENGINEERING STV: Bologna realistisch umsetzen



Eine Reise in kleinste Dimensionen

Von Elsbeth Heinzelmann*

Die Nanotechnologie wird von renommierten Forschenden rund um den Globus als die Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts angesehen. Entsprechend investieren führende Industrieländer viel Geld in die dafür nötige Grundlagen- und die angewandte Forschung. Die Schweiz förderte früh die Nanowissenschaft und -technologie. Sie zählt heute mit innovativen Nanoprodukten und -verfahren zur Weltspitze.

Der Sprung vom Millimeter zum Mikrometer war technologisch epochal. Die Mikrotechnik revolutionierte den Alltag, vom Airbag-Sensor über mikrooptische Systeme für CD- und DVD-Geräte bis hin zum Druckkopf im Tintenstrahldrucker. Sie erschloss in kaum zehn Jahren einen Multimilliardenmarkt und hatte eine enorme technisch-wirtschaftliche Hebelwirkung. Doch die Forschenden bewegten sich keineswegs in «Terra incognita», folgten doch die entwickelten Verfahren den bekannten Gesetzen der klassischen Physik.

Die Natur als Vorbild

Anders verhält es sich mit dem Nanometer, dem Millionstel Teil eines Meters. Werden Strukturen auf einige 100 oder 1000 Atome verkleinert, treten plötzlich bisher unbekannte physikalische Phänomene auf. Je nach Anordnung verschiedener Atomarten in Schichten oder Gittern lassen sich völlig neue Werkstoffeigenschaften erzielen. Dabei kann es sich um besondere Härten und Festigkeiten handeln oder um elektrische und magnetische Eigenschaften, die in Elektronik, Optoelektronik, Sensorik und Medizintechnik anwendbar sind. Nanotechnologie bedeutet nicht nur das Vordringen in stets kleinere Dimensionen. Ein wesentliches Potenzial steckt darin, die Vorgänge der belebten Natur zu analysieren und die gewonnenen Erkenntnisse zur Lösung technischer Probleme einzusetzen. Kommt man den Bauplänen der Natur auf die Schliche, wird verständlich, wie sich Materie auf molekularer Ebene selbst aufbaut und organisiert. Dieses Wissen

kann dann für die menschliche Gesellschaft positiv genutzt werden. Die Beherrschung solcher Prozesse eröffnet ein breites Spektrum von Anwendungen. In den Life Sciences bedeutet dies beispielsweise transportable Diagnosewerkzeuge, eine effiziente Suche nach Krankheitserregern und die gezielte Entwicklung neuer Medikamente. In der Informationstechnik sind hochdichte Speicher und leistungsfähige Prozessoren realisierbar, in der Umwelttechnik sinnvollere Materialkreisläufe sowie eine bessere Entsorgung und Reinigung von Luft und Abwasser. In der Energietechnik erschliesst die Nanoforschung neuartige Brennstoff- und Solarzellen sowie Batterien, die wirtschaftlich herstellbar sind.

Geschickte Köpfe vernetzen

Das traditionelle Know-how im Umgang mit Mikrometer-Präzision, aber auch die frühe massive Förderung der Nanotechnologie durch den Bund bewirkte, dass die Schweiz heute weltweit zu den führenden Innovatoren auf diesem Gebiet gehört. Im Jahr 1996 entstand das Nationale Forschungsprogramm «Nanowissenschaften» (NFP36) des Schweizerischen Nationalfonds. Universitäten, die beiden ETH und ihnen nahe stehende Forschungsinstitutionen aus Physik, Chemie, Materialwissenschaften und Biologie schlossen sich zu einer aktiven Nanogemeinschaft mit internationalen Beziehungen zusammen. Sie legten die Basis, damit später Anwender auf Resultate der Grundlagenforschung zurückgreifen konnten. Im Nationalen Forschungsprogramm «Supramolekulare funktionale Materialien» (NFP47) untersuchen und optimieren Forschende die physikalischen Eigenschaften neuartiger Materialien, die auf supramolekularen Strukturen basieren. Ebenfalls eine Initiative des Nationalfonds ist der «Nationale Forschungsschwerpunkt Nanowissenschaften» (NCCR). Das langfristig angelegte interdisziplinäre Forschungsprojekt beschäftigt sich mit Strukturen im Nanometerbereich und konzentriert sich auf Life Science, molekulare

Nanowissenschaften, Quantencomputer und -kommunikation, Nanomaterialien sowie auf die Grenzen heutiger Herstellungsverfahren, auf Manipulation und Messung. An der Universität Basel ist zudem der neue Studiengang «Nanowissenschaften» entstanden.

