

# ABSTRACTS

## Nachhaltigkeit und ökologische Chancen der Nanotechnologie

*R. Nonninger*

Deutscher Verband für Nanotechnologie e.V., Saarbrücken

Der Aktionsplan Nanotechnologie 2015 der Bundesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, mit Nanotechnologie zu Wachstum und Innovation in Deutschland beizutragen. Dabei wird die Sicherheit und Nachhaltigkeit der Technologie in besonderer Weise betont. Interessanterweise wird aber fast ausschließlich von Sicherheitsaspekten gesprochen: Mögliche Umwelteinträge, Expositionsszenarien, ökotoxikologische Bewertungen oder einfach von dem Bedarf, potenzielle Risiken zu identifizieren. Nachhaltigkeit meint aber etwas anderes und eine nachhaltige Technologie geht weit über die Vermeidung von Risiken hinaus.

Eine nachhaltige Nanotechnologie leistet einen Beitrag dazu, dass die gegenwärtige Generation ihre Bedürfnisse befriedigt, ohne die Fähigkeit der zukünftigen Generation zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse ebenfalls befriedigen zu können. Damit rücken Fragen in den Fokus, wie natürliche Ressourcen geschont werden können, wie eine weltweite Versorgung mit Trink- und Brauchwasser gesichert werden kann oder wie sich seltene Rohstoffe ersetzen lassen. Insbesondere die Herstellung von Hochtechnologie-Produkten ist davon abhängig, wie seltene Rohstoffe, die auf nur wenige Lagerstätten der Erde verteilt sind, verfügbar sind. Hinzu kommt unsere Verantwortung, Verfahren zu entwickeln, um Stoffeinträge in die Umwelt zu verringern, Abfälle zu recyceln oder regenerative Energien zu fördern. Für all diese skizzierten Aufgabenfelder bieten nanotechnologische Verfahren und Produkte Lösungsansätze.

Man kann in Teilen der Gesellschaft unverkennbar einen Paradigmenwechsel in der Wahrnehmung von Wirtschaftswachstum und Zukunftsverantwortung beobachten. Statt ein bedingungsloses „Immer mehr, immer größer, immer weiter so!“ zu akzeptieren, stellt man sich die Frage: „Wie kann man Wachstum und Wohlstand – national und global – bei gleichzeitigem Schwinden endlicher natürlicher Ressourcen organisieren?“ Zwei Antworten sind denkbar: a) Verzicht (den man realistischer Weise weder in den reichen und schon gar nicht in den ärmeren Ländern einfordern kann) oder b) den Einsatz smarterer Technologien. Es ist darüber hinaus leicht vorstellbar, dass die aktuelle Produktionsweise und das Konsumverhalten eines Bewohners der Industrienationen, würde man sie auf den Weltmaßstab übertragen, sehr schnell die Kapazitäten der Erde überfordern würden.

Der Vortrag versucht an konkreten Beispielen aufzuzeigen, welche nachhaltigen Entwicklungen gerade durch den Einsatz der Nanotechnologie möglich werden: Neue Materialien für die Wasserwirtschaft, zur Etablierung neuer Energiespeichersysteme, zum Ersatz seltener Rohstoffe oder aber die effizientere Nutzung von Energie, verbunden mit einem verringertem Ausstoß von Schadstoffen.

Die Beispiele demonstrieren die Nachhaltigkeit der Nanotechnologie und zeigen, wie sie hilft, die Zukunftsfragen unserer Gesellschaft zu beantworten.

## **EUCEMAN – The European Center on MicroNanoReliability**

*T.Winkler<sup>1</sup>, B. Michel<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Berliner Nanotest und Design GmbH, Berlin

<sup>2</sup> Micro Materials Center Chemnitz and Berlin, Fraunhofer Institute for Electronic Nanosystems ENAS

EUCEMAN - The European Center for MicroNanoReliability was founded in 2005. It has become the most important European non-profit foundation in the field of reliability and lifetime promotion. (see [www.euceman.com](http://www.euceman.com)).

EUCEMAN promotes interdisciplinary research and development as well as co-operations in designated fields of reliability of materials, components and systems with particular focus on micro- and nanotechnologies, especially in the micro-nano transition region. Special attention is given to the application in the fields of business, science and technology.

The main focus is directed towards co-operations between scientists, the industry and society in general, and in particular between research institutions and industry. Specialists from about 20 countries participate in the activities of EUCEMAN.

EUCEMAN has organized important conferences and workshops worldwide. An outstanding event was the **1<sup>st</sup> world congress on MicroNanoReliability** in 2007 which was held in Berlin. About 500 participants from 41 countries gave presentations. Since then numerous conferences have been organized and supported by EUCEMAN in several countries.

EUCEMAN together with Fraunhofer Micro Materials Centers Berlin and Chemnitz is editor of the international publication series M& N on micro- and nanomaterials research which can be read in many famous libraries worldwide.

### **Some Results on Micro- and Nanoscience at Res. Inst. Tech. Phys. and Matl. Sci., MFA**

*I. Barsony, J. Gyulai*

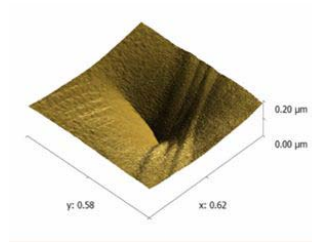
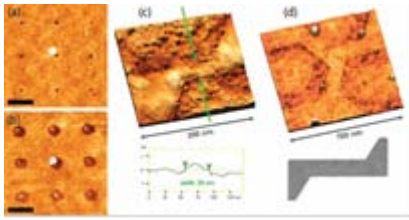
Research Centre for Natural Sciences  
Institute for Technical Physics and Materials Sciences, MFA, Budapest

The strategy of the institute focuses on integrated micro- and nanosystems, especially, on integrated sensors and actuators. This is the topic, where existing infrastructure allows up-to-date research for an institute with approx. twenty graduate students and eighty scientists.

