Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung

www.hessen-nanotech.de

HESSEN

Hessen-Nanotech NEWS

Technologie- und Firmennews

Neuer Leitfaden: Sichere Verwendung von Nanomaterialien

Nanotechnologie in der Reinraumtechnik

Flexible reinraumtechnische Lösungen aus Hessen

Messung der Größe und Zusammensetzung von Aerosolen von luftgetragenen Partikeln

An Hessen führt kein Weg vorbei.

Hessen Nanotech

4 | 2009
August

Liebe Leserinnen und Leser,

Editorial

immer mehr nanotechnologische Verfahren gelangen in die betriebliche Praxis. Die Besonderheiten dieser Technologie stellen aber auch neue Herausforderungen an die Produktionsumgebung.

Bei der Herstellung modernster Elektrobauteile, Sensoren und Mikrosysteme ist man bereits im Nanomaßstab angelangt. In diesen Dimensionen können schon einzelne Fremdpartikel schwere Fehler verursachen. Gleichzeitig muss der ungewollte Kontakt von Mitarbeitern mit in der Produktion eingesetzten Nanopartikeln verhindert werden.

Die Herausforderung ist, Umgebungen zu schaffen, die möglichst frei von störenden Partikeln sind. Die Reinraumtechnik bietet mit modernsten Filter- und Messtechniken die Lösung dafür. Die vorliegende Ausgabe des Newsletters widmet sich dieser Technik.

In diesem Zusammenhang ist es mir eine große Freude, dass der VDI am 26. und 27. Oktober seine 13. Tagung Reinraumtechnik in Frankfurt durchführt. Dies umso mehr, als die Reinraumtechnik aus dem Blickwinkel der Nanotechnologie erstmals einen eigenen Themenschwerpunkt bildet. Ich bin mir sicher, dass die Tagung Impulse setzen und Lösungen anbieten wird, um diese neuen Herausforderungen zu meistern.

Aufmerksam machen möchte ich Sie auch auf unseren neuen Betriebsleitfaden „Sichere Verwendung von Nanomaterialien in der Lack- und Farbenbranche", der Unternehmen praxisorientierte Handlungsempfehlungen für die sichere Verwendung der Nanotechnologie gibt. Nähere Informationen zur Broschüre und Bezugsmöglichkeiten finden Sie auf Seite 4.

Dieter Posch
Hessischer Minister für Wirtschaft,
Verkehr und Landesentwicklung

INHALT

Editorial 2

Technologie- und Firmennews 3

Literatur: Sichere Verwendung von Nanomaterialien in der Lack- und Farbenbranche 4

Ankündigung: 13. VDI-Tagung Reinraumtechnik 4

Nanotechnologie in der Praxis: Nanotechnologie in der Reinraumtechnik 5

Unternehmen im Fokus: MCRT GmbH – Flexible reinraumtechnische Lösungen aus Hessen 6

Aus der Forschung: Messung der Größe und Zusammensetzung von luftgetragenen Partikeln 7

Veranstaltungen/Termine 8

Impressum 8

Technologie- und Firmennews

Die Wiesbadener Dyckerhoff AG investiert Millionen in die Entwicklung neuer Baustoffe mit Nanotechnologie

Mit moderner Nanotechnologie will der Dyckerhoff-Konzern das Bauwesen revolutionieren: Knapp drei Millionen Euro investiert das Unternehmen unter anderem in die Entwicklung von umweltschonenden Hochleistungsbaustoffen mit enormem Energieeinsparpotenzial und hoher Funktionalität. Gegenwärtig ist die Dyckerhoff-Gruppe in fünf Projekte eingebunden, die seit Anfang 2009 vom Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) mit 1,23 Millionen Euro im Rahmen der Ausschreibung „Nanotechnologie im Bauwesen – NanoTecture: Erschließung höherer Ressourcen- /Energieeinspar- und Leistungspotenziale sowie neuer Funktionalitäten" gefördert werden. Neben dem Projekt „Carbobau", bei dem es um den Einsatz von Carbon-Nanotubes geht, arbeiten die Forscher unter anderem an einem kostengünstigen Verfahren zur Herstellung von ultrahochfesten Betonen. Weitere Projekte sind „Helioclean", „Futurzement" und „Nanosuspens".

