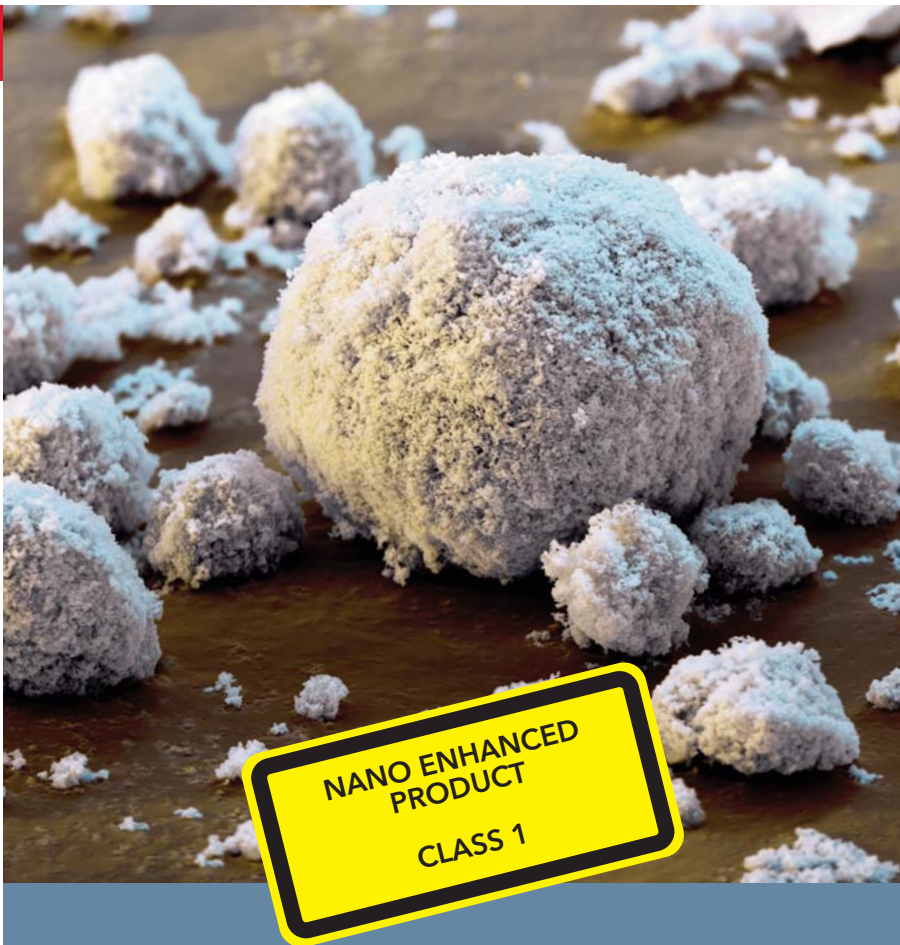




# Hessen-Nanotech NEWS



Technologie- und Firmennews

Wie sicher sind  
Nanomaterialien?  
- Risikodiskussion und  
Sicherheitsforschung  
in Deutschland

Aus der Forschung:  
Bewertung der  
Lungentoxizität  
von Nanopartikeln

Analytik für die Sicher-  
heitsbewertung von  
Nanomaterialien

Rückblick:  
Erfinderlabor zur  
Nanotechnologie  
für Schüler

An **Hessen** führt kein Weg vorbei.

# Liebe Leserinnen und Leser,

## Editorial



es lässt sich auf eine einfache Formel bringen: Nanotechnologie ist ohne Nanomaterialien nicht möglich und ohne Nanotechnologie kein technologischer Fortschritt in vielen industriellen Anwendungsfeldern. Nanomaterialien bilden eine der wesentlichen Grundlagen der Nanotechnologie, da Nano-Effekte und -Eigenschaften unmittelbar an nanostrukturierte Materialien gekoppelt sind. Der Verzicht auf ihre Anwendung, wie von einigen Seiten derzeit gefordert, würde unsere Wirtschaft im internationalen Innovationswettbewerb weit zurückwerfen. Ohne Nanomaterialien würden wir uns der Chancen berauben, die beispielsweise auf Nanopartikeln basierende Therapien für Volkskrankheiten wie Krebs oder Alzheimer und neuartige Leichtbaumaterialien für eine umweltfreundliche Mobilität der Zukunft bieten.

Das Weltmarktpotenzial neuer Materialien wie Kohlenstoffnanoröhren, Quantenpunkte, Nanopulver etc. wird derzeit auf über eine Milliarde US-Dollar mit hohen Wachstumsraten taxiert. Der Marktwert der daraus generierten Produkte ist aber um ein Vielfaches höher.

Für den Umgang mit neuen Chemikalien, die neben großen Chancen auch Risiken bergen können, haben wir in den vergangenen Jahrzehnten Verfahrensweisen entwickelt, die eine für Mensch und Umwelt verträgliche Nutzung ermöglichen. Wir haben gelernt, Stoffe mit größter Sorgfalt zu handhaben, um Schäden für Arbeitnehmer, Ver-

braucher und Umwelt zu vermeiden. Dieses Wissen, das wir zum Teil auch anderen Ländern voraus haben, gilt es auch bei Nanomaterialien einzusetzen.

Deshalb brauchen wir Sicherheitsforschung und -management im Umgang mit Nanomaterialien und eine offene Kommunikation möglicher Risiken. Diese Voraussetzungen für eine verantwortungsvolle Nutzung von Nanomaterialien will Hessen schaffen. Hessische Akteure wie die Evonik Degussa GmbH, die AQura GmbH und die Universität Marburg sind maßgeblich in die Sicherheitsforschung des Bundes eingebunden. Unsere Internetplattform [www.nano-sicherheit.de](http://www.nano-sicherheit.de) stellt umfassende Informationen zum Thema bereit, und unsere Aktionslinie Hessen-Nanotech steht als kompetenter Ansprechpartner zur Verfügung. In der vorliegenden Ausgabe der Hessen-Nanotech NEWS werden Aktivitäten und aktuelle Beispiele näher beleuchtet. Ich wünsche Ihnen viel Freude bei der Lektüre und hoffe, dass die Nanotechnologie auch weiterhin die Entwicklungschancen erhält, die sie verdient.

**Dieter Posch**

Hessischer Minister für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung

# INHALT

Editorial .....	2	Aus der Forschung	
Technologie- und Firmennews .....	3	Bewertung der Lungentoxizität	
Nachruf: Karl-Heinz Lust .....	4	von Nanopartikeln .....	10
Rückblick:		Unternehmen im Fokus:	
Erfinderlabor zur Nanotechnologie		AQura GmbH - Analytik für die Sicher-	
in Marburg .....	5	heitsbewertung von Nanomaterialien ....	11
Nanotechnologie in der Praxis:		Veranstaltungen/Termine .....	12
Wie sicher sind Nanomaterialien?		Impressum .....	12
- Risikodiskussion und Sicherheits-			
forschung in Deutschland .....	6		

## Risikokommunikation als Risiko

Das Umweltbundesamt (UBA) hat mit der Veröffentlichung des Hintergrundpapiers „Nanotechnik für Mensch und Umwelt - Chancen fördern und Risiken mindern“ im Oktober Stellung zum Umgang mit potentiell risikobehafteten Nanomaterialien und Produkten bezogen. Die Autoren fordern mehr Transparenz und warnen bei bestimmten Nanomaterialien zur Vorsicht. Das UBA löste mit dem Papier einen Medienrummel aus und sorgte in der Branche für Irritationen.