Die Umsetzung von Resultaten der Nanowissenschaft im Markt ist das erklärte Ziel des technologieorientierten Programms «TOP NANO 21» des ETH-Rats, betreut durch die KTI, die Förderagentur für Innovationen. Mit der Entwicklung neuer Technologien und Produkte, basierend auf dem Nanometer, stärkt es den Wirtschaftsstandort Schweiz, hilft mit Kooperationen zwischen Forschungsinstitutionen und Unternehmen, den Nanometer in Lehre und Forschung zu verankern. Junge Forschende werden ermutigt, zukunftssträchtige Ideen mit einem eigenen Unternehmen im Markt umzusetzen. Das «TOP NANO 21» führt gezielt Forschende mit Unternehmen zusammen und bringt Schwung in die Schweizer «Nanolandschaft». Wie sehr die Nanotechnologie in Zukunft den Alltag prägen wird, zeigt ein Blick hinter die Kulissen der Kooperationen im «TOP NANO 21».

Nano – Helping Hand in Life Sciences

Seit Jahren beschäftigen sich die Verantwortlichen des St. Galler Stickereiunternehmens Bischoff Textil AG mit der Frage, wie sie ihre Kompetenz in neue textile Anwendungen einbringen können. Gemeinsam mit der ETH Zürich und der Empa St. Gallen entwickelten die Stickereiexperten in einem MedTech-Projekt der KTI einen neuartigen Wundverband. Der Tissupor-Pad (Bild 1) ist ein gründlich durchdachtes System mit einer, der Wunde zugewandten, gestickten Grundstruktur aus PET/Polyamid. Sie wirkt stimulierend und fördert – ein Weltnovum – die gezielte Neubildung von Blutgefässen, was die Wundheilung beschleunigt. Wie die klinischen Studien zeigen, eignet sich der Pad besonders für Patienten mit langjährigen Wunden. Er ist für den Patienten angenehmer als traditionelle Verbände, lässt sich

Kommt man den Bauplänen der Natur auf die Schliche, wird verständlich, wie sich Materie auf molekularer Ebene selbst aufbaut und organisiert.

Ein wesentliches Potenzial steckt darin, die Vorgänge der belebten Natur zu analysieren und die gewonnenen Erkenntnisse zur Lösung technischer Probleme einzusetzen.



spielsweise die Empa mit der EPF Lausanne die Herstellung keramischer Nanopulver für Festoxid-Brennstoffzellen (Bilder 2 und 3). Ausschlaggebend für die Leistungsfähigkeit dieser Solid Oxide Fuel Cells (SOFC) ist die Nanostruktur der keramischen Kathode bei einem Hochtemperaturbetrieb, also bei 800 °C, über normale Zeitabschnitte von über tausend Stunden. «Je kleiner die Partikelgrösse, umso geringer der Spannungsverlust an den Grenzflächen», konstatiert Dr. Peter Holtappels, Projektleiter an der Empa. «Sind die Partikel zu grob, resultiert bei Hochtemperaturbetrieb ein Abfall der Leistungsdichte.» Um möglichst leistungsstarke Kathoden zu erzielen, realisieren die Projektpartner im «TOP-NANO-21»-Herstellungsverfahren für Nanopulver, die sicher, kosteneffizient und skalierbar sind. Ziel ist die Stabilisierung der Partikelgrösse unter 500 nm während eines Langzeitbetriebs in hohen Temperaturen. Gleichzeitig untersuchen die Forscher ein neuartiges Mikrowellensintern auf Kathodenschichten von SOFC-Halbzellen, um den Zeit- und Energieaufwand in der Fertigung zu reduzieren und eine feine, homogene Kathodenstruktur zu erzielen. Industriepartner im Projekt ist die HTceramix SA in Lausanne, ein dynamisches Jungunternehmen mit CTI-Start-up-Label, das in dieser Technologie einen Weltmarkt wittert.