■ www.dyckerhoff.de

PLA-Blends auf Basis von Styrol-Copolymeren

Mit Hilfe der geschützten „Nano-Alloy"-Technologie hat der japanische Chemiekonzern Toray mit Europavertretung in Neu-Isenburg PLA-Materialien so verbessert, dass sie Eigenschaften ähnlich denen von ABS erreichen. Dazu wurden Styrol-Copolymere mit 30 Prozent PLA gemischt. Unter der Bezeichnung „Ecodear" sind Standardtypen mit halogenfreier, flammhemmender Ausrüstung sowie transparenten Qualitäten verfügbar.

■ www.toray.de

Batterien für die Elektroautos von morgen – zwei hessische Unis an Projekt beteiligt

Unabdingbare Voraussetzung für die Zukunftsfähigkeit von Elektroautos ist die Entwicklung hochleistungsfähiger und wirtschaftlicher Batterien. Damit Deutschland in der Forschung auf dem Gebiet der

Einer der vielen Schritte auf dem Weg vom Material zur Batterie: Das Bild zeigt die Messung der Dicke einer neu beschichteten Elektrode.

Elektrochemie wieder internationales Spitzenniveau erreicht, fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) nun einen Verbund von zehn ausgewählten Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen im süddeutschen Raum, zu dem unter anderem die Technische Universität Darmstadt und die Justus-Liebig-Universität Gießen gehören. Das Konsortium, das vom Forschungszentrum Karlsruhe koordiniert wird, erhält 20 Millionen Euro aus dem Konjunkturpaket II.

■ www.kit.edu

Hessen fördert LOEWE-Schwerpunkt AmbiProbe mit 4,5 Millionen Euro

Der Schwerpunkt befasst sich in den nächsten drei Jahren mit der Entwicklung von bio- und nanoanalytischen in-situ-Methoden und Instrumenten für die Bereiche Gesundheit, Umwelt, Klima und Sicherheit. Ziel ist, die größtenteils schwerfälligen Labor- und Probengewinnungsverfahren in verschiedenen Anwendungsfeldern zu ersetzen, wie beispielsweise für die histologische Untersuchung während chirurgischer Eingriffe oder für den Bereich der Terrorabwehr. Die Federführung des im Rahmen des Landesprogramms LOEWE geförderten Schwerpunktes liegt bei der Justus-Liebig-Universität Gießen. Weiterhin sind die Goethe-Universität Frankfurt und das Deutsche Krebsforschungszentrum Heidelberg an der Forschung beteiligt.

■ www.loewe.hessen.de

Weitere aktuelle Informationen aus Wissenschaft, Wirtschaft, Finanzen und Politik finden Sie unter www.nanoportal-hessen.de/Nachrichten.

Sichere Verwendung von Nanomaterialien

Literatur

Um den Anforderungen an moderne Beschichtungen gerecht zu werden, muss die Lackindustrie ihre Erzeugnisse ständig verbessern. Die Nanotechnologie bietet dabei eine Reihe von Möglichkeiten – etwa, Oberflächen zu härten und sie sogar mit zusätzlichen Eigenschaften auszustatten.

Die Nanotechnologie wird sich aber nur dann dauerhaft durchsetzen können, wenn sie verantwortungsvoll verwendet wird. Dies betrifft insbesondere die Handhabung von Nanomaterialien im Herstellungsprozess von Lacken und Farben. Die Aktionslinie Hessen-Nanotech hat daher das Öko-Institut in Darmstadt beauftragt, exemplarisch den Betriebsleitfaden „Sichere Verwendung von Nanomaterialien in der Lack- und Farbenbranche" zu entwickeln. Er gibt den Unternehmen praxisorientierte Handlungsempfehlungen für die sichere Verwendung der Nanotechnologie, die teils auf vergleichbare Arbeitsabläufe in anderen produzierenden Gewerben übertragbar sind.

Die Broschüre kann kostenlos in elektronischer Form bezogen werden unter www.hessen-nanotech.de/veroeffentlichungen. Als Druckversion ist das Heft ab September erhältlich. Die Bestellung ist schon jetzt unter der angegebenen Internetadresse möglich.

Weiterführende Fragen zum verantwortungsvollen Umgang mit der Nanotechnologie beantwortet die Informationsplattform Nano-Sicherheit.de, die im Internet unter der Webadresse www.nano-sicherheit.de zu finden ist.

