

# bild der wissenschaft plus



## DER GROSSE WURF

WIE NANOTECHNOLOGIE EIN LAND ZUKUNFTSFÄHIG MACHT

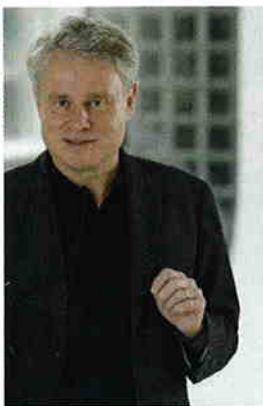
Eine Sonderpublikation in Zusammenarbeit mit der

LANDESSTIFTUNG  
Baden-Württemberg

## Die Neuentdeckung der Welt

**HELLE KLEIDUNG IST TRENDY.** Aber man sieht dort jeden Fleck. Lacke schillern prächtig. Doch wehe, sie bekommen Kratzer. Arzneimittel lindern Krankheiten – leider oft mit unliebsamen Nebenwirkungen. Solarzellen erzeugen umweltfreundlichen Strom. Doch noch ist die Photovoltaik für einen breiten Einsatz viel zu teuer. Was wäre, wenn Schmutz- und Kratzempfindlichkeit, Nebenwirkungen oder Kosten deutlich verringert werden könnten? Klare Antwort: Solche Produkte würden sich von der Konkurrenz ab- und somit am Markt durchsetzen. Möglich machen könnte all dies eine einzige Technologie – die Nanotechnologie. Ihre Funktionsstrukturen messen weniger als 100 Nanometer – sie liegen also unter einem zehntausendstel Millimeter. In der Nanowelt bekommen atomare Kräfte und molekulare Reaktionen einen völlig neuen Stellenwert – mitunter einen so starken, dass die neuen Materialeigenschaften qualitativ deutlich über den bisherigen liegen. Die Umsätze, die sich mit nanostrukturierten Materialien machen lassen, gehen in die Hunderte von Milliarden Euro.

K. Mellenthin für bdw



Wolfgang Hess, Chefredakteur

Bei der Erforschung der Nanowelt sind die USA, Japan, Europa – und da vor allem Deutschland – führend. Doch in der Vergangenheit hat von den hierzulande erforschten Grundlagen oft die Industrie anderer Länder profitiert. Computer, Raketen, Fax, MP3-Player und bald vielleicht auch der Transrapid sind unerfreuliche Beispiele.

In Baden-Württemberg hat man aus diesen Umsetzungsschwächen gelernt. So unterstützt die Landesstiftung Baden-Württemberg das Kompetenznetz „Funktionelle Nanostrukturen“, in dem Wissenschaftler verschiedener Disziplinen mit Partnern aus Wirtschaft und Politik kooperieren. Ziel ist, Grundlagenforschung auf Weltspitzenniveau zu fördern. Gleichzeitig haben die Wissenschaftler von Anfang an die wirtschaftliche Anwendung im Auge. Erkenntnisse werden rasch zu Patenten.

Im Jahr 2000 ins Leben gerufen und mit dem Erlös aus dem Verkauf des Landesanteils der zur EnBW fusionierten Energieversorger Badenwerk und EVS gut abgepolstert, ist die Landesstiftung Baden-Württemberg die zweitgrößte deutsche Stiftung nach privatem Recht (Stiftungsvermögen 2007: 2,8 Milliarden Euro). Neben Bildung, sozialer Verantwortung und Kultur fördert sie in erster Linie Forschung und Wissenschaft. Über 10 Millionen Euro hat die Stiftung bisher allein in die Nanoforschung gesteckt. Was dadurch bewegt wird, zeigt diese Sonderausgabe von bild der wissenschaft – mit vielen Bildern, die der Augsburger Fotograf Bernd Müller produzierte. Wenn Sie noch mehr erfahren wollen oder direkten Kontakt zu den Forschern suchen, hilft Ihnen nano.bd.w.de weiter. Dort treffen Sie dieses Supplement internetgerecht aufbereitet an.