Optik mit Nano-Power

Ein viel versprechender Zukunftsmarkt ist die Optik, in der Schweizer Forschende zur Weltspitze zählen. In der Herstellung optischer Instrumente kommt der Klebbindung von zwei oder mehreren Glaskomponenten grosse Bedeutung zu. «Marktgängige optische Klebstoffe haben typischerweise einen Brechungsindex von $n = 1,46$ und $1,58$, eignen sich daher nicht für Klebbindungen von Glas mit hohem Brechungsindex ($n = 1,60$)», bemerkt Dr. Thomas Graule der Empa. «Heutige Klebbindungen müssen oft extremen Anforderungen genügen sowie eine hohe Übertragung und niedere Streuung aufweisen.» Im «TOP NANO 21» erarbeitet des-

leicht anwenden, muss weniger häufig gewechselt werden und senkt dadurch die Behandlungskosten. Die Crew der inzwischen gegründeten Tissupor AG will aber einen Schritt weiter gehen. Im «TOP NANO 21» arbeitet sie mit Forschern der ETH Lausanne an speziellen Nanopartikeln aus Titanoxid. Nanometergrosse Partikel aus TiO_2 zeigen eine antibakterielle Aktivität, weshalb die Projektpartner untersuchen, wie sich diese in die Gewebestruktur des Pads einbauen lassen. «Der Markt verlangt zusehends nach

antibakteriellen Wundverbänden für chronisch Kranke», konstatiert Dr. Mario Billia, Direktor der Tissupor AG. «Die benötigten Additive sind preisgünstig. Mit der Integration dieser TiO_2 -Nanocluster in den Pad erzielen wir eine Innovation hoher Wertschöpfung, die weltweit einzigartig ist.»

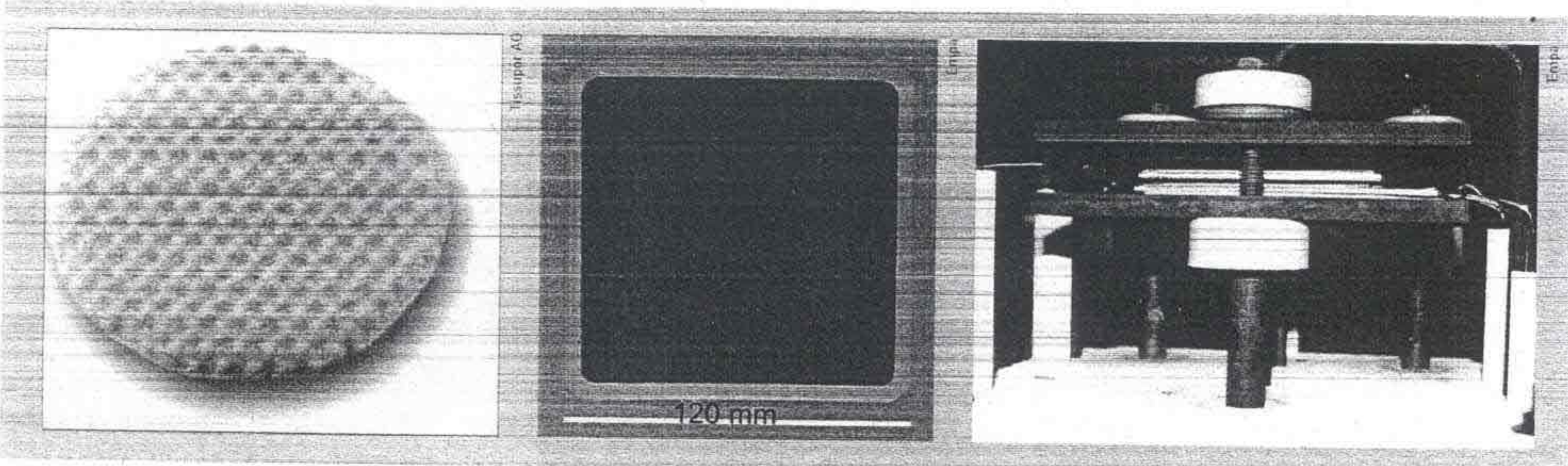
Neuartige Werkstoffe dank Nano

Neben den Life Science erschliesst die Nanotechnologie besonders in der Werkstofftechnik neue Möglichkeiten. So untersucht bei-

(v.l.n.r.)

