

Pfirschmann, Oliver

**Book**

Stand und Perspektiven der Beschäftigung in der Nanotechnologie in Deutschland: Eine Expertise auf Grundlage vorhandener Studien und Expertengespräche

edition der Hans-Böckler-Stiftung, No. 215

**Provided in Cooperation with:**

The Hans Böckler Foundation

*Suggested Citation:* Pfirschmann, Oliver (2008) : Stand und Perspektiven der Beschäftigung in der Nanotechnologie in Deutschland: Eine Expertise auf Grundlage vorhandener Studien und Expertengespräche, edition der Hans-Böckler-Stiftung, No. 215, ISBN 978-3-86593-097-2, Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/116448>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

Oliver Pfirrmann

**Stand und  
Perspektiven der  
Beschäftigung in der  
Nanotechnologie  
in Deutschland**

Oliver Pfirrmann

unter Mitarbeit von Silke Stahl-Rolf

**Stand und Perspektiven der Beschäftigung  
in der Nanotechnologie in Deutschland**



Oliver Pfirrmann  
unter Mitarbeit von Silke Stahl-Rolf

**Stand und Perspektiven  
der Beschäftigung  
in der Nanotechnologie  
in Deutschland**

Eine Expertise auf Grundlage vorhandener Studien  
und Expertengespräche



edition der Hans-Böckler-Stiftung 215

**PD Dr. Oliver Pfirrmann**, Studium der Politik- und Wirtschaftswissenschaften in Bonn und Berlin; 1991 Promotion und 2007 Habilitation jeweils an der Freien Universität Berlin. Nach Studiumsabschluss 1987 wissenschaftlicher Mitarbeiter des Fraunhofer Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe, ab 1990 Projektleiter bei der VDI/VDE-Informationstechnik GmbH, in Berlin im Bereich Technologieanalysen, ab 1995 Koordinator einer Forschungs- und Beratungsgruppe an der Freien Universität Berlin. 2005 bis 2006 Bereichsleiter bei Joanneum Research, Graz. Seit Anfang 2006 bei der Prognos AG Basel/Berlin und dort verantwortlich für das Marktfeld Technologie und Märkte. Veröffentlichung einer Vielzahl von Studien zu Innovations- und Technologiethemen sowie Förderprogrammen auf nationaler und internationaler Ebene.

**Dr. Silke Stahl-Rolf**, Diplom-Volkswirtin, ist seit 2000 bei der VDI Technologiezentrum GmbH in Düsseldorf als Senior-Technologieberaterin tätig. Zuvor wissenschaftliche Tätigkeiten an der Universität Freiburg, dem Max-Planck-Institut für Ökonomik in Jena, der Columbia University New York sowie der Universität Witten-Herdecke.

© Copyright 2008 by Hans-Böckler-Stiftung  
Hans-Böckler-Straße 39, 40476 Düsseldorf  
Produktion: Setzkasten GmbH, Düsseldorf  
Printed in Germany 2008  
ISBN: 978-3-86593-097-2  
Bestellnummer: 13215