Examples are chosen according to the departments.

Nanostructures Department (L.P. Biró) (<http://www.nanotechnology.hu/>)

A new nanolithography technique of graphene used the atomic force microscope (AFM) as a tool to induce selective chemical reactions at predetermined locations. The process enables to produce few nm wide stripes with precise crystallographic orientation. Combined with e-beam lithography, selective etching of graphene allows formation of hexagonal holes with, e.g., armchair edges (see figure).



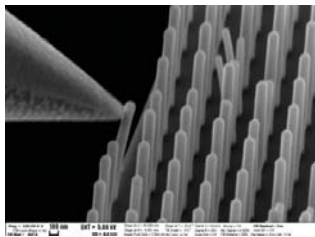
Microtechnology Department (I. Barsony, G. Battistig, P. Fürjes)

MEMS studies and devices are in focus. Within ENIAC, application of our tactile sensor in real time observation of car tire deformation is a main topic. A step-by-step development including device simulation studies, led the institute to develop a family of devices, ranging different gas sensors to microfluidics, lab-on-chip solutions in biosensing, selective molecule recognition in functionalized nanopores, etc.

Photonics Department (M. Fried ,J. Volk)

Optical micro-waveguides are adding to integrated sensor systems. ZnO nanorods were grown and their piezoelectric properties were studied.

Ceramics and nanocomposites (Cs. Balazsi)



Hydroxyapatite-based biocompatible carbon-composite structures were developed. Shown are  $\square$ CT images of nano-HAp grafted group at 8.

### Investigations about Annihilation of Gravity in the Micro-Nano Interface Region

*B. Michel*

Fraunhofer ENAS, Chemnitz und Berlin

The paper deals with some ideas to reduce the forces of gravity taking into account the interaction forces in the micro-nano interface regions. Field coupling equations on the phenomenological level constitute a set of nearly 50 differential equations which are more or less coupled. The field coupling also leads to different kinds of effects which may have an influence on the gravity forces as well. The authors present some possibilities to reduce the resultant local forces of gravity by optimization of interaction between the various fields. Mechanical, thermal, diffusion and other effects have been taken into account to increase or decrease the quantities of related interaction potentials to achieve a minimization effect for the resultant force of gravity.

Some possibilities of micro- and nanotechnologies basing on the special behavior of the interaction forces in these dimensions were taken into consideration to describe and vary the quantities of these interactions. Some ideas will be outlined to generalize this approach for larger areas (space research etc)

## Thermal Interface Characterization in the Micro-Nano Region

*M. AboRas<sup>1,2,3</sup>, R. Schacht<sup>4</sup>, B. Wunderle<sup>2,5</sup>, T. Winkler<sup>4</sup>, B. Michel<sup>2,3</sup>*

<sup>1</sup> Berliner Nanotest and Design GmbH,

<sup>2</sup> Fraunhofer Institute for Electronic Nano Systems ENAS, Chemnitz,

<sup>3</sup> Micro Material Center Berlin e.V.

<sup>4</sup> University of Applied Sciences Lausitz, Senftenberg,

<sup>5</sup> Technical University Chemnitz, Germany

Characterisation of thermal interface materials (TIMs) becomes even tougher a challenge at low bond line thicknesses and higher thermal conductivities of the interface materials as more accurate measurement techniques are required. Thermal characterisation methods for thermal interface materials (TIMs) narrate a long story of confusion, as results from different characterization methods often disagree formidably. Even worse, thermal conductivity values will be different when applied to the real device, likely to cause over-, or more often, fatally under designed thermal heat paths. The reason for this misjudgement is often that TIM characterization is done under laboratory conditions (e.g. polished surfaces, excessive pressure conditions) or disregarding technological influences (e.g. cure regime for adhesives, dissimilar surfaces).

In this work we present a new test system developed to be a platform with different modules for the characterization of the most common thermal interface materials under real condition as they occur in real assemblies. Following analyses can be performed by this test system:

Thermal properties, e.g.:

- Effective thermal conductivity
- Bulk thermal conductivity
- Thermal interface resistance
- Thermal transition coefficient
- Best of
- 

Interdependences and influences, e.g.:

- Thermal resistance as function of pressure and temperature
- Influence of temperature on thermal conductivity
- Thermal interface resistance as function of surface roughness
- Influences of curing conditions on thermal conductivity of thermal adhesives
- 

Reliability and aging behaviour, e.g.:

- Influence of mechanical loading on thermal properties of TIMs
- Influence of thermal loading on thermal properties of TIMs
- 

Scores of thermal interface material in different conditions were characterized by this new test system. In this paper we will present and discuss some of these results.

## Noble Metal Nanoparticles as Window into the Nanoworld

*Th. Schneider, N. Jabr, J. Wirth, O. Stranik, F. Garwe, A. Csaki, W. Fritzsche*

Institute of Photonic Technology (IPHT), Nano Biophotonics Department, Jena

Noble metal nanoparticles allow us to access certain aspects of the nanoworld. At the sensoric side, they provide the base for ultrasensitive detection because the binding of analyte molecules changes electrical and optical properties. These changes can be read-out using established approaches like microelectrodes or optical far-field techniques. So these particles connect the nanoworld with their enhanced or even novel sensoric abilities with the established technical environment. Special manipulation techniques such as dielectrophoresis allow for a parallel manipulation of particles and their integration into this environment. On the other side, the highly efficient light scattering abilities enable an optical readout even of single nanoparticles using quite established optical setups.