Der Tissupor Wound-Pad: Antibakterielle Wirkung dank speziellen Nanopartikeln aus Titanoxid. (Bild 1)
 Einzelne Festoxidbrennstoffzelle. Auf die Brenngaselektrode (grün) sind eine dichte (hier transparente) Elektrolytschicht und anschliessend die Lufterlektrode (schwarz) aufgetragen. Durch die Verwendung von Nanopulver soll die Leistungsfähigkeit der Lufterlektrode verbessert werden. (Bild 2)

Bild 3. Für technische Anwendungen werden mehrere Zellen zu einem so genannten Stack aufgestapelt. (Bild 3)



halb er und Dr. Beat Keller zusammen mit Entwicklungsingenieuren des Unternehmens Unaxis Optics in Balzers einen neuartigen Klebstoff mit einem Hybridmaterial aus Nanopartikeln, das unerwünschte Reflexionen und Streuverluste an der Grenzfläche zwischen Klebstoff und Glas reduziert. Die Unaxis Optics peilt rasch wachsende Märkte an, wie Digitalprojektoren und Biochips. Die Montage optischer Komponenten gehört nebst dem Dünnschicht-Design und Beschichtungs-Know-how zu den Kernkompetenzen der Firma. Nanotechnologie erschliesst innovative Neuerungen, die einem Unternehmen die nötige «Fitness» im globalen Wettbewerb verleihen.

Nano revolutioniert Oberflächen

In der Oberflächentechnik bewirkt Nanotechnologie einen wahren Technologiesprung. So kann beispielsweise die Fotokatalyse mit nanokristallinem Titanoxid effizient in der Luftreinigung eingesetzt werden. TiO₂-Nanopartikel (Bilder 4 und 5) dienen als Fotokatalysatoren auch in selbstreinigenden Anstrichen, können in Form fotokatalytisch aktivierter Wände, Decken und Böden zu besseren und gesünderen Lebensbedingungen führen. Für solche Farbanstriche und Sprays, die Schmutz, Gerüche und Bakterien sozusagen eigenhändig abbauen, bestehen lukrative Absatzmöglichkeiten in Restaurants, in der Lebensmittelverarbeitung, in der chemischen

und elektronischen Industrie, in Spitälern, Labors, Flughäfen und Weltraumlabor.

In einem Projekt des «TOP NANO 21» untersuchen Forscher der EPF Lausanne mit der SwissOptic AG in Heerbrugg die Herstellung von Wasser und Schmutz abstossenden Oberflächenbeschichtungen für optische Präzisionskomponenten. «Erhöhen wir die Oberflächenrauheit optischer Devices, verstärkt sich zwar der Wasser abstossende Ef-