bild der wissenschaft plus | 3

- 4 UNSICHTBARE NEUE WELT**  
Die Nanotechnologie ist der Schlüssel zu vielen neuen Produkten und technischen Anwendungen.
- 9 IMPRESSUM**
- 10 ATOME STREICHELN**  
Rastermikroskope: Fenster ins Reich der Atome
- 12 „WELTSPITZE ZUSAMMEN MIT USA UND JAPAN“**  
Wissenschaftsminister Frankenberg und Wirtschaftsminister Pfister über die Chancen durch „Nano“
- 16 ARCHITEKTEN DES ALLERKLEINSTEN**  
Wie Forscher filigrane Nanolandschaften erschaffen
- 20 KREATIVES GEFLECHT**  
Das Kompetenznetz „Funktionelle Nanostrukturen“
- 22 BLAULICHT AUS DEM SÄULENWALD**  
Winzige Zäpfchen für bessere und billigere Laser
- 24 MUSKELN AUS GOLD**  
Poröse Edelmetalle wirken wie künstliche Muskeln.
- 26 LEGO FÜR ERWACHSENE**  
Molekulare Bausteine, die sich selbst arrangieren
- 28 WIE GUT IST DER STANDORT SÜDWEST?**  
Analyse der Nanoforschung in Baden-Württemberg
- 30 MIT TARNKAPPEN GEGEN KREBS**  
Verpackte Wirkstoffe: anschleichen und attackieren
- 34 RECHNEN MIT RÖHRCHEN**  
Makkaroni-Moleküle statt Silizium in Transistoren
- 36 VÖLLIG NEUE DIMENSIONEN**  
Bosch-Manager Siegfried Dais im Interview
- 38 PANIK BEI 73 NANOMETERN**  
Was man von Zellen für neue Implantate lernen kann
- 40 MIT VIREN STRIPPEN ZIEHEN**  
Tabakschädlinge als Gussform für Nanodrähte
- 42 GEFANGEN IM QUANTENPUNKT**  
Trickreiche Technik für superschnelle Computer



A. Rio/mautius Images, Montage: K. Marx

**Der große Wurf:** Die Erkenntnisse der Nanoforscher könnten viele Bereiche von Wirtschaft und Alltag revolutionieren. Für die kommenden Generationen wird das Leben ohne „Nano“ kaum noch vorstellbar sein.



# WIE GUT IST DER STANDORT SÜDWEST?

Die Qualität von wissenschaftlicher Arbeit wird über die Zahl der Fachpublikationen sowie der Zitatraten gemessen. Hier die Resultate für die Nanoforschung.

*Text: Privatdozent Dr. Ulrich Schmoch und Dr. Torben Schubert, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe*

**SEIT MITTE DER NEUNZIGERJAHRE** steigen die Forschungsaktivitäten in der Nanotechnologie rasant an (erste Flut an Nanotech-Veröffentlichungen). Europa liegt dabei vor den USA und deutlich vor Japan. Auffallend ist das starke Wachstum der Publikationen der übrigen Länder. Daran hat China einen großen Anteil (alle Zahlen basieren auf der US-Publikationsdatenbank Science Citation Index, Kürzel: SCI, die sich als weltweiter Standard eingebürgert hat).

Der Anteil Deutschlands an den europäischen Nanotech-Publikationen lag 2006 bei 31 Prozent, wobei 22 Prozent der aus Deutschland kommenden Publikationen aus Baden-Württemberg stammten.

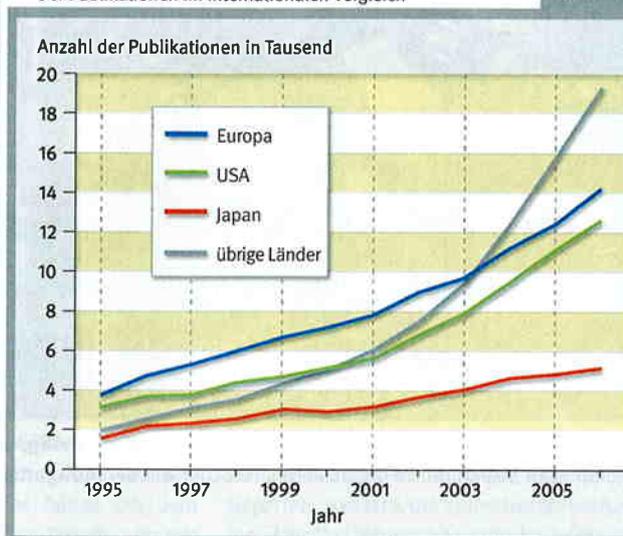
Die Auswertung der Publikationsdatenbank erlaubt es, besonders aktive Einrichtungen zu ermitteln. Bei den Universitäten betrachteten wir speziell Fachbereiche, weil das am ehesten einen Vergleich mit den ausländischen Universitäten – etwa Cambridge und Oxford – oder mit außeruniversitären Forschungsinstituten wie dem Max-Planck-Institut für Polymerforschung ermöglicht.