## Grundlagenforschung und Anwendungskonzepte im Bereich der Synthese und Charakterisierung hochfrequenztauglicher ferromagnetischer Nanokompositschichten

*K. M. Seemann*

Karlsruher Institut für Technologie KIT, Institut für Angewandte Materialien IAM - Angewandte Werkstoffphysik AWP

Im Rahmen des Vortrags wird die Herstellung, Konditionierung und Untersuchung ferromagnetischer Nanokompositschichten diskutiert, deren Hochfrequenzeigenschaften Informationen über die dynamischen Prozesse der magnetischen Momente liefern. Die Übergangsmetalle Fe und Co für z.B. Fe-Co-Hf-N-Schichten dienen hier als Basis für ein hohes magnetisches Moment und eine hohe Sättigungspolarisation gepaart mit einer eingepprägten uniaxialen Anisotropie, was zu hohen Permeabilitäten ( $> 100$ ), ferromagnetischen Resonanzfrequenzen ( $> 2$  GHz) und magnetoelastischen Effekten führt. Anwendungspotentiale findet man im Bereich mikroelektronischer HF-Bauteile (Mikroinduktoren), der Sensorik und der Abschirmung elektromagnetischer Wellen.

## Semiconductor Nanowires for Photovoltaics and Electronics

*M. T. Borgström*

Lund University, Solid State Physics, Sweden

Recently, semiconducting nanowires have been recognized as promising materials for high-performance electronics and optics where optical and electrical properties can be tuned individually. The feasibility of III-V nanowire integration with existing silicon processing technology due to the small footprint between the silicon substrate and the nanowire material has further sparked that interest. For device functionality, quantitative control of impurity doping levels is required. Therefore, investigations of growth parameters determining nanowire materials growth rates, composition and impurity doping are essential.

We studied the influence of doping on particle assisted nanowire growth as a function of partial pressures of precursors and evaluated the suitability of common bulk doping precursors for *in situ* *n*- and *p*- doping during particle assisted growth of InP nanowires. Different microscopy techniques were used to characterize the influence of the precursors on growth behaviour and wire morphology. Gate-voltage-dependent transport measurements demonstrate that the nanowires can be predictably synthesized as either *n*- or *p*-type.

For NWs to provide the new architecture for future electronic devices there is a strong need to take control over radial versus axial growth. For instance, a non-intentionally grown conducting shell can lead to short circuiting of an axially designed component. To this end, we report the use of HCl as an *in-situ* etching agent to control the relative radial and axial growth rates under InP NW growth conditions normally leading to strong tapering. We show that radial growth can be fully impeded by *in-situ* etching, allowing controlled design of axially defined NW materials by tuning the molar fraction of the etching agent.

By optimizing growth conditions with respect to tapering we created nanowire-based solar cells. InP nanowires were grown on InP substrates using gold seed particles, at a density of 4 per  $\mu\text{m}^2$ . DEZn and  $\text{H}_2\text{S}$  were used as doping precursors to create an axially defined p-i-n junction, while HCl was used to prevent radial overgrowth. The nanowires were about 1.5  $\mu\text{m}$  long. The nanowires were processed as-grown with a transparent top contact to create 1x1mm devices, with about 4 million nanowires contacted on each device.

The solar cells were investigated using a sun simulator with concentrations up to 1000 suns. Under 1 sun (AM 1.5) illumination, the best device showed an efficiency of 2.8% which is remarkable considering that the surface coverage was only about 2%. The  $V_{\text{OC}}$  was 0.78 V and the fill factor 78%.

## Lattice Mismatched Semiconductor Integration for Si Micro- and Nanoelectronics

*T. Schroeder, G. Kozłowski, A. Bauer, P. Zaumseil, Y. Yamamoto, B. Tillack*

IHP - Leibniz institute for innovative microelectronics, Frankfurt (Oder)

Germanium (Ge), the semiconductor from which the first transistors were prepared, is experiencing a renaissance in micro- and nanoelectronics due to its superior optoelectronic properties with respect to Silicon (Si). In “More Moore” research, Ge is attractive as high mobility channel material for p-channel MOSFETs. Furthermore, Ge is a hot candidate for photonics devices in “More than Moore” approaches due to its band gap value close to established telecommunication wavelengths. In all these applications, Ge materials quality on Si is of key importance and thus advanced, Si CMOS compatible heteroepitaxy approaches will be covered during the talk.

## Quantenbeschreibung der Kennlinien von Nanotransistoren: Theorie und Experiment

*U. Wulfl, M. Krablich<sup>1</sup>, H. Richter<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Lehrstuhl für Computational Physics, BTU Cottbus*

<sup>2</sup> *GFWW e.V. Frankfurt (Oder)*

In einer Reihe von Arbeiten wurde in unserer Gruppe ein skaleninvariantes Quantenmodell für den Transport in Nanotransistoren entwickelt. Durch relativ weitgehende Vereinfachungen des Systems wie eine eindimensionale Behandlung der Elektronendynamik und die Ersetzung der Vielteilchenwechselwirkung durch ein stückweise lineares effektives Einteilchenpotenzial wurde ein intuitiver Zugang ermöglicht. Im Vergleich mit experimentellen Kennlinien ergibt sich eine qualitative Übereinstimmung. Hier ist insbesondere die Existenz einer nahezu linearen Schwellkennlinie im Ausgangskennlinienfeld des Nanotransistors zu erwähnen. Diese trennt den Bereich von klassisch erlaubtem Transport im leitenden Zustand und den Bereich von Tunneltransport im quasi-gesperren Zustand. Quantitative Diskrepanzen zwischen Theorie und Experiment sind die natürliche Folge unserer vereinfachenden Annahmen. Im vorliegenden Beitrag wollen wir unser skaleninvariantes Quantenmodell vorstellen und zeigen, wie experimentell beobachtete kleine Strukturen auf der Schwellkennlinie durch Fowler-Nordheim-Resonanzen erklärt werden können. Diese Resonanzen beruhen auf der Welleneigenschaft des Elektrons und können daher nicht in einem quasi-klassischen Transportmodell erklärt werden.