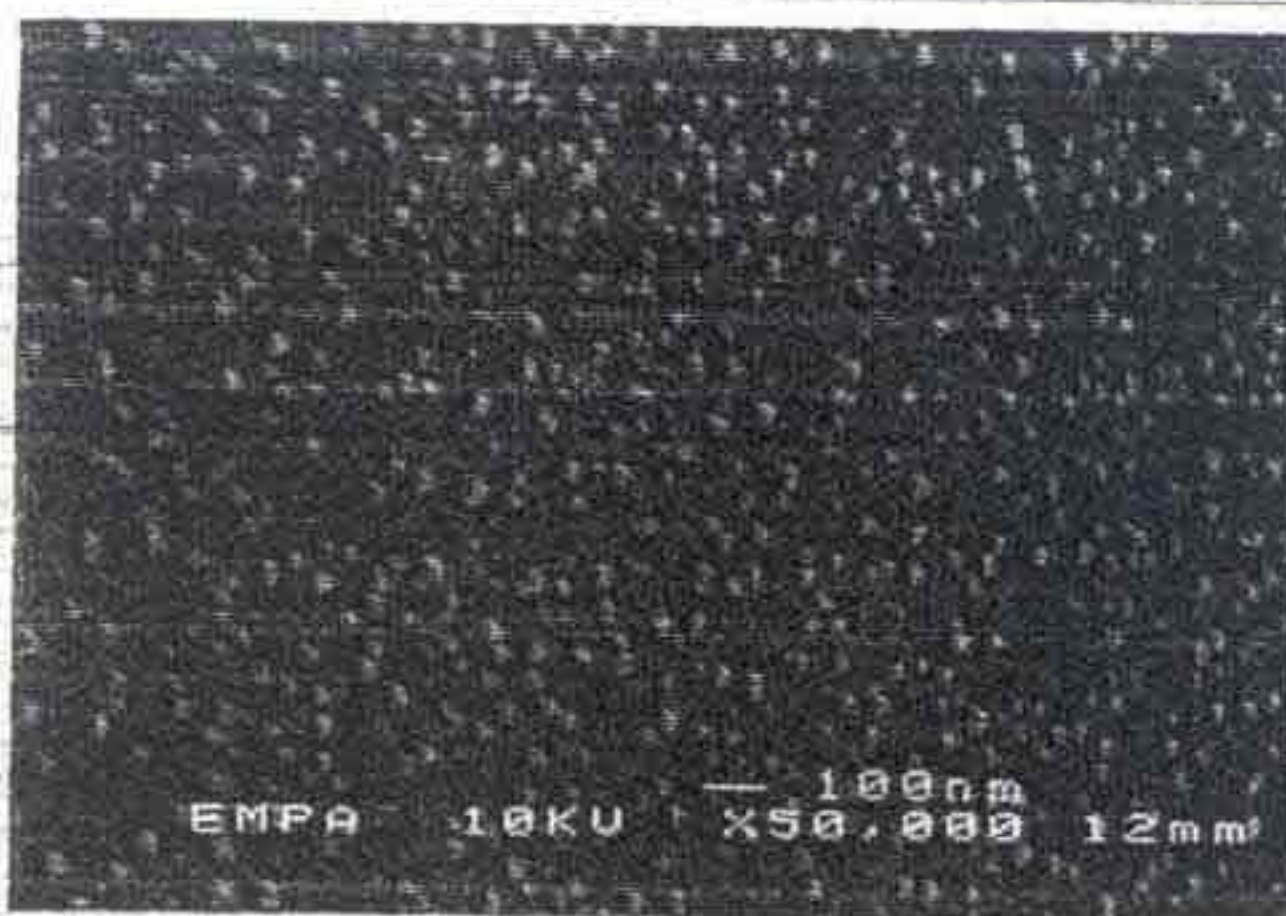
fekt, doch leidet die optische Qualität wegen der Verluste durch hohe Lichtstreuung», erläutert Patrik Hoffmann, Projektleiter des Instituts «Imagerie et Optique Appliquée» der EPF Lausanne. «Es geht im Projekt deshalb darum, eine effiziente Beschichtung zu entwickeln, die einen Mittelweg zwischen Oberflächenrauheit und Lichtstreuung darstellt.» Zusammen mit den Kollegen des Labors für Polymere und des Labors für metallurgische