13. VDI-Tagung Reinraumtechnik

Neue Herausforderungen in der Pharma-, Halbleiter- und Nanotechnik

Ankündigung

Die 13. VDI-Tagung Reinraumtechnik mit begleitender Fachausstellung am 26. und 27. Oktober 2009 in Frankfurt am Main greift erstmalig als einen Themenschwerpunkt die Reinraumtechnik und Kontaminationskontrolle aus dem Blickwinkel der Nanotechnologie auf. Unter Reinraumbedingungen laufen alle die Prozesse, die zur Entwicklung und Herstellung von mikro- und nanotechnologischen Sensoren und Systemen nötig sind. Aufgabe der Reinraumtechnik ist dabei die Beherrschung der Kontamination in der Luft, auf Oberflächen sowie in Reinstmedien, von molekularen Größenordnungen bis hin zu Mikrometern.

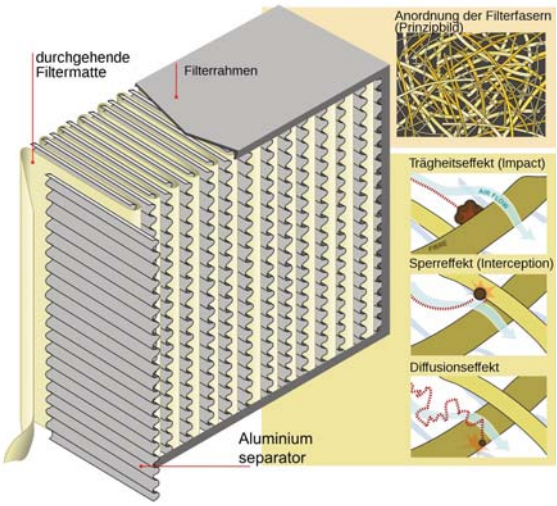
Unter dem Titel „Neue Herausforderungen in der Pharma-, Halbleiter- und Nanotechnik" wird die VDI-Tagung aktuelle sowie wegweisende Verfahren und Konzepte, in deren Brennpunkt moderne Schutz- und Barrierekonzepte stehen, für diverse Anwendungsfelder präsentieren. Das Hessische Wirtschaftsministerium ist ideeller Mitträger der Veranstaltung.

- www.vdi.de/reinraumtechnik2009

Nanotechnologie in der Reinraumtechnik

Sinn und Zweck der Reinraumtechnik ist es, Räume, begrenzte Umgebungen und Prozessmaschinen frei oder arm an Partikel und Keimen zu gestalten. Idealerweise wird die Einhaltung der jeweiligen Grenzwerte in Echtzeit überwacht. Mit Hilfe von Lüftungs- und Klimatechnik sowie verschiedenster Filter- und Adsorbertechniken gelingt es unter Beachtung der Strömungstechnik, eine kontrollierte Arbeits- oder Produktionsumgebung herzustellen und so den Ausschuss zu vermindern und Expositionsrisiken zu vermeiden.

Die Halbleitertechnik stellt die Reinraumtechnik vor besondere Herausforderungen. Da heute in der Halbleiterfertigung teilweise schon mit Strukturbreiten von 45 Nanometern gearbeitet wird, können Partikel ab einem Durchmesser von 4,5 Nanometer bereits zu Produktionsfehlern führen. Wie aber lassen sich solch kleine Schwebstoffe, die teilweise nur noch mit hochauflösenden Raster- oder Transmissionselektronenmikroskopen zu sehen sind, aus der Luft entfernen?



Der Vorgang der Abscheidung von feinen und ultrafeinen Partikel beruht wesentlich auf drei Effekten. Größere Partikel (>1 µm) folgen nicht dem Luftstrom um die Filterfasern herum, sondern prallen aufgrund ihrer Trägheit dagegen und bleiben haften (Trägheitseffekt). Kleinere Partikel, die dem Luftstrom um die Faser folgen, bleiben haften, wenn sie der Faser zu nahe kommen (Sperreffekt). Ultrafeine Partikel (< 100 nm) haben durch ihre Zusammenstöße mit den Luftmolekülen eine der Brownschen Bewegung ähnliche Flugbahn. Dadurch stoßen sie mit den Filterfasern zusammen, wobei sie haften bleiben (Diffusionseffekt).