Das UBA-Papier liefert eine Zusammenfassung zum Chancen- und Risikopotential der Nanotechnologie. Das UBA fordert u.a. die Weiterentwicklung von Definitionen für Nanopartikel, die Einführung einer Meldepflicht für Nanoprodukte und eine klare Offenlegung aller relevanten Daten durch die Hersteller.

Branchenverbände haben daraufhin die pauschale Warnung vor der Nanotechnologie kritisiert und mehr Sachlichkeit in der Diskussion gefordert. Das UBA seinerseits weist zurück, dass mit dem Dossier eine Warnung vor der Zukunftstechnik verbreitet werden sollte. „Die heftigen Reaktionen auf die Studie haben gezeigt, dass Risikokommunikation selbst ein Risiko sein kann. Insbesondere dann, wenn in den Medien selektiv aufgegriffene Risikoaspekte die Konsumentinnen und Konsumenten verunsichern, trägt dies nicht dazu bei, informierte Entscheidungen zu treffen“, so Stephan Knébel, Die Innovationsgesellschaft, St.Gallen ([www.innovationsgesellschaft.ch](http://www.innovationsgesellschaft.ch)).

■ [www.nano-sicherheit.de](http://www.nano-sicherheit.de)

## BMBF-Förderschwerpunkte NanoNature und NanoCare

Vom Bundesministerium für Bildung und Forschung wurden 2008 die Themen „NanoNature: Nanotechnologien für den Umweltschutz - Nutzen und Auswirkungen“ und „Auswirkungen synthetischer Nanomaterialien auf den Menschen - NanoCare“ im Rahmen des WING-Programms ausgeschrieben. Zum Thema NanoNature wurden zwölf Vorhaben zu den Schwerpunkten „Nanotechnologie für den Umweltschutz“, „Auswirkungen synthetischer Nanopartikel und -materialien auf die

Umwelt“ sowie „Entwicklung von Messmethoden zur Charakterisierung von Nanopartikeln in Luft, Wasser und Boden“ ausgewählt. Förderbeginn war Oktober 2009. Die Förderung durch NanoCare beginnt 2010. Es wurden acht Vorhaben ausgewählt, die sich mit der Erforschung der Zusammenhänge zwischen Materialeigenschaften und humantoxikologischer Wirkung, Identifizierung von Wirkmechanismen sowie Entwicklung von Messstrategien und Testsystemen beschäftigen.

■ [www.bmbf.de/de/nanotechnologie.php](http://www.bmbf.de/de/nanotechnologie.php)

## Projekt NEMO: Elf Partner forschen an neuen OLED-Materialien

Gemeinsam mit namhaften Partnern aus Industrie und Wissenschaft hat die Merck KGaA das Projekt „Neue Materialien für OLEDs aus Lösung“ (NEMO) gestartet. Ziel des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projektes ist die Entwicklung innovativer löslicher Materialien für den Einsatz in großflächigen Bauteilen für organische lichtemittierende Dioden (OLEDs), etwa für Fernseher, elektronische Verkehrsschilder oder Beleuchtungssysteme. Das Gesamtbudget beträgt rund 32 Millionen Euro.

■ [www.merck.de](http://www.merck.de)

## Technologieangebot: Gerät zur Herstellung von Fasern für die inhalative Arzneimittel-Applikation

Durch Inhalation können pharmazeutische Wirkstoffe oft gezielter als durch andere Applikationsformen an den Wirkort gebracht werden. Dadurch kann die Dosierung reduziert und so Nebenwirkungen vermindert werden. Als Träger für entsprechende Wirkstoffe sind Fasern aus biologisch verträglichen Polymeren mit einer Länge unter 20 µm und einem Durchmesser von 0,5 µm besonders gut geeignet, da diese gut von der Lunge aufgenommen werden können. Die Freisetzung der pharmazeutischen Wirkstoffe erfolgt dann beim natürlichen Abbau der Polymere. Solche Fasern können mit dem vorliegenden Geräte-Prototyp zum Kürzen von elektrogewebenen Fasern hergestellt werden.

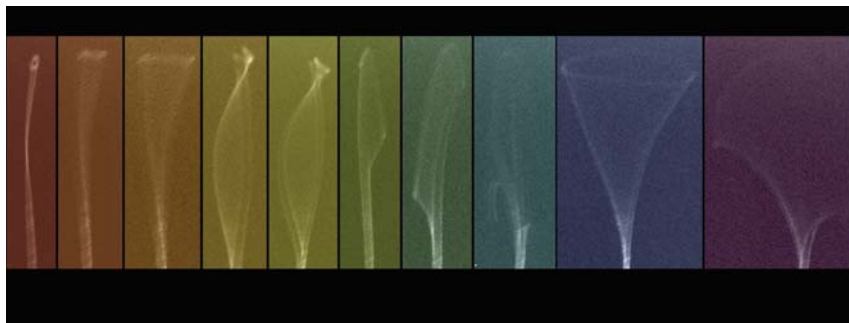
■ [www.technologieallianz.de](http://www.technologieallianz.de) (Code TA01776)



OLED-Leuchte „Early Future“ von Ingo Maurer  
(Quelle: Ingo Maurer)

## nano+art.-Wettbewerb für Nano-Forscherinnen gestartet

Im Rahmen der Frankfurter Buchmesse wurde der Wettbewerb „nano+art“ für Visualisierungen aus den Tätigkeitsbereichen der Nanotechnologien neu ausgeschrieben. Gesucht werden Aufnahmen aus dem Nano-Kosmos zu den Themen: „Tag“ und „Nacht“.



„Nano Dancer“ - das nano+art Siegerbild 2009 zum Thema „Bewegung“ von Frankziska Wolny (IFW Dresden) (Quelle: science2public)

Teilnehmen können an dem exklusiv für Frauen eingerichteten Wettbewerb Studierende, Absolventinnen, Nachwuchswissenschaftlerinnen an Hochschulen, Forschungseinrichtungen und anderen Aus- und Weiterbildungseinrichtungen und Organisationen in Deutschland und Europa, die sich mit Nanotechnologie und -wissenschaft beschäftigen. Der Wettbewerb wird u.a. unterstützt von Evonik Industries und der Aktionslinie Hessen-Nanotech. Medienpartner ist Spektrum

Weitere aktuelle Informationen aus Wissenschaft, Wirtschaft, Finanzen und Politik finden Sie unter [www.nanoportal-hessen.de/Nachrichten](http://www.nanoportal-hessen.de/Nachrichten).

der Wissenschaft. Einsendeschluss ist der 1. März 2010.