Globaler Nanomarktplatz Schweiz

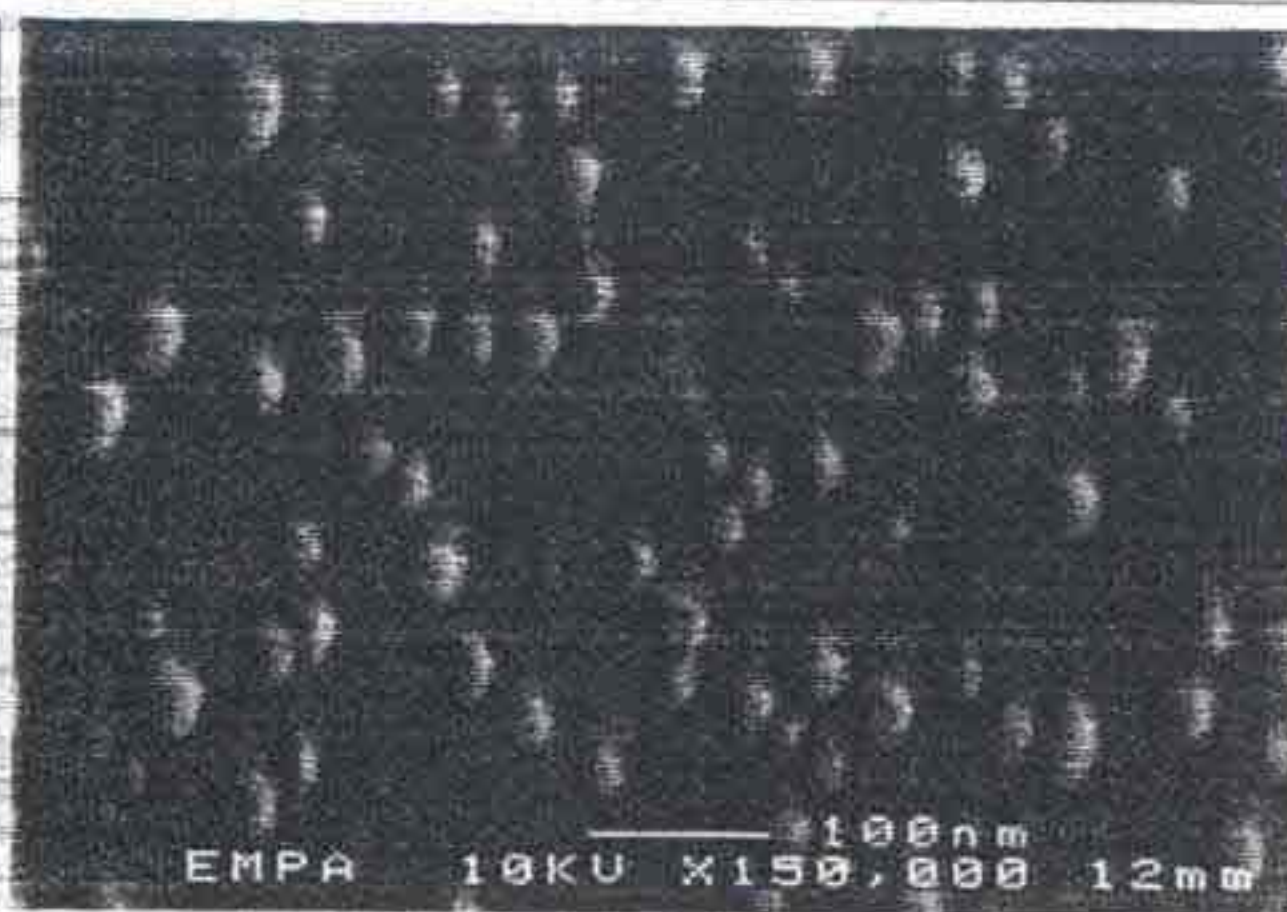
Im Dezember 2003 wird das technologieorientierte Programm für Nanoforschung, «TOP NANO 21», in einen Förderbereich der KTI überführt. Es ist also Zeit, Bilanz zu ziehen und zu zeigen, was konkret erreicht wurde. Gelegenheit dazu bietet die «Nanofair», die vom 9. bis 11. September 2003 auf dem OLMA-Gelände in St. Gallen stattfinden wird. Als internationale Plattform führt sie Vertreter aus Forschung, Bildung und Wirtschaft zusammen, sorgt so für die Verbreitung neuer Entwicklungen in den Nanowissenschaften und -technologien. Sonderschauen geben Einblick in den Stand der Nanotechnologie im Gastland USA, präsentieren Nanoinnovationen im International Exhibitors Forum. One-to-One-Meetings laden Interessierte ein, mit Partnern ihrer Wahl gezielt Problemlösungen zu diskutieren. Eine spezielle Sonderschau ist der Aus- und Weiterbildung im Nanobereich gewidmet. In der gleichzeitig von «TOP NANO 21» mit organisierten Nano-Conference stellen führende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus aller Welt neuste Resultate der Nanoforschung vor und erklären in einer Poster Session über 200 Projektergebnisse. Schwerpunkte betreffen Life Sciences, Optik und Elektronik, Werkzeuge und Sensorik, Materialien und Oberflächen, Business- und Finanzdienstleistungen sowie Aus- und Weiterbildung.