Abtrennung ultrafeiner Stäube

Nanotechnologische Filter, deren Faserdurchmesser bis hinab zu 50 Nanometer beträgt und damit sehr viel feiner sind als beispielsweise die aus dem Automobil bekannten Pollenfilter, machen dies möglich. Wie ist das zu verstehen? Man stelle sich ein Sieb vor, dessen Stege so klein sind, dass nur noch Poren mit einem Durchmesser von wenigen 100 Nanometern durchströmt werden können. Aufgrund der sehr großen inneren Oberfläche eines solchen Filters sowie zwischenmolekular-elektrostatischen und Van der Vaals-Kräften bleiben sehr viele Partikel, die rein geometrisch durch die Poren passen würden, an den Fasern „kleben". So können diese als ULPA-Filter (ULPA steht für Ultra Low Particular Airfilter) bezeichneten Schwebstofffilter, die beispielsweise aus einer PTFE-Membran bestehen, Partikel ab einem Durchmesser von etwa fünf Nanometern abscheiden. Partikel, die größer sind als der Porendurchmesser, werden durch das „engmaschige Netz" zurückgehalten und versperren teilweise die Löcher. Um die Filter mit ihrer sehr großen inneren Oberfläche nicht unnötig schnell zu „verstopfen", ist es deshalb wichtig, Filter mit unterschiedlichen Feinheitsgraden zu kombinieren.

Messung feiner und ultrafeiner Partikel in der Luft

Für die Überwachung des Partikelgehaltes in der Luft ist eine vielfältige und kalibrierte Messtechnik erforderlich. So können Partikel bis hinab zu 100 Nanometern mit Laserpartikelzählern gemessen werden. Diese können jedoch nur innerhalb eines sehr hoch qualifizierten Reinraumes der Klassen 5 bis 1 gemäß DIN ISO 14644 bzw. VDI 2083 verwendet werden. Noch kleinere Partikel können mit sogenannten Kondensationskeimzählern gemessen werden. Hier bilden die zu messenden Partikel Kondensationskeime in einem Alkoholdampf. Je nach elektrischer Beweglichkeit der gebildeten Alkoholtröpfchen kann den zugehörigen Keimen eine entsprechende Größe zugeordnet werden.

Flexible reinraumtechnische Lösungen aus Hessen

Unternehmen im Fokus

MCRT Micro CleanRoom Technology GmbH

www.mcrt.de

Die MCRT Micro CleanRoom Technology GmbH mit Sitz in Heuchelheim bei Gießen wurde 1999 gegründet und ist heute mit ca. 30 Mitarbeitern einer der führenden Anbieter reinraumtechnischer Lösungen im deutschsprachigen Raum. Dies gilt insbesondere für die Herstellung von „Minienvironments" für die Halbleiterindustrie oder die Planung und Installation von Raumräumen zum Produkt- und Personenschutz für die Pharmaindustrie, einschließlich der notwendigen Abnahmemessungen, Schulungen und Qualifizierungen.

Sowohl die Halbleiterindustrie als auch der pharmazeutisch/medizintechnische Sektor stellen spezielle und extrem hohe Anforderungen an die Reinraumtechnik. Die besondere Stärke der MCRT liegt in der kundenspezifischen Lösung der sich daraus ergebenden Probleme. Sie entwickelt zusammen mit dem Kunden maßgeschneiderte Reinraumkonzepte, die speziell an die Erfordernisse des Produktes, dessen Prozessdurchlauf aber auch dem Personen- und Materialfluss angepasst sind. Das Reinraumkonzept umfasst dabei vor allem das Erzeugen und Einhalten der wichtigen Parameter, wie Temperatur-, Feuchte- und Partikelwerte und die komplette Mess-, Steuer- und Regeltechnik. Dies gilt bis hinab zu der höchsten definierten Reinraumklasse 1 unter Einhaltung von Klimatoleranzen z.B. von ± 0,1 K. Spezielle Filtertechniken wie Molekularfilter ermöglichen der MCRT darüber hinaus auch die Erfassung und Beseitigung chemischer Schadstoffe in der Fertigung, aber beispielsweise auch von korrosiven Luftschadstoffen in empfindlichen Bereichen wie Museen.

Easyline Kabine zur Herstellung von Biochips

Die Geschäftsführer der MCRT GmbH: Dr. Michael Rüb, Dipl.-Ing. Andreas Machmüller und Dr. Thomas Billen (v.l.n.r.)

Für alle Fragen zum Thema Reinraumtechnik in der Fertigung von Mikrostrukturtechniken, Pharmazeutika, Medizinprodukten, Lebensmitteln und Kosmetika stehen geschulte Spezialisten zur Verfügung. Sei es bei der GMP-gerechten Planung von Arbeitsbereichen oder hygienegerechtem Reinheitszonen-Layout bis hin zur Qualifizierung von lüftungstechnischen Anlagen und reinen Räumen unter Berücksichtigung der aktuell gültigen Vorschriften wie des DIN, der EU, FDA, PIC/S.