■ [www.nano-4-women.de](http://www.nano-4-women.de)

## Aktuelle EU-Förderbekanntmachungen im 7. Forschungsrahmenprogramm

Im Themengebiet NMP (Nanosciences, Nanotechnologies, Materials and new Production Technologies) des 7. Forschungsrahmenprogrammes befassen sich einige aktuelle Bekanntmachungen mit Sicherheitsaspekten von Nanomaterialien:

- Modelling toxicity behaviour of engineered nanoparticles (gemeinsamer Call mit den USA, NMP.2010.1.3-2, Förderinstrument "Coordination Action"), deadline 30.11.2009
- Reference methods for managing the risk of engineered nanoparticles (NMP.2010.1.3-1, Förderinstrument "Large Projects"), deadline 08.12.2009
- Novel tools integrating individual techniques for real time nanomaterials characterisation (NMP.2010.1.2-1, Förderinstrument SME), deadline 08.12.2009
- Support to dialogue and engagement for responsible social acceptance of nanotechnology (NMP.2010.1.1-1, Förderinstrument "Supporting Coordination Action"), deadline 02.02.2010

■ [www.nks-nano.de](http://www.nks-nano.de)

## Trauer um Karl-Heinz Lust

### Nachruf



Im September 2009 verstarb Karl-Heinz Lust, Unternehmerpersönlichkeit aus Mittelhessen, nach schwerer Krankheit im Alter von 63 Jahren. Aus kleinsten Anfängen heraus hat Karl-Heinz Lust in knapp 40 Jahren eine international agierende Unternehmensgruppe mit rund 1.000 Mitarbeitern aufgebaut und als Familienunternehmen nachhaltig gefestigt.

Die Lust Technology international (LTi), Sensitec und Levitec stehen heute für High-End-Lösungen in den Schwerpunktbereichen Antriebs- und Automatisierungstechnik, Erneuerbare Energien sowie Sensorik / Mikrosystemtechnik. Als Unternehmer der alten Schule war Karl-Heinz Lust nie am kurzfristigen Erfolg, sondern stets an langfristigen und nachhaltigen Perspektiven interessiert. Für seine Ausstrahlung, seinen Weitblick und sei-

nen dynamischen Unternehmergeist wurde Karl-Heinz Lust von den Mitarbeitern und Kunden hoch geschätzt.

Neben seinen unternehmerischen Aufgaben hat Karl-Heinz Lust eine Vielzahl von Verbandstätigkeiten ausgefüllt, darunter u.a. im ZVEI als Mitglied des Vorstands, im VDI/VDE als Mitglied des Strategiekreises Mikrosysteme und Systemintegratoren, als Vorstandsmitglied der Innovationspartnerschaft AAL zwischen dem BMBF und VDE, als Mitglied der Forschungsunion im BMBF um Ministerin Annette Schavan, in der DIHK als Mitglied - zeitweise als Vorsitzender - des Ausschusses für Industrie und Forschung sowie der Fraunhofer Gesellschaft. Weiterhin war er Ehrensenator der Fachhochschule Gießen-Friedberg und Präsident - zuletzt Ehrenpräsident - der IHK Lahn Dill.

# Erfinderlabor zur Nanotechnologie in Marburg

Hochbegabte Schülerinnen und Schüler untersuchen Nano-Effekte

Rückblick

Nach knapp vier Tagen intensiven Forschens in den Laborräumen von Prof. Dr. Andreas Greiner an der Philipps-Universität Marburg steht das Gewinnerteam fest: Constantin Glenz (Goethe-Gymnasium Bensheim), Marie-Lena Harwardt (Otto-Hahn-Schule Hanau), Daniel Lehmann (Ulrich-von-Hutten-Gymnasium Schlüchtern) sowie Johanna Zeyen (Schillerschule Frankfurt) gewannen als Anerkennung und „Lohn“ ihrer Anstrengungen ein Betriebspraktikum bei Siemens in Marburg.



Die Schüler des Siegerteams stellten u.a. gerichtete Polymer-Nanofasern zur Erzeugung eines optischen Gitters her.

Die Sieger des diesjährigen Erfinderlabors des Zentrums für Chemie wurden am 29. Oktober in Marburg von Dr. Thomas Schneidermeier (Zentrum für Chemie), Karl May (Siemens Healthcare Diagnostics Products) und Dr. Rainer Waldschmidt (Hessen Agentur) ausgezeichnet. Sie konnten mit ihrem Vortrag zum Thema „Künstliche Insektenflügel mittels orientierter elektrogewobener Polymernanofaservliese“ am meisten überzeugen.

Beeindruckt war die Jury mit Dr. Seema Agarwal, Dr. Margit Knauer, Karl May und Dr. Rainer Waldschmidt auch von den Untersuchungen an Gold-Nanopartikeln und nanoporösen Oberflächen, die von Schülerinnen und Schülern aus Amöneburg, Büdingen, Darmstadt, Frankenberg, Friedberg, Hofheim, Kassel, Michelstadt, Viernheim, Wolfhage und Zeitz vorgestellt wurden.



Die glücklichen Gewinner des Erfinderlabors 2009 in Marburg (v.l.n.r.): Marie-Lena Harwardt, Daniel Lehmann, Constantin Glenz und Johanna Zeyen

Kultusministerin Dorothea Henzler sowie die persönlich anwesenden Ehrengäste Gerd Krämer (Staatssekretär im Hessischen Wissenschaftsministerium), Dr. Michael Schween (Vizepräsident der Uni Marburg), Prof. Dr. Gernot Frenking (Dekan des Fachbereichs Chemie) sowie Gerhard Müller

(Leiter des Staatlichen Schulamtes Marburg-Biedenkopf) lobten das große Engagement der 16 besonders begabten Schülerinnen und Schüler im Alter von 17-19 Jahren, die nach strengen Leistungskriterien aus Bewerbern von 70 Schulen ausgewählt wurden. „Bei den über 100 Bewerbern waren letztlich Zehntelnotenpunkte entscheidend“, berichtet der Viernheimer Schüler Lukas Ahrens über die Vorauswahl.

„Die Nanowissenschaften üben einen großen Einfluss auf unser tägliches Leben aus. Forschung und Wissenschaft sind so zentrale Handlungsfelder der Zukunftsgestaltung“, schrieb die Kultusministerin in ihrem Grußwort zum Erfinderlabor, das auch von der Aktionslinie Hessen-Nanotech des Hessischen Wirtschaftsministeriums unterstützt wurde. „Die Nanotechnologie vereint als Querschnittstechnologie verschiedene naturwissenschaftliche Disziplinen und ermöglicht damit eine neue Sichtweise auf die klassischen Schulfächer“, erklärt Markus Lämmer von der Aktionslinie. „Bestimmt werden viele Teilnehmer des Erfinderlabors eine Berufslaufbahn in Naturwissenschaft und Technik einschlagen. Das ist wichtig, denn nur mit engagiertem Forscher-Nachwuchs behält unsere Wirtschaft international die Nase vorne.“

„Die Woche Erfinderlabor war nicht nur höchst interessant, sondern auch mal eine sehr willkommene Abwechslung zum Schulalltag“, resümiert Teilnehmer Christian Franke, der sogar aus Zeitz in Sachsen-Anhalt angereist war. Aufgrund der großen Nachfrage soll das Erfinderlabor 2010 voraussichtlich erneut in Marburg zum Thema Nanotechnologie stattfinden.