## Paneldiskussion

### „Chancen für den Einzug der Nanotechnologie in konservative Geschäftsfelder“

*Moderation und Einführung: H. Grimmeiss*

University of Lund, Schweden

It is crucial that European higher education and research institutions can be linked together with the relevant business sectors to help boost innovation and economic growth. Excellence in innovation is achieved through a multitude of disciplines and sectors, from basic research to product design, from engineering skills to entrepreneurship. This is especially relevant for areas such as nanotechnology. Collaborating at the right stage of development can make all the difference to the success of research projects.

Hence, one of the intentions of the Panel Discussion is to discuss the key issues in Europe's economical strategy to respond to globally competitive European manufacturing, the "European Paradox" and its relevance to nanotechnology. This refers to the fact that Europe excels in the generation of scientific knowledge but lacks the ability to transfer this knowledge into products.

Another subject of interest is the fact that Nanotechnology is a multidisciplinary area with strong interaction with technology, which comprises many classical fields such as physics, biology, chemistry, medicine and mechanics. Though this complexity is one of its strengths, it is also the reason for a number of difficulties within the innovation process.

One of these difficulties relates to problems in communication during the transformation process of new ideas into something useful considering that in many European member states, the number of university professors with a background from the Private Sector is very limited. Furthermore, most European companies do not perform research anymore, but only development. With a few exceptions, most of the companies that are still in the research business are not performing long-term research to any large extent. As phrased by Commissioner Janez Potocnik, "*the main reasons for the decline in EU-27 R&D intensity are an insufficient growth in business R&D expenditure and the fact that EU companies have invested more outside of Europe, in particular in emerging research-intensive countries, than non-European companies have invested in Europe*". Short term thinking of the European industry combined with the resistance to take risks has made it difficult for university researchers to cooperate with the private sector in areas such as nanotechnology.

In one of the European Commission's communications (2004-353), the Commission worries about another issue, namely the fact that "*Europe lacks sufficient capacity to transform knowledge into products and services*". As one of the reasons for these shortages the Commission points out that "*today's infrastructure in Europe does not always meet the requirements of industry*". Are fablabs possible solutions?

These are only a few examples of subjects, which the Panel might be interested to discuss in more detail. However, the main objective of the Panel Discussion is not primarily to further analyze the existing weaknesses of the European Research Infrastructure but to find modes of procedures for improving the chances of transferring key areas such as nanotechnology into conservative business areas.

## **Charakterisierung von Kombinationswirkungen in Nanoliter-Fluidsegmenten und Anwendung auf die Bewertung toxischer Effekte durch Silber-Nanopartikel**

*J. Cao, A. Funjak, D. Kürsten, J. M. Köbler*

Institut für Mikro- und Nanotechnologie/Institut für Chemie und Biotechnik,  
Technische Universität Ilmenau

Während für viele einzelne Substanzen bereits detaillierte toxikologische Studien vorliegen, mangelt es an Daten zur Bewertung von Kombinationswirkungen. Dieses Problem stellt sich auch für die Bewertung der toxischen Wirkung von Silbernanopartikel, die z.B. in vielen Bereichen wegen ihrer antibakteriellen Wirkung eingesetzt werden. Die Zahl erforderlicher Einzeluntersuchungen steigt exponentiell mit der Anzahl der kombinierten Substanzen, wenn ein vollständiger Konzentrationsraum, d.h. wenn der Satz aller möglichen Konzentrationspaarungen untersucht werden soll. Dementsprechend steigen bei konventionellen Untersuchungstechniken der experimentelle Aufwand und der Verbrauch an Chemikalien. Zur Lösung dieses Problems wurde die Mikrofluidsegment-Technik herangezogen, die es erlaubt, bei sparsamstem Materialeinsatz größere Probenserien zu prozessieren. Dadurch konnten auch 2- und 3-dimensionale Konzentrationsräume in die Ermittlung toxikologischer Dosis/Wirkungs-Beziehungen einbezogen werden [1]. Dabei zeigte es sich, dass in der Toxizität von Silber-Nanopartikeln z.T. erhebliche synergistische Wirkungen mit anderen toxischen Substanzen, wie z.B. substituierten Phenolen auftreten.

## **Anwendung der Mikrofluidsegmenttechnik zur Präparation von plasmonischen Nanopartikeln**

*A. Knauer, J. M. Köbler*

Institut für Mikro- und Nanotechnologie/Institut für Chemie und Biotechnik,  
Technische Universität Ilmenau

Die Mikrofluidsegmenttechnik erlaubt die Realisierung schneller Mischprozesse und eine sehr enge Verweilzeitverteilung. Das schafft ideale Voraussetzungen für eine sehr homogene Keimbildung und gibt daher die Möglichkeit, Nanopartikel mit hoher Homogenität von Größe, Form und Zusammensetzung in einem kontinuierlichen Verfahren herzustellen. Deshalb wurde diese Technik zur Synthese von plasmonischen Nanopartikeln eingesetzt. Sowohl Kern/Hülle-Partikel als auch Doppelhüllen-Partikel aus Silber und Gold sowie prismatische Silberpartikel wurden synthetisiert. Durch die Wahl der Eduktverhältnisse lassen sich die Größe und die optischen Eigenschaften der Partikel durchstimmen. Je nach Zusammensetzung und Herstellungsverfahren liegen die Plasmonenbanden zwischen etwa 400 und 900 nm.