Infos zur Nanofair und Nano-Conference über die Homepage: www.nanofair.ch, zu «TOP NANO 21» über www.ethrat.ch/topnano21

In der Nanotechnologie steckt für die Schweiz eine grosse Chance.



Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme eines Titandioxid/Polyacrylat-Hybridmaterials mit einer ausgeprägten quasimonodispersiven Verteilung der TiO₂-Nanopartikel über einen weiten Bereich innerhalb der Polymermatrix (Synthese: B. Bommer, Empa). (Bild 4)



Bei 150 000facher Vergrösserung wird die Gleichförmigkeit in Durchmesser und Verteilung der nichtagglomerierten, sphärischen Partikel deutlich erkennbar (Durchmesser rund 20–30 nm, Bildverzerrung durch REM). (Bild 5)

Mit Innovationen am Ball bleiben

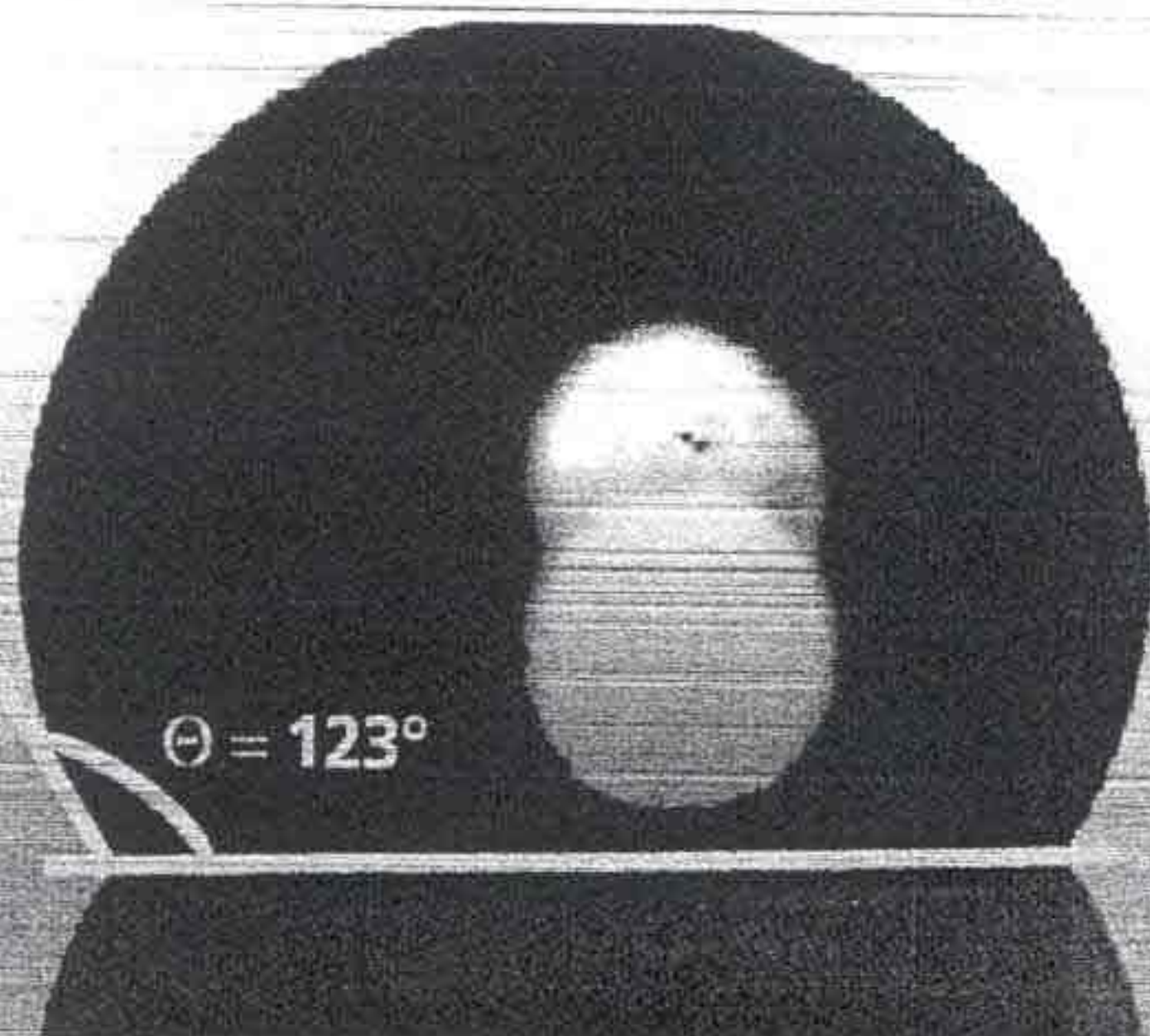
Wie diese Beispiele zeigen, steckt in der Nanotechnologie für die Schweiz eine grosse Chance. Gezielte Anstrengungen und eine grosse Menge an finanziellen Mitteln sind aber nötig, um diese Chance zu nutzen, investieren doch andere Länder riesige Summen in das «Nano-Business»: Für das Fiskaljahr 2002 steckte Japan 211 Mio. Yen in sein Programm Nanotechnologie und Materialforschung. In den USA plant das «President's 2003 Budget» 670 Mio. US-\$, wovon 221 Mio. allein in die National Science Foundation und 201 Mio. in den Defense-Bereich fliessen. Die Schweiz kann sich in Sachen Budget nicht mit diesen Industrieriesen messen. Doch hat sie einige Trümpfe in der Hand, allen voran die ausserordentlich hohe Qualität der Forschung. Wichtig ist es, dass die Rahmenbedingungen geschaffen werden und damit innovative Geister sich entfalten, der Wissens- und Technologietransfer zwischen Hochschulen und Unternehmen zügig fliessen können. Nur so ist es möglich, die Spitzenleistungen der Forschungsinstitutionen in der Nanotechnologie wirtschaftlich und nachhaltig zu nutzen, um mit Produkten hoher Wertschöpfung Wohlstand auf breiter Ebene zu schaffen. ■