■ [www.z-f-c.de](http://www.z-f-c.de)

# Wie sicher sind Nanomaterialien?

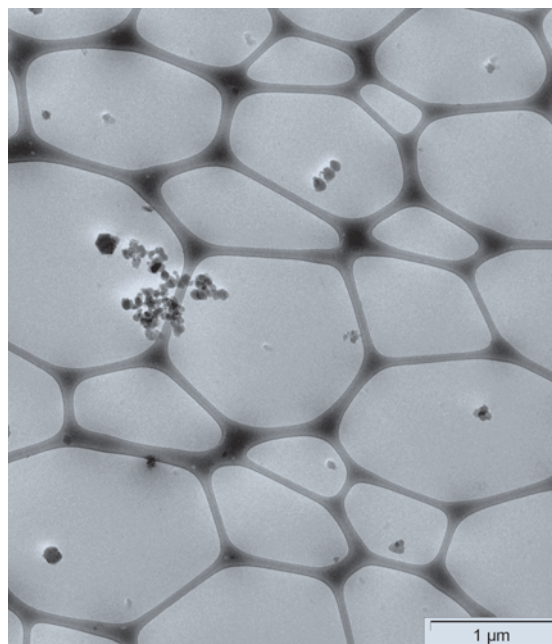
## Risikodiskussion und Sicherheitsforschung in Deutschland

Nanotechnologie  
in der Praxis

Nanomaterialien sind Innovationstreiber in vielen industriellen Anwendungsfeldern. Aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften bieten sie Möglichkeiten beispielsweise für neue Krebstherapien, kostengünstige Solarzellen oder leistungsfähige Batterien für die Elektromobilität. Als Gegenpol zu diesen Chancenaspekten häufen sich in jüngerer Zeit Berichte in den Medien über toxikologische Wirkungen von Nanomaterialien und die vermeintlichen „Risiken der Nanotechnologie“.

Im Fokus der aktuellen Risikodiskussion steht eigentlich nur ein Teilbereich der Nanotechnologie – nämlich jene Nanoobjekte (nanoskalige Partikel, Röhren oder Fasern<sup>1</sup>), die nicht in eine feste Werkstoffmatrix eingebunden sind, sondern sich in den Umweltmedien (Luft, Wasser, Boden) ausbreiten und mit Lebewesen in Kontakt treten können. Denn aufgrund ihrer Kleinheit und Reaktivität haben einige Nanoobjekte das Potenzial, beispielsweise über die Lunge in den Organismus einzudringen und dort gesundheitsschädliche Wirkungen zu entfalten. Vernachlässigt wird dabei häufig, dass das Risiko ein Produkt aus diesem toxikologischem Gefährdungspotenzial und der Expositionswahrscheinlichkeit ist. Gelingt es, einen direkten Kontakt mit derartigen Nanoobjekten zu vermeiden, liegt folglich auch kein Risiko vor.

Da ein Verzicht auf den industriellen Einsatz von Nanomaterialien im internationalen Innovationswettbewerb nicht praktikabel wäre, setzen sich Industrie und Politik für eine sichere Verarbeitung und Handhabung ein, um Mensch und Umwelt vor negativen Folgen zu schützen. In den letzten Jahren sind aus diesem Grund weltweit umfangreiche Sicherheitsforschungsprojekte zu Nanomaterialien initiiert worden. Deutschland kann sich als einer der Vorreiter in der Forschung für eine sichere Nanotechnologie bezeichnen. Allein durch die BMBF-Projektförderung sind jährlich rund zehn Millionen Euro in Vorsorge- und Begleitmaßnahmen geflossen. Dies entspricht in etwa sieben Prozent des Projektfördervolumens der Nanotechnologie. Die



Mit Kryo-TEM-Aufnahmen können Nanopartikel und kleine Agglomerate einer Suspension von BaSO<sub>4</sub> in einer Zellkultur nachgewiesen werden. (Quelle: IBE GmbH)

Investitionen der EU-Kommission in die Nanosicherheitsforschung im 5., 6. und 7. Rahmenprogramm belaufen sich auf über 30 Millionen Euro verteilt auf mehr als 20 Projekte.<sup>2</sup> Aktuell befasst sich die OECD im Rahmen der „Working Party on Manufactured Nanomaterials“ in einem internationalen Testprogramm mit den biologischen Wirkungen kommerziell relevanter Nanomaterialien. Auf internationaler Ebene sind darüber hinaus auch weitere Konsortien aktiv, wie das Netzwerk IANH<sup>3</sup>, das sich mit dem Abgleich von Methoden zur biologischen Forschung mit Bezug zu Nanopartikeln zwischen USA, Europa und Japan befasst. Vom ersten in Deutschland initiierten Verbundprojekt zur Sicherheitsforschung von Nanomaterialien „NanoCare“ liegen seit Mitte 2009 Ergebnisse vor.

### Herstellung von Nanomaterialien

Nach einer aktuellen Bestandsaufnahme der Nanotechnologie in Deutschland befassen sich ca. 300 deutsche Unternehmen mit der Herstellung, Verarbeitung und Vermarktung von Nanomaterialien.<sup>4</sup> Rund 100 verschiedene Varianten

Der Endbericht und eine Broschüre zum BMBF-Projekt NanoCare findet sich auf der Internetseite

[www.nanopartikel.info](http://www.nanopartikel.info)

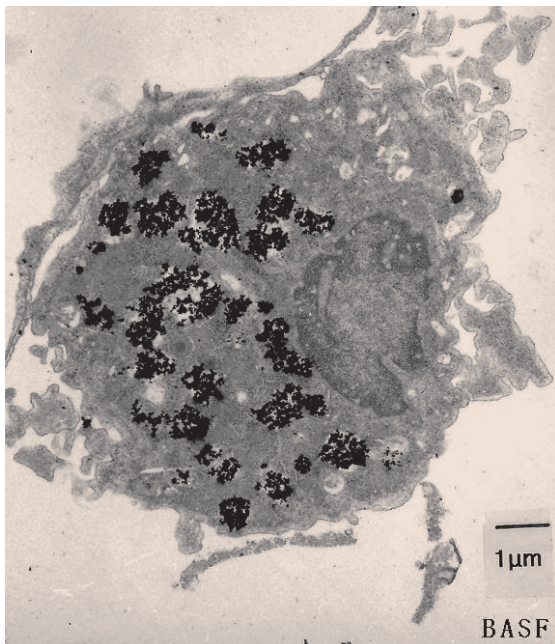
1) vgl. ISO Standard TS 27687

2) „EU nanotechnology R&D; in the field of health and environmental impact of nanoparticles“ EU Commission 2008, <http://cordis.europa.eu/nanotechnology/src/safety.htm>

3) [www.nanoehsalliance.org](http://www.nanoehsalliance.org)

4) „nano.DE-Report 2009 – Status Quo der Nanotechnologie in Deutschland“, BMBF 2009

von Nanomaterialien, darunter anorganische Pulver, Polymerpartikel, -röhren und -kapseln, nanostrukturierte Komposite und Hybridmaterialien, organische Makromoleküle sowie biologische Nanomaterialien, werden in Deutschland



Untersucht wurde u.a. die Verteilung von Titandioxid-agglomeraten unterschiedlicher Größe in Lungenmakrophagen nach einer Inhalation über 5 Tage. (Quelle: BASF)

hergestellt bzw. kommerziell vertrieben. Die Spanne der weltweiten Produktionsmengen von Nanomaterialien reicht dabei vom großindustriellen Maßstab im Millionen-Jahrestonnen-Bereich im Fall von Industrieruß (Carbon Black) bis zu einer Herstellung im Labormaßstab, z.B. für spezielle Nanoröhren oder Quantenpunkte, von denen nur wenige Gramm oder Kilogramm pro Jahr hergestellt werden. Das Weltmarktvolumen von Nanomaterialien wird für das Jahr 2009 auf 1,7 Milliarden US-Dollar geschätzt, wobei klassische nanostrukturierte Materialien wie Carbon Black, Kieselsäure oder Polymerdispersionen nicht einbezogen werden.