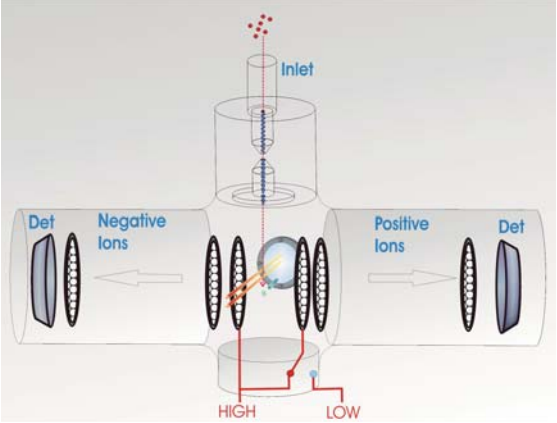
Zur Reinraumüberwachung bietet MCRT auch die dazu gehörigen Monitoringsysteme an – im Bereich Medizintechnik und Pharmazie auch zum Nachweis der Übereinstimmung mit dem Annex 1 der EU GMP (Herstellung von sterilen Arzneimitteln) aus dem Jahre 2008.

Andreas Machmüller, Mitgeschäftsführer der MCRT Micro CleanRoom Technology GmbH, erklärt das Erfolgsrezept des Unternehmens so: „Die MCRT wäre nicht so bekannt und erfolgreich, wenn es nicht im Team so ‚Menscheln' und das Umgehen untereinander aber auch mit dem Kunden so greifbar und auf dem Boden der Tatsachen stehen würde. Eine Eigenschaft, die von Vielen bewundert aber auch beneidet wird."

■ MCRT Micro CleanRoom Technology GmbH
www.mcrt.de

Messung der Größe und Zusammensetzung von luftgetragenen Partikeln

Die Wechselwirkung luftgetragener Partikel mit ihrer Umgebung ist in erster Linie ein Oberflächenphänomen. Bezogen auf ihre Gesamtmasse ist die Oberfläche von Nano- und Mikropartikeln immens groß und damit die phänomenologische Bedeutung von Aerosolpartikeln ausgesprochen prominent. Neben gesundheitlichen Aspekten spielen vor allem atmosphärenchemische und klimatische Fragen sowie in der Reinraumtechnik die Kontaminationsproblematik eine entscheidende Rolle.



Schema des bipolaren Flugzeitmassenspektrometers LAMPAS 2: Aerosolpartikel gelangen aus der untersuchten Luft über eine differenzielle Pumpstufe ins Hochvakuum des Gerätes, werden von einem Detektionslaserstrahl erkannt und anschließend von einem gepulsten UV-Laser partiell verdampft und ionisiert. Negative und positive Ionen werden von zwei getrennten Flugzeitanalysatoren detektiert.

Nur eine valide und authentische Untersuchungsmethode kann Kontaminationsquellen aufspüren, die Kontaminationsarmut sicherstellen und luftchemische Prozesse charakterisieren. In der Vergangenheit wurde zur Charakterisierung von Aerosolen eine hinreichende Anzahl von Partikeln mithilfe von Impaktoren vor Ort gesammelt und anschließend im Labor in Elektronenmikroskopen, Sekundärionen-Massenspektrometern (SIMS) oder Lasermikrosonden-Massenanalysatoren (LAMMA) analysiert.

Heute wird stattdessen überwiegend eine berührungslose Analysemethode eingesetzt, bei der vor Ort und unmittelbar Einzelpartikel chemisch charakterisiert und daher präparationsbedingte Artefakte weitestgehend ausgeschlossen werden. Bei dieser „LAMPAS"-Methode (Laser Mass Analysis of Particles in the Airborne State) werden Partikel direkt aus der sie umgebenden Luft heraus einzeln analysiert. In einem differenziell gepumpten Einlasssystem durchfliegen die luftgetragenen Partikel zur Größenbestimmung eine Streulicht-Detektionszone und werden anschließend in der Ionisierungszone im Flug von einem hochenergetischen, vom Streulichtsignal getriggerten, UV-Laserpuls partiell verdampft und ionisiert. Um das Partikel umfassend chemisch charakterisieren zu können, werden die erzeugten Ionen beider Polaritäten parallel in zwei unabhängigen Flugzeit-Massenanalysatoren nachgewiesen.