Alle Rechte vorbehalten, insbesondere die des öffentlichen Vortrages, der Rundfunksendung, der Fernsehausstrahlung, der fotomechanischen Wiedergabe, auch einzelner Teile.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>6</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>7</b>
<b>1. Einführung</b>	<b>9</b>
<b>2. Leitende Fragestellungen und methodisches Vorgehen</b>	<b>13</b>
<b>3. Ergebnisse zum Stand der Beschäftigung der Nanotechnologie in Deutschland</b>	<b>19</b>
3.1. Auswertung von Studien zum Gesamtmarkt	19
3.2. Bestandsaufnahme bei Teilmärkten und Branchen der Nanotechnologie	24
3.3. Statistische Deskription vorhandener einzelwirtschaftlicher Angaben	37
<b>4. Ergebnisse zu den Beschäftigungsperspektiven der Nanotechnologie in Deutschland</b>	<b>49</b>
4.1. Prognosen auf Basis der Literaturrecherchen	49
4.2. Relevanz von exogenen Einflussfaktoren auf die Beschäftigungsentwicklung	54
<b>5. Zusammenfassung der Ergebnisse</b>	<b>57</b>
<b>6. Literatur</b>	<b>61</b>
<b>Selbstdarstellung der Hans-Böckler-Stiftung</b>	<b>67</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Überblick zum methodischen Vorgehen	17
Abbildung 2:	Akteure in der Nanotechnologie	38
Abbildung 3:	Extrapolation der Beschäftigung von Unternehmen mit bis zu 5000 Beschäftigten	40
Abbildung 4:	Extrapolation der Beschäftigung von Unternehmen mit mehr als 5000 Beschäftigten	41
Abbildung 5:	Gesamtübersicht zur Abschätzung der Beschäftigung von Unternehmen in der Nanotechnologie in Deutschland	42
Abbildung 6:	NanoMap für Wissenschaft und Forschung	45
Abbildung 7:	Nanotechnologie Marktentwicklungsszenarien (weltweit)	51
Abbildung 8:	Nanotechnologie Beschäftigungsszenario nach Lux Research (weltweit)	52
Abbildung 9:	Finanzierung von Nanotechnologie	55
Abbildung 10:	Ergebnisübersicht zu den Abschätzungen zur Beschäftigung der Nanotechnologie in Deutschland	58

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Synopse aktueller Studien zum Beschäftigungsstand der Nanotechnologie in Deutschland und weltweit	21
Tabelle 2:	Abschätzungen des jährlichen Weltmarktvolumens nanotechnologischer Produkte in den jeweiligen Lead-Märkten	24
Tabelle 3:	Potenzielle Anwendungen von Nanomaterialien in verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette der Chemischen Industrie	28
Tabelle 4:	Anwendungsmöglichkeiten der Nanotechnologie im Automobil auf verschiedenen Wertschöpfungsstufen	31
Tabelle 5:	Beschäftigungsstichprobe für NanoMap-Unternehmen	43
Tabelle 6:	Ausgaben für Forschung und Entwicklung der wissenschaftlichen Einrichtungen des öffentlichen Sektors 2004 (nach Einrichtungsarten und Technologiebereichen, Angaben in 1000 EURO)	46
Tabelle 7:	Synopse aktueller Studien zum Beschäftigungspotenzial der Nanotechnologie in Deutschland und weltweit	50



# 1. Einführung

Nanotechnologie ist eine vergleichsweise neue Technologie, bei der Strukturen, Materialien, Grenz- und Oberflächen im Nanometer-Bereich ( $10^{-9}\text{m} = 1$  milliardstel Meter) entwickelt werden. Mit dieser Größenordnung ist ein Grenzbereich beschrieben, in dem die Oberflächeneigenschaften gegenüber den Volumeneigenschaften der Materialien eine immer größere Rolle spielen und zunehmend wissenschaftlich grundlegende (quanten-)physikalische Effekte zu berücksichtigen sind. Die Nanotechnologie gehört zu den so genannten »Querschnittstechnologien«. Sie steht für eine neue interdisziplinäre und branchenübergreifende Herangehensweise. Sie ist damit von ihrer Reichweite bzw. ihrem Einfluss bedeutsam für Entwicklungen in der Elektronik, Optik, Biotechnologie und insbesondere bei neuen Materialien, d.h. Verbund- und Werkstoffen sowie Grundstoffen, die durch chemische Industrie bereitgestellt werden.