### Exposition am Arbeitsplatz

Die Vielzahl unterschiedlicher Verfahren zur Herstellung synthetischer Nanomaterialien bedingt eine hohe Variabilität an Arbeitsplatzsituationen, bei denen eine potenzielle Exposition von Arbeitnehmern auftreten könnte. Eine objektive Bewertung der Exposition ist nur auf Basis von Expositionsmessungen am Arbeitsplatz möglich. Da derzeit keine standardisierte Messmethode zur Erfassung von Nanopartikeln existiert, bergen auch bisher publizierte Messdaten Interpretationsspiel-

räume in Bezug auf die tatsächliche Exposition der Arbeitnehmer mit Nanopartikeln.

Aus diesem Grund wurde im Rahmen des NanoCare-Projektes ein systematischer Vergleich verschiedener Aerosol-Messtechniken (vgl. S. 11) an vier Industriestandorten mit Herstellung, Verpackung und Verarbeitung von Nanomaterialien durchgeführt und eine Standardarbeitsanweisung zur „Vorgehensweise bei Messungen von luftgetragenen nano- und ultrafeinen Objekten an Arbeitsplätzen“ erarbeitet. Bei den Messungen im realen Einsatz konnte an keinem der insgesamt elf untersuchten Arbeitsplätze eine signifikante Erhöhung der Konzentration von Nanopartikeln gegenüber der in der Umwelt vorhandenen Hintergrundbelastung an Nanopartikeln festgestellt werden. Bei den industriell hergestellten Nanomaterialien handelte es sich nicht um isolierte Nanopartikel, sondern um Aggregate und Agglomerate mit Durchmessern im Mikrometer-Bereich. Es zeigte sich jedoch, dass durch mechanische Einwirkungen, wie sie etwa beim Umschütten von Pulvern auftreten, aus agglomerierten Nanopulvern z. T. einzelne Nanopartikel frei gesetzt werden können.

Um mögliche Restrisiken zu minimieren, ist seitens des Verbandes der Chemischen Industrie (VCI) und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz (BAuA) ein Leitfaden für den sicheren Umgang mit Nanomaterialien ausgearbeitet worden. Dieser behandelt beispielsweise persönliche Schutzausrüstungen wie Atemschutzfilter und -masken, deren hohe Wirksamkeit gegenüber Nanopartikeln im Rahmen des EU-Projektes Nanosafe2 mittlerweile nachgewiesen werden konnte.<sup>5</sup>

Die vorliegenden Ergebnisse der Sicherheitsforschung deuten darauf hin, dass bei Einhaltung der hohen Sicherheitsstandards der chemischen Industrie in Europa kaum mit einer Gefährdung durch Nanomaterialien am Arbeits-



Der Leitfaden „Sichere Verwendung von Nanomaterialien in der Lack- und Farbenbranche“ gibt praktische Empfehlungen zum verantwortungsvollen Umgang mit Nanomaterialien. Der Band 11 der Schriftenreihe der Aktionslinie Hessen-Nanotech kann kostenlos bezogen werden unter:

[www.hessen-nanotech.de/veroeffentlichungen](http://www.hessen-nanotech.de/veroeffentlichungen)

5) vgl. [www.nanosafe.org](http://www.nanosafe.org)



Bestimmung von Expositionsprofilen mit Partikelmessgeräten im Arbeitsbereich einer Sprühbeschichtungsanlage bei Verwendung nanopartikulärer Sol-Gel-Materialien. (Quelle: Nanogate / BGIA)

platz zu rechnen ist. Anders kann die Situation beispielsweise in China aussehen, wo kürzlich über zum Teil letale Gesundheitsschäden infolge einer Exposition mit gesundheitsschädlichen Stoffen am Arbeitsplatz, darunter mutmaßlich auch Nanopartikel, berichtet wurde<sup>6</sup> – ein Ergebnis der Missachtung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen, wie sie leider auch in vielen anderen Bereichen der dortigen Billig-Produktion beobachtet wird.

### Toxizitätspotenzial von Nanomaterialien

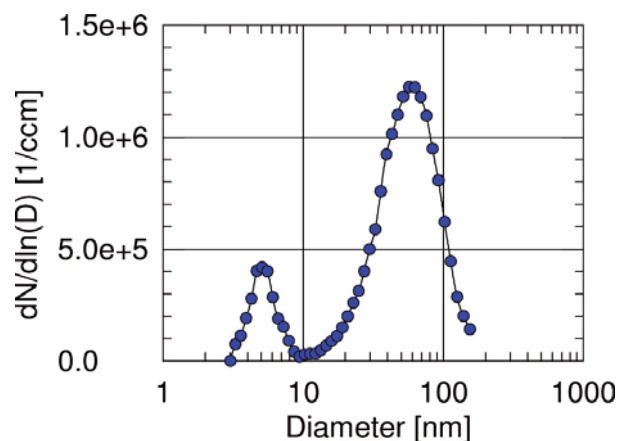
Die Anzahl von Studien und Publikationen zu toxikologischen Eigenschaften von Nanomaterialien ist in den letzten Jahren stark angestiegen. Zu den in Tierversuchen und Zelltests beobachteten Effekten zählen bei einigen Nanomaterialien unter anderem Zell- und DNA-Schädigungen sowie Entzündungsreaktionen. Ein

Manko vieler Studien ist allerdings, dass die Ergebnisse aufgrund unzureichender Charakterisierung der Versuchsparameter und nicht standardisierter Testmethoden oftmals kaum verifizierbar und vergleichbar sind. Zudem werden in vielen Studien Nanomaterialien in sehr hohen Konzentrationsbereichen eingesetzt, die in realen Situationen kaum auftreten können.

Ein wichtiges Anliegen des NanoCare-Projektes war es deshalb, eine objektive Datenbasis anhand umfassend charakterisierter und validierter Messmethoden und Materialien zu generieren. Insgesamt wurden elf verschiedene Nanomaterialien in Zelltests und Tierversuchen toxikologisch genauer untersucht. Im Fokus stand dabei die Aufnahme von Nanopartikeln über das Lungengewebe. Als Ergebnis der Experimente konnte festgestellt werden, dass in den getesteten niedrigen Konzentrationen (die für den Alltag allerdings schon als hoch gelten) die Nanopartikel keine krankhaften Reaktionen in der Lunge hervorrufen. Höhere Konzentrationen lösten im Tierversuch zwar eine Entzündungsreaktion aus, was auch gut mit den Befunden der In-vitro-Experimente übereinstimmte. Die Entzündungsreaktionen waren aber nicht von Dauer, sondern klangen nach wenigen Tagen wieder vollständig ab.

Die getesteten Nanomaterialien unterschieden sich untereinander hinsichtlich der biologischen Wirkungen in Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung. Die Wirkung von „Nano“ lässt sich daher nicht pauschal beurteilen, sondern hängt von dem jeweiligen Nanomaterial ab, zum Beispiel von der Materialzusammensetzung, Größe und Struktur sowie auch der Art der Aufnahme in den Körper.