Der zugängliche Größenbereich bei dieser Art der Partikelanalyse wird durch die Nachweisbarkeit des Streulichtes limitiert, die unterhalb von etwa 100 Nanometern nicht mehr für eine aktive Triggerung des UV-Lasers ausreicht. Nicht agglomerierte ultrafeine Partikel können dann nur ohne Streulichttriggerung mit verringerter Trefferwahrscheinlichkeit nachgewiesen werden.

Die berührungslose Einzelpartikelanalyse liefert in Zusammenhang mit statistischer Auswertung ein detailliertes Bild von Partikelpopulationen und Einzelpartikelcharakteristiken. Neben dem Reinraum-Monitoring sind mögliche Anwendungsbereiche des Systems unter anderem zu finden in der Abgas-, Innenraumpartikel- und Atmosphären-Untersuchung sowie im medizinischen Bereich, beispielsweise in der Allergieforschung und der Toxikologie.

Mobiles Aerosol-Massenspektrometer LAMPAS 2: Das Gerät kann ohne weitere Vorkehrungen in einem Kleintransporter an den Messort gebracht werden und ist anschließend innerhalb von etwa 30 Minuten einsatzbereit.

Weitere Informationen:
www.uni-giessen.de/analytik

Kontakt:

Prof. Dr. Bernhard Spengler
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Anorganische und Analytische Chemie
Tel.: 0641/99-34800
Bernhard.Spengler@anorg.chemie.uni-giessen.de

Dr. Klaus-Peter Hinz
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Anorganische und Analytische Chemie
Tel.: 0641/99-34812
Klaus-Peter.Hinz@anorg.chemie.uni-giessen.de

Termine und Veranstaltungen

07.10.2009 Gießen

NanoSurface 2009: Photovoltaik

Fachtagung der AG Materialwissenschaften der Justus-Liebig-Universität Gießen in Kooperation mit der IHK-Innovationsberatung Hessen, des TechnologieTransferNetzwerks Hessen und der Aktionslinie Hessen-Nanotech

- www.ttn-hessen.de

26.10.+27.10.2009 Frankfurt

13. VDI-Tagung Reinraumtechnik „Neue Herausforderungen in der Pharma-, Halbleiter- und Nanotechnik"

Tagung mit begleitender Fachausstellung. Fachlicher Träger ist die VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung

- www.vdi.de/reinraumtechnik2009

17.11.2009 Kassel

Farben und Lacke mit Nanotechnologie

Informationsveranstaltung für Anwender, mit begleitender Produktausstellung. Veranstalter ist die Aktionslinie Hessen-Nanotech

- info@hessen-nanotech.de

26.11.2009 Hanau

6. Nanotechnologieforum Hessen „Nanotechnologien für Mensch und Gesundheit"

Jahreskongress der Aktionslinie Hessen-Nanotech, mit begleitender Ausstellung

- www.hessen-nanotech.de/nanoforum

Dezember 2009 Weiterstadt

Farben und Lacke mit Nanotechnologie

Informationsveranstaltung für Anwender, mit begleitender Produktausstellung. Veranstalter ist die Aktionslinie Hessen-Nanotech

- info@hessen-nanotech.de

1. Halbjahr 2010 Berlin

Nanotechnologien für Katastrophenschutz und Entwicklungszusammenarbeit

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

- info@hessen-nanotech.de

Weitere Veranstaltungsinformationen finden Sie unter 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
Internet: www.wirtschaft.hessen.de

Projektträger 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
markus.laemmer@hessen-agentur.de
Internet: www.hessen-agentur.de
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. 5 Andreas Machmüller, MCRT Micro CleanRoom Technology GmbH

Titelbild
Halbleiterfertigung in einem Reinraum (Quelle: Infineon Technologies AG)

Bildmaterial
S. 4 Sandra Göttisheim (KIT) / S. 5 LadyofHats (de.wikipedia / gemeinfrei) / S. 6 MCRT / S. 7 Uni Gießen

Gestaltung
Muhr, Design + Werbung,
Seerobenstraße 27, D-65195 Wiesbaden
www.muhr-partner.com

Druck
Bernecker MediaWare AG,
Unter dem Schöneberg 1, 34212 Melsungen

Erscheinungsweise
6-mal pro Jahr (kostenlos)

Auflagenhöhe
7.600 Stück

Newsletter-Abonnement
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:

Erhöhung der Materialeffizienz durch Nanotechnologie und neue Materialien