Außerdem bietet die Mikrofluidsegmenttechnik bei Einsatz eines programmgesteuerten Fluidtransports die Möglichkeit der Durchstimmung der Eduktverhältnisse in einem automatisierten experimentellen Programm. Die Produktqualität kann online durch Mikrophotometrie und Mikrospektralphotometrie gemessen werden. Dadurch können bei minimalem Chemikalieneinsatz größere Experimentserien realisiert und auch zwei- und mehrdimensionale Parameterräume untersucht werden.



## Biofunctional Materials – Towards Biomedical Devices via Nanotechnological Modification Methods

Joachim Storsberg<sup>1\*</sup>, Christian Schmidt<sup>1</sup>, Erik Wischerhoff<sup>1</sup>, André Laschewsky<sup>1</sup>, Norbert Naß<sup>2</sup>, Norbert Schrage<sup>3,4</sup>,  
Andreas Cordes<sup>4</sup>, Saadettin Selç

<sup>1</sup> Fraunhofer Institute Applied Polymer Research, Potsdam-Golm; \*corresponding author

<sup>2</sup> Martin Luther University Halle-Wittenberg, Department of Ophthalmology, Halle (Saale)

<sup>3</sup> ACTO Aachen Centre of Technology Transfer In Ophthalmology, Aachen

<sup>4</sup> Cologne Medical Centers, Department of Ophthalmology, Merheim Hospital, Cologne

<sup>5</sup> University of Erlangen-Nuremberg, Department of Ophthalmology, Erlangen

Polymer coatings with a thickness in the nanometer range offer an effective way to furnish interfaces with a desired bio-functionality, because they are convenient to apply and less prone to defects than thin layers composed of low molar mass compounds. We used thermo-responsive side-chain poly(ethylene glycol)s (scPEGs) for this purpose. In aqueous solution, these materials undergo a phase transition from soluble at low temperature to insoluble at elevated temperature; they exhibit a lower critical solution temperature. By choice of appropriate monomers, the transition temperature can be conveniently fine-tuned in the biologically relevant range between ambient temperature and 40°C. At interfaces, a collapse of the polymer chains occurs, which results in a change from a more hydrophilic to a more hydrophobic surface. This change in surface properties then allows an efficient control of cell adhesion. Contrary to conventional methods, cells cultured on thermo-responsive can be harvested without the risk of damaging cells and/or the extracellular matrix.

Secondly, we present a design of polymer surfaces to restrict cellular adhesion to defined areas, such as the skirt of corneal prosthetics. Nano-techniques, such as Layer-by-Layer coating, were used to tailor surfaces for bio-integration via the haptic skirt and cell free transparency of the optical part. Surgical epicorneal implantation revealed that the design of the device is suitably biologically integrated while maintaining a clear and cell free optic. Implantation demonstrated the viability of our concept of functionality and full biocompatibility of a corneal prosthetic.

Thermo-responsive scPEGs can also be tuned to exhibit responsive behaviour in isothermal conditions. This is feasible by introducing groups, which change their polarity upon exposure to another external stimulus (e. g. pH, electromagnetic radiation). Interestingly, it is also possible to induce responsiveness to biochemical species. To date, there are few examples of such systems responding to the presence of low molar mass species, mainly saccharides. However, many biologically relevant species, such as DNA, RNA or proteins, are macromolecules. Here, we present an example of a protein-responsive system to be used for diagnostic systems.

### Konstruieren mit DNS

*M. Mertig*

Physikalische Chemie, Mess- und Sensortechnik, Technische Universität Dresden und Kurt-Schwabe-Institut für Mess- und Sensortechnik Meinsberg e.V., Ziegra-Knobelsdorf

Desoxyribonukleinsäuren (DNS) sind aufgrund ihrer Fähigkeit zur molekularen Erkennung und damit zur Selbstorganisation besonders geeignet zur *Bottom-up*-Synthese von künstlichen Nanostrukturen. So können heute Strukturen mit einer Größe von Nanometern bis hin zu Mikrometern mit molekularer Präzision und hoher Effizienz synthetisiert werden.

Der Vortrag thematisiert die Herstellung von artifiziellen Nanoröhren mittels DNS, stellt verschiedene Techniken zum Aufbau von Nanoröhren vor und beschreibt die zugrunde liegenden Bildungsmechanismen. Es wird die Synthese von Nanoröhren aus Einzelsträngen mit einem einzigen

Sequenzmotiv und die Röhrenbildung mittels DNS-Origami vorgestellt. Es werden Möglichkeiten zur Kontrolle der geometrischen Parameter wie Länge und Durchmesser diskutiert.

### **Nanostrukturierte Adsorberpartikel für die extrakorporale Blutreinigung: eine Möglichkeit der selektiven Elimination von relevanten Substanzen beim akuten Leberversagen und bei der Sepsis**

*D. Falkenhagen, T. Buchacker, S. Harm, J. Hartmann, V. Weber*

Department für Gesundheitswissenschaften und Biomedizin, Donau Universität Krems,  
Österreich

*Einführung:* Das akute Leberversagen inklusive des sog „Acute on chronic liver Failure“ wie auch die Sepsis sind durch ihre komplexe Pathophysiologie charakterisiert, die im Falle der Anwendung extrakorporaler Blutreinigungsverfahren (EKB) ein entsprechend komplexes Herangehen bedingt. Bei der Nutzung derartiger Technologien kommt es ganz wesentlich darauf an, sog. proteingebundene (zumeist an Albumin-geb.) Substanzen effektiv und bei bester Blutverträglichkeit zu entfernen. Dazu gehören vorrangig das indirekte Bilirubin sowie aromatische Aminosäuren. Zusätzlich spielen Abläufe eine Rolle, die denen der Sepsis sehr ähnlich sind. Daher müssen Systeme entwickelt werden, die sowohl beim Leberversagen wie auch bei der Sepsis relevante Substanzen wie Endotoxine aber auch verschiedene pro- und antiinflammatorische Zytokine eliminieren können wie die Faktoren TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL4, IL6, IL-10 bzw. auch andere Mediatoren,