Mit dem SMPS+E (Scanning Mobility Particle Sizer kombiniert mit Faraday Cup Electrometer) Messgerät lassen sich Nanopartikel-Konzentrationen in Aerosolen im Größenbereich bis zu 1 nm bestimmen. (Quelle: GRIMM Aerosol Technik GmbH & Co. KG)



6) Y. Song, X. Li and X. Du: "Exposure to nanoparticles is related to pleural effusion, pulmonary fibrosis and granuloma", Eur. Respir J 2009; 34: 559-567

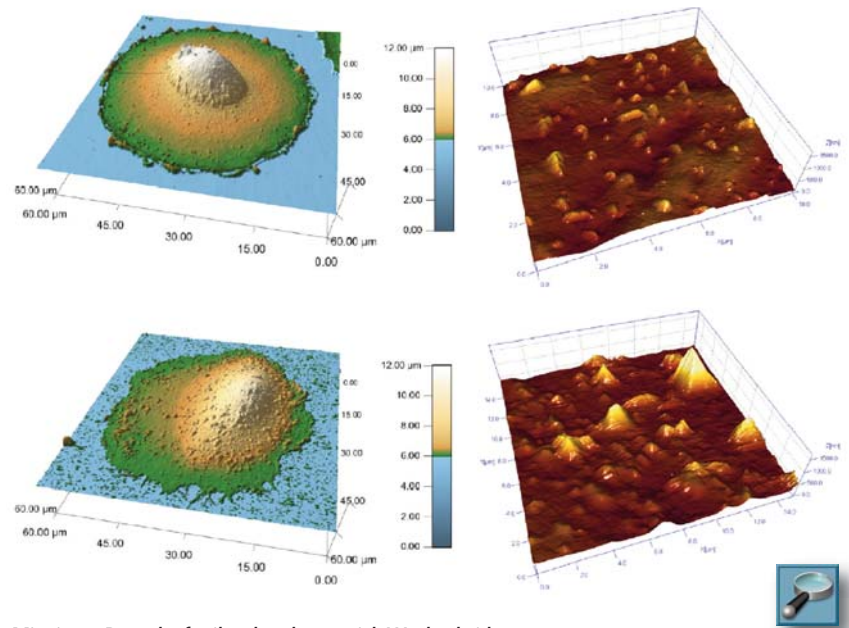
Die NanoCare-Ergebnisse lieferten eine gute Ausgangsbasis für weitere Forschungsaktivitäten für die Sicherheitsbewertung von Nanomaterialien. Fragestellungen, die sich z. B. mit der Aufnahme von Nanopartikeln durch den Verdauungstrakt, durch geschädigte Haut oder durch eine chronische Aufnahme über die Atemwege befassen, werden u.a. im Rahmen des BMBF-Förderschwerpunktes NanoCare2 sowie im Rahmen von EU-Projekten und OECD-Teststudien adressiert.

### Nanotechnologie in Verbraucherprodukten

Immer mehr Alltagsprodukte wie beispielsweise Kosmetika, Sportgeräte, Textilien, Haushalts- oder Reinigungsmittel kommen auf den Markt, die nach Aussagen der Hersteller Nanomaterialien nutzen, um neuartige oder verbesserte Produkteigenschaften zu erzielen. Von einigen Verbraucherschutzverbänden wird diesbezüglich eine mangelnde Transparenz hinsichtlich des Einsatzes von Nanomaterialien in verbrauchernahen Produkten kritisiert. Bislang existiert keine gesonderte Kennzeichnungspflicht und keine Einschränkungen in Bezug auf die Verwendung, solange die Sicherheit der Produkte gewährleistet ist. Zumindest im Kosmetikbereich wird sich das aufgrund einer Anpassung der entsprechenden EU-Richtlinie ändern, die eine Kennzeichnungspflicht für Nanomaterialien in Kosmetika ab 2012 vorsieht. Generell stehen viele Bereiche der EU-Gesetzgebung auf dem Prüfstand hinsichtlich einer möglichen Anpassung auf nanospezifische Risiken.<sup>7</sup>

### Fazit

Erste Zwischenergebnisse der Sicherheitsforschung deuten darauf hin, dass Nanomaterialien in Abhängigkeit von Parametern wie Struktur, chemischer Zusammensetzung und der Konzentration ein toxikologisches Potenzial aufweisen können. Andererseits kann man eine Exposition durch Schutzmaßnahmen weitgehend vermeiden. Somit sind die Risiken beherrschbar. Bei Einhaltung der hohen Sicherheitsstandards in Europa sind ein sicherer Umgang und eine verantwortungsvolle industrielle Nutzung von Nanomaterialien gewährleistet. Ein Kritikpunkt, der von Umwelt- und Verbraucherschutzorganisationen geäußert wird, ist allerdings weiterhin eine mangelnde Transparenz, inwieweit Nanomaterialien in Produkten eingesetzt werden, wie diese im Verlauf des Produktlebenszyklus in Kontakt mit Mensch und Umwelt treten können



Mit einem Rasterkraftmikroskop lassen sich Wechselwirkungen und Bindungsverhalten von Nanopartikeln auf Zelloberflächen untersuchen. Im Vergleich zu unbehandelten Lungenepithelzellen (oben) zeigen sich nach Inkubation mit  $\text{CeO}_2$ -Nanopartikeln größere Partikelaggregate auf der Zelloberfläche (unten). Dies ist in den rechten jeweils vergrößerten Zellausschnitten deutlich zu erkennen.

(Quelle: Daniel Wesner und Katja Tönsing, Universität Bielefeld)

und mit welchen Auswirkungen dieses verbunden ist. Zur Klärung der Fragestellungen sind weitere Sicherheitsforschungsprojekte erforderlich, wie sie beispielsweise im Rahmen der aktuellen Förderprogramme des Bundesforschungsministeriums angestoßen werden. Zum sicheren Umgang gehören hierbei auch eine transparente Kommunikation und ein angemessenes Management von Risiken. Diesem Ziel widmet sich in Deutschland beispielsweise das BMBF geförderte Projekt DaNa sowie der Nanodialog der Bundesregierung, der seit September 2009 mit insgesamt vier Themengruppen fortgeführt wird und sich mit der Umsetzung von Konzepten zum verantwortungsvollen Umgang mit Nanomaterialien, Chancen- und Risikopotenziale konkreter Nano-Produkte, Regulierungsaspekten und Kriterien zur Risikobewertung befasst. Einen umfassenden Überblick sowie aktuelle und weiterführende Informationen zu Sicherheitsaspekten von Nanomaterialien für Wirtschaft, Politik und Öffentlichkeit stellt die Internetplattform Nano-Sicherheit.de der Aktionslinie Hessen-Nanotech bereit:

■ [www.nano-sicherheit.de](http://www.nano-sicherheit.de)