## DIE AKTIVSTEN: TOP 20 IN EUROPA

In der Liste der 21 Einrichtungen mit den meisten Publikationen in Europa stammen 14 aus Deutschland (baden-württembergische Einrichtungen in Orange). Mit dem Max-Planck-Institut für Festkörperforschung in Stuttgart steht ein Institut aus Baden-Württemberg an der Spitze. Und zwei weitere Einrichtungen aus Baden-Württemberg sind unter den Top 20: das Max-Planck-Institut für Metallforschung – ebenfalls in Stuttgart – und das Institut für Nanotechnologie am Forschungszentrum Karlsruhe.

## 1. FLUT AN NANOTECH-VERÖFFENTLICHUNGEN

SCI-Publikationen im internationalen Vergleich



## 2. DIE AKTIVSTEN: TOP 20 IN EUROPA

Zahl der Publikationen 2006

MPI für Festkörperforschung, Stuttgart	169
MPI für Polymerforschung, Mainz	131
MPI für Mikrostrukturphysik, Halle	116
Uni Oxford, Department of Materials (GB)	113
Uni Cambridge, Cavendish Laboratory (GB)	105
Uni Cambridge, Depart. of Materials Science & Metallurgy (GB)	103
CSIC, Instituto de Ciencia de Materiales, Madrid (E)	102
Uni Erlangen-Nürnberg, Naturwissenschaftliche Fakultät	98
MPI für Metallforschung, Stuttgart	97
MPI für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Potsdam	93
TU Berlin, Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften	84
A. F. Ioffe Physico-Technical Institute, St. Petersburg (RUS)	82
Uni Cambridge, Department of Chemistry (GB)	80
Uni Münster, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät	77
Humboldt-Uni Berlin, Math.-Naturwissenschaftl. Fakultät	77
FZ Karlsruhe, Institut für Nanotechnologie	76
Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin	74
Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung, Dresden	66
European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble (F)	64
TU Berlin, Institut für Festkörperphysik	61

Grafiken K. Marx, Quelle: Fraunhofer ISI

### 3. DIE AKTIVSTEN: TOP 20 IN DEUTSCHLAND

Zahl der Publikationen 2006

1	MPI für Festkörperforschung, Stuttgart	169
2	MPI für Polymerforschung, Mainz	131
3	MPI für Mikrostrukturphysik, Halle	116
4	Uni Erlangen-Nürnberg, Naturwissenschaftliche Fakultät	98
5	MPI für Metallforschung, Stuttgart	97
6	MPI für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Potsdam	93
7	TU Berlin, Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften	84
8	Uni Münster, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät	77
8	Humboldt-Uni Berlin, Mathematisch-Naturwiss. Fakultät	77
10	FZ Karlsruhe, Institut für Nanotechnologie	76
11	Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin	74
12	Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung, Dresden	66
13	TU Berlin, Institut für Festkörperphysik	61
14	Hahn-Meitner-Institut, Berlin	51
15	FU Berlin, Fakultät für Physik	51
16	Uni Karlsruhe, Fakultät für Physik	39
17	Uni Konstanz, Fachbereich für Physik	36
18	Uni Augsburg, Fakultät für Physik	35
18	Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik, Berlin	35
20	TU München, Walter-Schöttky-Institut	33

### 4. NANOTECH IN BADEN-WÜRTTEMBERG

Zahl der Publikationen 2006

1	MPI für Festkörperforschung, Stuttgart	169
2	MPI für Metallforschung, Stuttgart	97
3	FZ Karlsruhe, Institut für Nanotechnologie	76
4	Uni Karlsruhe, Fakultät für Physik	39
5	Uni Konstanz, Fachbereich Physik	36
6	Uni Tübingen, Fakultät für Chemie und Pharmazie	26
7	Uni Karlsruhe, Fakultät für Chemie und Biowissenschaften	22
8	Uni Heidelberg, Fakultät für Chemie und Geowissenschaften	15
9	Uni Heidelberg, Fakultät für Physik und Astronomie	14
10	Uni Freiburg, Material Research Center	14