*Methodik:* Da die genannten Substanzen sehr unterschiedliche Eigenschaften haben bezogen auf Ladung, relative Molmasse, Proteinbindung etc. bedingt diese Tatsache die Anwendung von sog. Membran – Adsorptionsverfahren als EKB, bei denen der Blutkreislauf das Filtersystem und der an das Membranfilter angeschlossene Filtrat-Kreislauf die Adsorption einschließt. Das von uns entwickelte MDS (Microspheres Detoxification System) beinhaltet für die Adsorption Partikel, die in einer Suspension rezirkuliert werden, die im Mittel einen Durchmesser von 5  $\mu\text{m}$  aufweisen. Als Membranfilter dienen sog. Plasmaseparatoren, da die Endotoxine infolge ihrer Mycelbildung mit rel. Molmassen bis zu 2 Mill. nur mit derartig großporigen (0.3-0.5  $\mu\text{m}$ ) Membranfiltern in den Adsorptions-Kreislauf überführt werden können. Natürlich können mit diesen Filtern auch kleinere Substanzen wie insbesondere die Zytokine aber auch das an Albumin gebundene Bilirubin in den Adsorber-Kreislauf transferiert werden. Für die Adsorption wurden spezielle nanostrukturierte Mikropartikel auf der Basis von Styren – Divenylbenzol Copolymeren entwickelt mit Porengrößen von 15-20  $\mu\text{m}$ , 30-40  $\mu\text{m}$  sowie 80-100  $\mu\text{m}$ . Es handelt sich um hydrophobe Polymere, die neutral sind. Für die Elimination von Endoxinen wurde eine Oberflächenfunktionalisierung mit dem Antibiotikum Polymyxin B (PM-B) ausschließlich auf der Grundlage einer hydrophoben Wechselwirkung durchgeführt. Zur Verbesserung der Bioverträglichkeit erfolgte eine Beschichtung mit humanen Albumin.

*Ergebnisse:* 1. Mittels der unterschiedlichen Nanostrukturierung gelingt eine selektive Elimination dahingehend, dass die mit 15-20 nm strukturierten Partikeln vorrangig die Entfernung von Zytokinen ermöglichen, die mit 30-40 nm nanostrukturierten Partikel eine optimale Entfernung von indirektem Bilirubin bedingen und die durch 80-100 nm charakterisierten Mikropartikel mittels PM-B Funktionalisierung die beste Wirkung auf Endotoxine ermöglichen.

2. Die Beschichtung mit Albumin ermöglicht eine deutliche Verbesserung der Bioverträglichkeit, ohne dass die Effektivität der adsorptiven Prozesse signifikant beeinflusst wird.

*Schlussfolgerung:* Die Nutzung der Nanostrukturierung von Adsorberpartikeln ermöglicht eine selektive Elimination der verschiedenen für die Pathophysiologie des akuten Leberversagens bzw. der Sepsis wichtigen Substanzen.

## Application of Magnetic Nano- and Microspheres in Biomedical Research and Clinic

W. Schütt

Department of Medical and Pharmaceutical Biotechnology, IMC University of Applied Sciences, Krems, Austria

Important features make nanoparticles and microspheres interesting for *in vitro* and *in vivo* applications in biomedicine: biocompatibility, biodegradability, transport capacity, surface functionalization with biological active molecules, binding of fluorescent (Quantum Dots) or radioactive markers, increasing surface area with decreasing size and organ-specific targeting.

The development of magnetic responsive nano- and microspheres has brought an additional driving force into play. Magnetic forces can be used *in vitro* to move specifically bound molecules or single cells for further treatment in micro-devices and investigation on electronic microchip surfaces ("lab-on-a-chip"). These forces can be used for the separation and cleaning of bone marrow cells with immunomagnetic beads for further clinical transplantation.

The possibility to target and hold magnetic particles at pre-selected anatomical sites makes them very efficient and also highly specific for various clinical applications.

Apart from solving the magnetic targeting problems (the limited retention capacity of magnetic beads *in vivo*), intensive efforts are ongoing in the development of biocompatible magnetic carriers (e.g., magnetoliposomes). They can be used as sources to increase local temperature (hyperthermia), for local contrast enhancement in MR imaging, for local drug treatment and for genetic therapy. The release of drugs, nuclides or genetic vectors can be stimulated by the defined non-lethal temperature enhancement induced by a defined external electromagnetic field with specific frequency. The improvement of biocompatibility, enhancement of circulation time of carriers and sufficient magnetic targeting is in permanent discussion in order to reach a breakthrough in use of *in vivo* application.

At the moment, the accepted clinical applications are the *in vitro* separation of stem cells for transplantation, the use of modified nanoparticles for the contrast enhancement in magnet resonance imaging and local hyperthermia treatment of cancer. The development and application of drug-carrier systems for magnetic guidance and controlled delivery of drugs, genetic material and stem cells to the target are the most exciting topics of magnetic carrier discussions.