Dr. Wolfgang Luther

#### Kontakt:

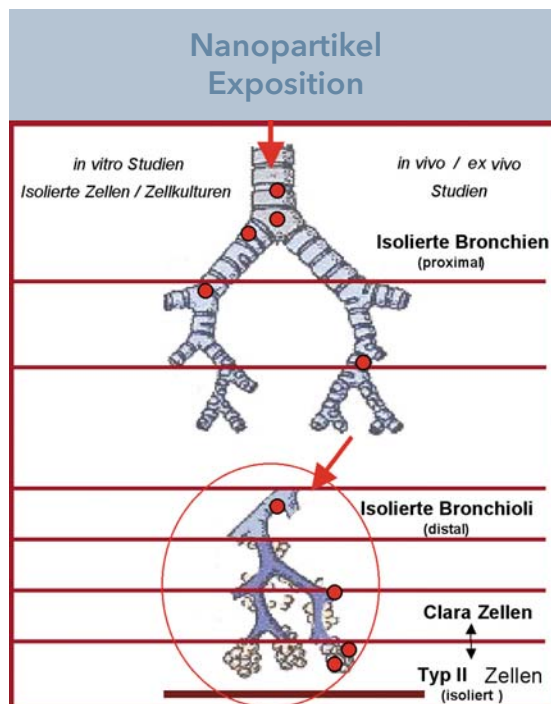
Dr. Wolfgang Luther  
VDI Technologiezentrum  
GmbH  
Zukünftige Technologien  
Consulting  
E-Mail: [luther@vdi.de](mailto:luther@vdi.de)

7) EU Kommission: „Regulatory Aspects of Nanomaterials“ Bericht COM(2008) 366, Juni 2008 [www.nanopartikel.info](http://www.nanopartikel.info)

# Bewertung der Lungentoxizität von Nanopartikeln

Aus der Forschung

Die zunehmende Entwicklung und Anwendung von Nanopartikeln in technischen und medizinischen Bereichen machen die Evaluierung ihrer Gesundheitsrisiken, speziell bei einer möglichen Aufnahme über die Lunge als „first line target“ notwendig. In experimentellen Untersuchungen wurde beobachtet, dass die Translokation (Wanderung) von Nanopartikeln von der Lunge in andere Organe prinzipiell möglich ist. Zudem sind nach Nanopartikel-Inhalation entzündliche Prozesse und Veränderungen der Lungenstruktur beschrieben, die zu Folgeerscheinungen z.B. der Entwicklung von Fibrosen u.a. führen können.



Der Weg von Nanopartikeln durch die Lunge und die dabei betroffenen Regionen und Zelltypen. Durch Abgleich von *in vitro* und *in vivo* Studien für die unterschiedlichen Gewebetypen ergibt sich ein aussagekräftiges Bild zur Bewertung der Lungentoxizität von Nanopartikeln.

Diese Thematik ist ein Forschungsschwerpunkt des Labors für Zellbiologie der Lunge am Fachbereich Medizin (Abteilung für Pneumologie) der Philipps-Universität Marburg. Die Arbeitsgruppe bearbeitet verschiedene Aspekte der potentiellen Gesundheitsgefährdung von Nanopartikeln unter Berücksichtigung von technisch eingesetzten Materialien, speziell dem Einfluss der Nano-

Grundmaterialien sowie der Partikelgröße und der geometrischen Struktur. Diese Untersuchungen werden teilweise auch in Kooperation mit Arbeitsgruppen anderer Institutionen durchgeführt.

Bei den toxikologischen Untersuchungen, die *in vivo* und *in vitro* durchgeführt werden können, werden von den Marburger Forschern Kohlenstoff-Nanoobjekte verschiedenster Geometrie (Plättchen, Röhren und Kugeln) entweder durch intratracheale Aspiration<sup>1</sup> oder durch Inhalation Mäusen appliziert und nach unterschiedlichen Zeiträumen die Funktion und Struktur dieser Lungen untersucht.

Die Arbeitsgruppe besitzt besondere Expertisen für die Untersuchungen der Stoffwechselaktivitäten verschiedener Lungenzellen wie Typ II Pneumozyten und Clara-Zellen. Hierzu werden die Zellen entweder nach Nanopartikel-Exposition aus den Lungen isoliert und *ex vivo* untersucht, oder als Primärkultur mit Nanopartikeln inkubiert und anschließend analysiert. Somit ist es möglich, den Effekt von definierten Nanopartikeln auf die Funktionen dieser Zellen *in vivo* / *ex vivo* und *in vitro* zu bestimmen, die Aussagekraft der Verfahren zu vergleichen und das Gefährdungspotential der untersuchten Nanopartikel auf die Stoffwechselaktivitäten von Lungenzellen zu ermitteln.

Das Labor ist damit in der Lage, für alle luftgetragenen, industriell hergestellten Nanopartikel ihr Gefährdungspotential für die Gesamtlunge sowie ihrer einzelnen Funktionsbereiche wie proximale und distale Atemwege und den Alveolarbereich zu ermitteln und kann dies auch als Serviceleistung für die Industrie anbieten.

## ■ Kontakt:

Prof. Dr. Bernd Müller  
Labor für Zellbiologie der Lunge  
Fachbereich Innere Medizin, Schwerpunkt  
Pneumologie  
Medizinische Fakultät der Philipps-Universität  
Marburg  
Tel. 0 64 21-58 64 96 9  
E-Mail: [bmuller@staff.uni-marburg.de](mailto:bmuller@staff.uni-marburg.de)

<sup>1</sup>) Aufnahme flüssiger oder fester Stoffe in die Atemwege über die Luftröhre (Verschlucken)

# Analytik für die Sicherheitsbewertung von Nanomaterialien

**Um die Sicherheit von Arbeitsplätzen bei der Herstellung von Nanomaterialien bewerten zu können, müssen sowohl deren toxikologische Eigenschaften als auch die Höhe der Exposition bestimmt werden. Hierfür sind eine Vielzahl zumeist aufwändiger Methoden und erfahrene hochqualifiziertes Fachpersonal erforderlich.**

Schon heute lässt sich sagen, dass „Nano“ nicht per se toxisch ist, sondern dass die Toxizität wie auch bei anderen Chemikalien von der Materialzusammensetzung, darüber hinaus aber auch von Größe und Struktur abhängt (siehe S. 6). Um hier Zusammenhänge zu erkennen, sollte das Material genau charakterisiert werden: Zur Bestimmung der exakten Elementzusammensetzung des Bulkmaterials bis in den Spurenbereich kann man spektrometrische Methoden wie ICP-OES und ICP-MS einsetzen. Die Morphologie und die Elementzusammensetzung von einzelnen Partikeln werden häufig durch eine Kombination der Elektronenmikroskopie (REM, TEM) mit Elektronenstrahlmikroanalyse (EDX) bestimmt. Weiterhin können die spezifische Oberfläche und elektrische Oberflächeneigenschaften von Partikeln (Zetapotential), die Einfluss auf die Wechselwirkung mit biologischen Zellen haben, von Interesse sein.

Zur Expositionsbestimmung von Nanopartikeln wird in der Regel die Anzahlkonzentration (Anzahl der Partikel pro Kubikzentimeter) als Maß verwendet. Die üblicherweise zur Bestimmung von Partikelkonzentrationen (Staub) in Luft eingesetzten massenbasierten Messgeräte sind aufgrund der geringen Masse von Nanopartikeln nicht sinnvoll (eine Million Partikel mit

einem Durchmesser von 100 Nanometern wiegen bei gleicher Dichte genauso viel wie ein 10 Mikrometer großer Partikel).