Die Entwicklungen auf Basis der Nanotechnologie sind indes nicht auf diese Branchen des Investitionsgüterproduzierenden Gewerbes beschränkt. Sie entfalten bereits heute oder in naher Zukunft im Bereich lang- und kurzlebiger Konsumgüter ihre Relevanz wie z. B. im Automobilsektor (neue Kratzfestlacke, Beschichtungen von Windschutzscheiben) oder in der Kosmetikbranche (besonders schützende Sonnencremes, Deodorants). Weitere wichtige Branchen sind die medizintechnische und pharmazeutische Industrie (diagnostische Kontrastmittel, Bio-Chips) sowie die Energie- und Umwelttechnik (Batterien, Solarzellen).

Die Nanotechnologie ist nicht nur ein Feld, in dem High-Tech-Unternehmen bzw. Ausgründungen aus wissenschaftlichen Einrichtungen wie Hochschulen und Forschungseinrichtungen agieren. Es finden sich auch etablierte, große Unternehmen aus den zuvor erwähnten Branchen des Investitionsgüterproduzierenden Gewerbe, d.h. vor allem der Chemie, der Elektronik und Optik. Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Nanotechnologie ist Studien zufolge hoch. Weltweit lagen die privaten und öffentlichen Investitionen im Bereich Nanotechnologie in 2005 bei ca. 9 Mrd. Euro pro Jahr. Dabei sind die so genannten Triade-Regionen Europa mit 2,5 Mrd. Euro, USA mit 3,5 Mrd. Euro und Japan mit 2,7 Mrd. Euro weltweit am bedeutendsten.<sup>1</sup>

1 Vgl. dazu A. Hullmann: The economic development of nanotechnology – an indicator based analysis. European Commission DG Research <http://cordis.europa.eu/nanotechnology> (Version vom 28. November 2006)

Jenseits der technologischen und ökonomischen Relevanz liegen präzise statistische Angaben sowohl zur Zahl der Unternehmen in der Nanotechnologie als auch zum Marktvolumen bisher nur näherungsweise vor. Das ist zum einen dem heterogenen Definitionsstand aus technologischer Sicht geschuldet, der eine quantitative Analyse erschwert.<sup>2</sup> Zum anderen ist aus industrieller bzw. Wertschöpfungsperspektive strittig, welche Unternehmen bzw. Branchen denn nun genau dazu gehören, wenn nanotechnologische Entwicklungen in einer Branche erfolgen, z. B. Chemie und der Einsatz dieser Entwicklungen oder Halbfertigprodukte in anderen Branchen, z.B. im Fahrzeugbau, erfolgt. Ein Beispiel dafür sind Kohlenstoffnanoröhrchen, so genannte Carbon nanotubes. Entwickelt aus Kohlenstoffäden sind diese Carbon nanotubes in der Lage Strom besonders gut zu leiten und Wärme besser als jedes Metall abzuführen. Gleichzeitig weisen sie äußerst robuste und belastbare Materialeigenschaften auf. Interessant ist dabei, dass die Carbon nanotubes nicht in der Mikroelektronik bei Halbleitern oder in der Informations- und Kommunikationstechnik z.B. bei Bildschirmen zuerst eingesetzt worden sind, sondern bei Konsumprodukten wie Fahrradhelmen und Tennisschlägern.<sup>3</sup> Diese Abgrenzungsproblematik ist auch aus anderen Technologiefeldern mit Querschnittscharakter wie der Mikrosystemtechnik bekannt und bedarf einer seriösen Abgrenzung und entsprechenden Methodik.

Es bestehen also offenkundig Forschungsdefizite, da eine Vielzahl von Arbeiten zum Thema Nanotechnologie Aussagen zu ihrer sozioökonomischen Relevanz trifft, jedoch dieses erstens nicht auf einer einheitlichen Definitionsgrundlage geschieht, zweitens nicht immer klar zwischen den verschiedenen Dimensionen Entwicklung und Anwendung unterschieden wird.<sup>4</sup> Beides ist indes für eine sachliche technologiepolitische Debatte von Nöten.