Interdisciplinary discussions are necessary for the development and application of new technologies in the complex field of life sciences. For this reason, we founded in 1996 in Rostock a bi-yearly international conference titled "Scientific and Clinical Applications of Magnetic Carriers". This conference held in Cleveland, Lyon, Tallahassee, Krems and Vancouver is going strong and welcomed almost 400 physicists, chemists, material scientists, engineers, molecular and cell biophysicists, clinicians and companies from more than 40 countries. The 300 scientific contributions included nanoparticle and microsphere syntheses, magnetic liposomes and their characterization (20%), magnetic separation and analytical methods (15%), biological and biophysical applications (15%), biosensors and lab-on-chip systems (10%). The clinical *in vivo* applications cover the rest 40% of applications and include magnetic imaging and contrast enhancement (10%), local magnetic hyperthermia (10%) and controlled drug delivery (20%).

The 9<sup>th</sup> International Conference will take place in Minneapolis, USA, May 22-26, 2012. [www.magneticmicrosphere.com](http://www.magneticmicrosphere.com).

## **Gesellschaftliche Herausforderungen im Umgang mit der Nanotechnologie**

*W. Luther*

Zukünftige Technologien Consulting, VDI Technologiezentrum GmbH, Düsseldorf

Die Nanotechnologie ist eine Schlüsseltechnologie für den Innovationsstandort Deutschland. Die dynamische Entwicklung der Nanotechnologie in den letzten Jahren äußerte sich in einem Anstieg öffentlicher Fördermittel, der Anzahl an wissenschaftlichen Publikationen, Patenten und Produktentwicklungen. Langfristig bietet die Nanotechnologie Optionen, um signifikante Lösungsbeiträge für globale Probleme in den Bereichen Gesundheit, Ernährung, Energie- und Rohstoffeffizienz, Umwelt- und Klimaschutz sowie der zivilen Sicherheit zu erzielen. Die zukünftige Entwicklung der Nanotechnologie wird dabei stark von den sozioökonomischen Rahmenbedingungen auf nationaler und internationaler Ebene abhängen. Herausforderungen ergeben sich speziell beim industriellen Einsatz von Nanomaterialien und damit verbundenen möglichen Risiken in Bezug auf den Verbraucher-, Arbeits- und Umweltschutz, die sich als Hemmnis bei der Vermarktung nanotechnologischer Produkte erweisen könnten. Studien zur öffentlichen Wahrnehmung von Risiken, Chancen und Nutzen der Nanotechnologie zeigen, dass die deutsche Bevölkerung derzeit dem Technologiefeld aufgeschlossen gegenüber steht, aber Anwendungen von Nanomaterialien vor allem in verbrauchernahen Produkten Konfliktpotenziale bergen. Der Risikoforschung im Bereich Nanomaterialien kommt dabei eine wichtige Rolle im Hinblick auf eine verantwortungsvolle Nutzung der Nanotechnologie zu. Angesichts eines absehbaren Fachkräftemangels in der Nanotechnologie stellen sich auch hinsichtlich der Ausbildung, Qualifizierung und Förderung von Nachwuchswissenschaftlern in Zukunft große gesellschaftliche Herausforderungen. Darüber hinaus werden Nanotechnologieentwicklungen zunehmend in einem ethischen Kontext diskutiert, beispielsweise im Hinblick auf einen Missbrauch der Nanotechnologie für militärische und terroristische Zwecke, dem Einsatz der Nanotechnologie zur medizinischen Leistungssteigerung beim Menschen oder einer Einschränkung der informellen Selbstbestimmung durch einen umfassenden Einsatz miniaturisierter Sensoren. Seitens der Bundesregierung sind im Rahmen des „Aktionsplans Nanotechnologie 2015“ umfangreiche Maßnahmen vorgesehen, um die Potenziale der Nanotechnologie verantwortlich und sicher nutzbar zu machen. Hierzu zählen neben der Forschungs- und Innovationsförderung auch die Sicherheitsforschung zu Nanomaterialien, der gesellschaftliche Dialog sowie die internationale Abstimmung bei der Anpassung regulatorischer Richtlinien in Bereichen des Arbeits-, Verbraucher- und Umweltschutzes. Auf Ebene der europäischen Kommission wird die Nanotechnologie im Rahmen des kommenden Innovations- und Forschungsförderungsprogramm Horizons 2020 als eine von sechs Key Enabling Technologies (KET) adressiert, denen eine zentrale Rolle für die künftige ökonomische und gesellschaftliche Entwicklung in Europa beigemessen wird.

### **Zur rechtlichen Haftung für schädliche Folgen des Einsatzes von Nanomaterialien – ein Neuland unter rechtstheoretischer Betrachtung**

*F. Peters*

Rechtsanwalt, Berlin

Das klassische Haftungsrecht – ob Verschuldenshaftung oder Gefährdungshaftung – ist ein auf den Einzelfall im bürgerlichen Alltag zugeschnittenes, im Hinblick auf Großtechnologien aber allzu schwerfälliges System aus rechtsnormativen Vorschriften und Entscheidungen, oszillierenden Begriffen und Wertungen. Deren Auslegbarkeit hat gerade bei Schäden durch Großtechnologien zu der bekanntlich längst überbordenden, weil an Interessen orientierten Gutachtenflut mit ihren häufig widersprüchlichen Ergebnissen geführt. Kurzum: Klassisches Haftungsrecht ist mit der in der Nanotechnologie repräsentierten Dynamik ihrer vermutlichen Risiken für Mensch und Umwelt nicht zu synchronisieren und reicht für eine angemessene Schadenskompensation nicht aus.