Für Übersichtsmessungen setzt man Kondensationspartikelzähler ein, die alle Partikel zwischen 10 und 1000 Nanometern aufsummieren und im zeitlichen Verlauf darstellen. Da keine Unterscheidung zwischen synthetischen Nanopartikeln und herkömmlichen ultrafeinen Partikeln möglich ist, ist es wichtig, dass die Hintergrundbelastung des Messortes aufgezeichnet wird. Da diese je nach Umgebung und Witterung erheblich sein und stark schwanken kann, ist die zeitgleiche Messung mit einem zweiten Gerät erforderlich. Eine detailliertere Aussage über die Größe der vorhandenen Partikel ist mit einem Mobilitätsspektrometer (SMPS) möglich, das neben der Anzahlkonzentration auch Informationen über die Partikelgrößenverteilung liefert.

Unternehmen im Fokus

**AQura**  
analytical solutions

www.aqura.de

*Laboruntersuchung am Elektronenmikroskop zur Charakterisierung von Nanopartikeln*



Da nicht jedes Unternehmen über derartige Ressourcen verfügt, bietet die AQura GmbH, das Analytikkompetenzzentrum von Evonik Degussa mit ihrer langjährigen Erfahrung in der Untersuchung nanoskaliger und nanostrukturierter Materialien auch für Interessenten außerhalb des Mutterkonzerns Analytikdienstleistungen im Bereich der Charakterisierung und Expositionsbestimmung von Nanomaterialien an. AQura ist mit 230 Mitarbeitern an den Standorten Hanau und Marl tätig sowie im Industriepark Frankfurt-Höchst mit einem Vertriebsbüro vertreten.

■ [www.aqura.de](http://www.aqura.de)



*Vor-Ort-Messung der Nanopartikelkonzentration mit einem Mobilitätsspektrometer*

# Termine und Veranstaltungen

**1. Halbjahr 2010** Berlin

## **Nanotechnologien für Katastrophenschutz und Entwicklungszusammenarbeit**

Teil 2: „Innovationen für die Entwicklungszusammenarbeit“  
Fachtagungsreihe der Aktionslinie Hessen-Nanotech

■ [info@hessen-nanotech.de](mailto:info@hessen-nanotech.de)

**26.01.+27.01.2010** Frankfurt

## **Chemical Nanotechnology Talks X Green Nano: Challenges of Sustainability**

Fachtagung der ProcessNet subject division Nanotechnology

■ [www.processnet.org/en/cnt10.html](http://www.processnet.org/en/cnt10.html)

**17.02.-19.02.2010** Tokio (Japan)

## **nano tech 2010**

Weltweit größte Nanotechnologie-Fachmesse mit deutschem  
Gemeinschaftsstand inkl. hessischem Hochschulgemeinschaftsstand

■ [management@nanonetzwerkessen.de](mailto:management@nanonetzwerkessen.de)  
[www.nano-in-germany.com](http://www.nano-in-germany.com)  
[www.nanotechexpo.jp/en/](http://www.nanotechexpo.jp/en/)

**02.03.2010** Marburg

## **Wettbewerb „Nanotechnologie-Demonstrationsversuche“ - Preisverleihung**

Veranstalter ist die DECHEMA in Kooperation  
mit Hessen-Nanotech

■ [www.dechemax.de](http://www.dechemax.de)

**09.03.-12.03.2010** Lausanne (Schweiz)

## **2nd NanoImpactNet Conference - For a Healthy Environment in a Future with Nanotechnology**

Fachkonferenz zu Sicherheitsaspekten von Nanomaterialien.  
Veranstalter ist das europäische Netzwerk NanoImpactNet

■ [www.nanoimpactnet.eu](http://www.nanoimpactnet.eu)

**29.03.-01.04.2010** Frankfurt

## **Fourth Seeheim Conference on Magnetism**

Fachkonferenz der TU Darmstadt und des Karlsruhe Institute of  
Technology mit Unterstützung von DFG und Hessen-Nanotech

■ <http://www1.tu-darmstadt.de/magnetism/>

**19.04.-23.04.2010** Hannover

## **Hannovermesse 2010**

Die zentralen Themen: Industrieautomation, Energietechnologien,  
industrielle Zulieferung und Dienstleistungen sowie  
Zukunftstechnologien

■ [www.hannovermesse.de](http://www.hannovermesse.de)

Weitere Veranstaltungsinformationen finden Sie unter  
[www.nanoportal-hessen.de](http://www.nanoportal-hessen.de).

Die Aktionslinie Hessen-Nanotech ist eine Maßnahme des

**Hessischen Ministeriums  
für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung**  
Sebastian Hummel  
Kaiser-Friedrich-Ring 75  
D-65185 Wiesbaden  
Tel. 06 11/8 15-24 71, Fax: -49 24 71  
E-Mail: [sebastian.hummel@hmwvl.hessen.de](mailto:sebastian.hummel@hmwvl.hessen.de)  
Internet: [www.wirtschaft.hessen.de](http://www.wirtschaft.hessen.de)

Projekträger ist die

**HA Hessen Agentur GmbH**  
Alexander Bracht (Leiter), Markus Lämmer  
Abraham-Lincoln-Straße 38 - 42  
D-65189 Wiesbaden  
Tel. 06 11/7 74-86 14 oder -86 64,  
Fax: 06 11/7 74-86 20  
E-Mail: [alexander.bracht@hessen-agentur.de](mailto:alexander.bracht@hessen-agentur.de)  
[markus.laemmer@hessen-agentur.de](mailto:markus.laemmer@hessen-agentur.de)  
Internet: [www.hessen-agentur.de](http://www.hessen-agentur.de)  
[www.hessen-nanotech.de](http://www.hessen-nanotech.de)

### **Impressum**

**Herausgeber**  
Aktionslinie Hessen-Nanotech  
Alexander Bracht  
HA Hessen Agentur GmbH,  
Abraham-Lincoln-Straße 38 - 42, D-65189 Wiesbaden

**Redaktion**  
Markus Lämmer, HA Hessen Agentur GmbH

**Beiträge**  
S. 3 Meldung „Risikokommunikation als Risiko“:  
Stephan Knébel, Die Innovationsgesellschaft, St.Gallen  
S. 6 - 9 Dr. Wolfgang Luther, VDI Technologiezentrum

**Titelbild**  
Collage „Kennzeichnungspflicht für Nano-Produkte?“  
mit Bildmaterial von BASF (Hintergrundbild)

**Bildmaterial**  
S.4 Lust Technology international / S. 5 Siemens  
(Andrea Heilmann), Markus Kaesler / S. 10 Uni Marburg /  
S. 11 AQura

**Gestaltung**  
Muhr, Design + Werbung,  
Seerobenstraße 27, D-65195 Wiesbaden  
[www.muhr-partner.com](http://www.muhr-partner.com)

**Druck**  
Bernecker MediaWare AG,  
Unter dem Schöneberg 1, D-34212 Melsungen

**Erscheinungsweise**  
6-mal pro Jahr (kostenlos)

**Auflagenhöhe**  
9.000 Stück

**Newsletter-Abonnement**  
[www.hessen-nanotech.de/Newsletter](http://www.hessen-nanotech.de/Newsletter)

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die  
Richtigkeit, die Genauigkeit und die Vollständigkeit  
der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte  
Dritter. Die in der Veröffentlichung geäußerten  
Ansichten und Meinungen müssen nicht mit der  
Meinung des Herausgebers übereinstimmen.

**In der nächsten Ausgabe lesen Sie:**  
Nanotechnologie in der Zahnmedizin