*Elsbeth Heinzelmann, Journalistin Technik + Wissenschaft, Basel

Chemie der EPFL hob Patrik Hoffmann eine neue Beschichtung aus der Taufe (Bilder 6 und 7). Der Qualität ihrer Schicht fühlten die Forscher auf den Zahn, indem sie diese zusammen mit marktgängigen Glasmustern unterschiedlicher Beschichtungen in diversen Tests prüften. Dies geschah sowohl durch Lagerung an freier Luft, als auch mit simulierten Wetterbedingungen wie Wind, UV-Licht, Regen und Temperaturwechseln. «Während die Glasmuster ihre Wasser ab-

stossenden Eigenschaften teilweise oder ganz verloren, konnten unseren Prototypen weder Temperaturstürze, noch Feuchtigkeit oder UV-Licht etwas anhaben», zieht Patrik Hoffmann eine positive Bilanz. «Wir vermuten, dass die stärkere Bedeckung mit Silan-Molekülen diese ausserordentlich hohe Resistenz bewirkt.» Eine erhöhte Rauheit erzielen die Forscher durch Abscheidung von rund 5 nm grossen Silika-Nanopartikeln, durch fotolithografische Ätzverfahren oder durch Laserbearbeitung.

Mit Silika-Nanopartikeln realisieren EPFL-Forscher Wasser und Schmutz abstossende Oberflächenbeschichtungen für optische Präzisionskomponenten. Im Vergleich: Wassertropfen auf einem flachen (Bild 6) und einem rauen SiO₂-Substrat (Bild 7).



0.5 mm