Den Staat trifft – vor dem Hintergrund des allgemeinen Wissens um die Ambivalenz von Großtechnik schlechthin und der durch viele Erfahrungen gefestigten Zweifel an ihrer ständigen Beherrschbarkeit –

bei der gesetzlichen Regelung des Einsatzes von Nanomaterialien bzw. -techniken schon wegen der jedenfalls bisher gegebenen Unkalkulierbarkeit ihrer Risiken eine besondere Fürsorgepflicht, welcher er nur durch Entwicklung strikter Vorsorgestrategien genügen kann. Zu diesen gehören nicht nur beispielsweise die Verpflichtung auf ständiges Risikomanagement oder der Erlass spezialgesetzlicher Regelungen betreffend die zivilrechtliche oder strafrechtliche Haftung von Verantwortlichen, sondern auch etatistische Vorkehrungen; denn durch Nanotechnologie verursachte Schäden können durchaus schnell das Ausmaß von Katastrophen – ähnlich den Naturkatastrophen – annehmen, bei denen nach allgemeiner Ansicht der Staat als „Retter in der Not“ mit personellen, technischen und finanziellen Mitteln einzuspringen hat und dies traditionell auch tut.

## **Nanoproducts in Medical Application: Risks on the Cellular Level**

*J. Vienken*

BioSciences, Fresenius Medical Care Deutschland GmbH, Bad Homburg

Polymers and biomaterials with nano-scaled functions are increasingly used for medical device technology. However, the assumed effects on cell-level are neither carefully described nor yet fully understood. This may be explained by a lack of analytical tools as well as by a focus on acute instead of chronic clinical sequelae.

Nanoparticles are able to cross the cell membrane by means of heterogeneous mechanisms, such as endocytosis and phagocytosis. As a consequence, processes based on oxidative stress can be observed in the cytoplasm, which may lead to inflammatory reactions. The subsequent formation of cytokines is well known and depends on the particle size and composition. Such mechanisms and the underlying background has to be known during the early phase of medical device development, e.g., when searching for optimal polymers and biomaterials. Implants or medical devices are regularly in contact with body liquids. Liquids, such as human blood are by far superior to many solvents in their capacity to extract loosely bound entities from biomaterials. Blood is able to wet all polymeric surfaces independent of their chemical composition. Due to its sometimes synergistically acting constituent parts, such as water, electrolytes, lipids, enzymes and hormones, leachables originating from biomaterials may enter the blood stream and subsequently interact with biological cells. This holds true preferentially under conditions of long or repeated biomaterial exposure.

How to simulate best the extraction of nano-scaled biomaterials after having had contact with blood or other body liquids during the developmental phase of medical devices? “ISO 10993-12“, published already in 2002, describes three different extraction media to be used for a straight forward characterization: polar, unpolar solvents, as well as ethanol / water mixtures. In our laboratories, best results have been obtained by using 17% EtOH / H<sub>2</sub>O mixtures. Conclusion: Following literature analyses, nano-effects based on biomaterials are generally not leading to acute adverse effects at the cellular level. The assumed increasing exposure times of modern medical devices however, should consider chronic side effects.

## **Soziale Implikationen der Nanotechnologie**

*G. Banse*

Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin

1. Ausgangspunkt ist die Alltäglichkeit von Technik, zunehmend von „Nanotechnik“:
  - Unsere Welt, unsere Kultur, unser Leben sind weitgehend technikbasiert! [„Technische Zivilisation, Technische Kultur“].
  - Technik ist alltäglich, selbstverständlich, allgegenwärtig! [„tacit presence“].

- Das bedeutet auch eine weitgehende Abhängigkeit von den technischen Strukturen (im „Guten“ wie im „Schlechten“) [,kritische Infrastruktur“].
  - Diese „Allgegenwart“ des Technischen wird oft erst im Falle des Nicht-Funktionierens, des Versagens, der Havarie bewusst! [,Stereotypie, Routinehandlung“].
2. Auch für Nanotechnologie gilt wohl die sogenannte „Hype-Kurve“, nach der auf den „Auslöser“ zunächst ein „Gipfel der (überzogenen) Erwartungen“ und dann das „Tal der Enttäuschungen“ folgen. Über den sich anschließenden „Pfad der Erleuchtung“ wird schließlich das „Plateau der Produktivität“ erreicht.
3. („Nano“-)Technik „ragt“ in die Gesellschaft hinein,
- ökonomisch, da sie in Wertschöpfungs- und Verwertungsprozesse eingebunden ist;
  - politisch, da es z. B. einen rechtlichen „Rahmen“ gibt, in dem Herstellung und Nutzung erfolgen;
  - sozial, da sie Arbeitsprozesse, Kooperationsbeziehungen sowie Arbeit und Freizeit beeinflusst;
  - kulturell, da sie Handlungsmuster und –praxen verändern kann;
  - individuell-mental, da menschliche Vorstellungen (Erwartungen, Hoffnungen, Ängste, Befürchtungen) auch einen technischen Bezug haben.
4. Erforderlich ist eine (gesellschaftliche) Gestaltung von Technik, vor allem durch
- Ausgestaltung der Zivilgesellschaft (mündige Bürger, echte Partizipationsmöglichkeiten).
  - Nutzung von Technikfolgenabschätzung (d.h. die entscheidungsbezogene Erstellung einer „Zusammenschau“ sowohl des aktuellen technischen Entwicklungsstandes, der vorhandenen Handlungsoptionen und ihrer mutmaßlichen Effekte sowie deren „Bilanzierung“ als auch möglicher (gesellschafts-)politischer Aus- und Rückwirkungen („politisches Rahmenkonzept“), der nur entsprochen werden kann, wenn *zweitens* sowohl die Komplexität moderner Technik (einschließlich ihrer Folgen) und deren „Umgebung“ als auch beider Wechselbeziehungen und abseh- bzw. abschätzbarer zukünftiger Veränderung in einer dem Problem angemessenen Weise Rechnung getragen wird („systemanalytischer Anspruch“).
  - verbesserte Technische Bildung (d.h. Technik „begreifen“, multiperspektivisch darstellen/lehren und an Kriterien nachhaltiger Entwicklung orientiert).

\* \* \*