### 5. DIE MEISTGENANNTEN

Zitate pro im Jahr 2004 veröffentlichter Publikation

	Massachusetts Institute of Technology	22,18
	FZ Karlsruhe, Institut für Nanotechnologie	19,94
	MPI für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Potsdam	15,82
	MPI für Polymerforschung, Mainz	12,76
	MPI für Festkörperforschung, Stuttgart	10,80
	MPI für Mikrostrukturphysik, Halle	10,70
	Uni Cambridge, Depart. of Materials Science & Metallurgy	10,69
	Humboldt-Uni Berlin, Mathematisch-Naturwissenschaftl. Fakultät	10,09
	MPI für Metallforschung, Stuttgart	9,67
	Uni Erlangen-Nürnberg, Naturwissenschaftliche Fakultät	9,62
	Uni Münster, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät	9,36
	CSIC, Instituto de Ciencia de Materiales, Madrid	9,22
	Uni Oxford, Department of Materials	8,80
	TU Berlin, Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften	7,63
	Uni Cambridge, Cavendish Laboratory	7,36

### DIE AKTIVSTEN IN DEUTSCHLAND

Die Auswertung von Einrichtungen mit den meisten Publikationen für Deutschland enthält fünf baden-württembergische Institutionen. Neben zwei Max-Planck-Instituten und dem Forschungszentrum Karlsruhe sind das auch die Universität in Karlsruhe sowie die Universität Konstanz. Die zehn publikationsstärksten Forschungseinrichtungen im Südwesten folgen in der nächsten Tabelle.

Institute der Fraunhofer-Gesellschaft sind nirgendwo verzeichnet – obwohl sie nach Experten-Meinung in der Nanotechnologie sehr leistungsfähig sind. Ursache ist die SCI-Datenbank, die stark auf Grundlagenforschung ausgerichtet ist. Fraunhofer-Institute dagegen betreiben vor allem angewandte Forschung.

### DIE MEISTGENANNTEN

Eine große Zahl an Veröffentlichungen allein ist nur beschränkt aussagefähig. Denn hinter häufigen Publikationen könnte die Strategie stehen, viele kleinteilige Ergebnisse zu veröffentlichen, um so die Bilanz aufzupolieren. Deshalb wird die Zahl der Publikationen häufig um qualitative Merkmale ergänzt. Hier hat sich vor allem die Zahl der Zitate bewährt. Denn wichtige Veröffentlichungen werden von späteren Publikationen gerne als Quelle angeführt.

Für die Zitatauswertung betrachteten wir Publikationen des Jahres 2004. Auch wenn es einen anderen Anschein hat, ist dieses Bezugsjahr höchst aktuell: Zwischen der eigentlichen Publikation und dem Zeitpunkt, zu dem diese von anderen Wissenschaftlern wahrgenommen und zitiert wird, vergehen oft Jahre. Konkret analysierten wir die Zitatquoten der nach der Zahl der Publikationen führenden deutschen Einrichtungen. Diese stellten wir den aktivsten europäischen Einrichtungen sowie dem Massachusetts Institute of Technology (MIT) in den USA gegenüber, das als weltführend gilt. Nach Zitaten pro Publikation ist das MIT in der Nanotechnologie mit einem Wert von etwa 22 überragend, wobei das Institut für Nanotechnologie (INT) am Forschungszentrum Karlsruhe mit einem Index von 17 nur wenig dahinter liegt.

### FAZIT

Mit den beiden Stuttgarter Max-Planck-Instituten für Festkörperforschung und Metallforschung verfügt Baden-Württemberg über zwei weltweit beachtete Forschungszentren der Nanotechnologie, die nach Zahl ihrer Publikationen in Europa zur Spitzengruppe gehören. Große Bedeutung hat auch der Standort Karlsruhe, an dem sich die Universität und das Forschungszentrum zum Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Anfang 2008 zusammengeschlossen haben. Betrachtet man die Publikationszahlen der hier untersuchten Forschungseinrichtungen, so steht das KIT in Europa bereits an zweiter Stelle (Forschungszentrum + Uni, Physik, + Uni, Chemie und Biowissenschaften = 137 Publikationen). Bemerkenswert ist vor allem die hohe Qualität der Forschung des Instituts für Nanotechnologie, einer zentralen Säule des KIT: Dieses spielt in derselben Liga wie die weltweit führenden Forschungszentren. ■