Mit diesem Bericht legt die Prognos AG die Ergebnisse (aus 2007) einer Studie zum Thema, Stand und Perspektiven der Beschäftigung in der Nanotechnologie in Deutschland vor. Die Studie hat die bisher angefertigten Arbeiten, insbesondere nationale und sofern relevant internationale Quellen zusammengeführt, vergleichend ausgewertet und durch eigene Empirie (Expertengespräche) so weit wie

2 Vgl. dazu T. Fleischer et al.: Einführung in den Schwerpunkt: große Aufmerksamkeit für kleine Welten – Nanotechnologie und ihre Folgen. In: Technikfolgenabschätzung Theorie und Praxis, Nr. 2, 13. Jg., Karlsruhe, 2004, S. 5 ff.

3 Vgl. Technology Review vom 2.10.2007.

4 Vgl. dazu A. Nordmann (Hrsg): Nanotechnologien im Kontext. Philosophische, ethische und gesellschaftliche Perspektiven, Berlin 2006.

möglich abgesichert. Bei der Materialsammlung und -auswertung wurde Prognos unterstützt von der VDI Technologiezentrum GmbH.



## 2. Leitende Fragestellungen und methodisches Vorgehen

Es ist gegenwärtig unzweifelhaft, dass eine künftig breite Nutzung der Nanotechnologie erhebliche Chancen, aber auch Herausforderungen für Wirtschaft und Gesellschaft mit sich bringt. Bei den Herausforderungen werden vor allem unerwünschte Wirkungen von Nanopartikeln auf Mensch und Umwelt diskutiert.<sup>5</sup> Obgleich dieser Aspekt bei der Abschätzung von Beschäftigungspotenzialen noch einmal angesprochen wird, bleibt festzuhalten, dass es sich hierbei um einen eigenständigen Aspekt, der mit Blick auf die Technology Assessment-Debatte einer gesonderten Untersuchung bedarf.

Bei den Chancen werden vor allem die ökonomischen Potenziale der Nanotechnologie diskutiert. Wichtige Aspekte der sozioökonomischen Diskussion, die auch durch diese Untersuchung aufgegriffen werden sollen, sind:

- Wie bedeutsam ist überhaupt das Beschäftigungspotential durch die Nanotechnologie Deutschland?
- Welche Herausforderungen birgt der globale Innovationswettbewerb in der Nanotechnologie für die damit in Verbindung stehenden Beschäftigungspotentiale in Deutschland?

Zu berücksichtigen ist, dass das Gebiet der Nanotechnologie charakteristische Merkmale aufweist, die eine quantitative Einschätzung vor besondere Herausforderungen stellt:<sup>6</sup>

- Nanotechnologie lässt sich nicht klassischen Industriebranchen zuordnen, deren Umsätze in Wirtschaftszweigstatistiken z. B. des Statistischen Bundesamtes erfasst werden. Nanotechnologie ist vielmehr als eine branchenübergreifende Querschnittsdisziplin zu verstehen;
- Nanotechnologie stellt keine einheitliche Technologieplattform dar, sondern beinhaltet ein breites Spektrum unterschiedlicher Technologien und Forschungsfelder (Werkstofftechnik, Schichttechnologie, Nanostrukturierung, Analytik, Oberflächenbearbeitung);

5 Vgl. z.B. H.F. Krug et al.: Toxikologische Aspekte der Nanotechnologie. Versuch einer Abwägung. In: Technikfolgenabschätzung Theorie und Praxis, Nr. 2 13. Jg., Karlsruhe, 2004, S. 58 ff. bzw. vgl. dazu auch die Arbeiten des VDI Technologiezentrums.

6 Vgl. dazu W. Luther: Nanotechnologie als wirtschaftlicher Wachstumsmarkt, Düsseldorf 2004, S. 39.

- Nanotechnologische Verfahren und Produkte setzen zumeist am Beginn der Wertschöpfungskette an und berücksichtigen überwiegend einzelne Komponenten, deren Funktionalität durch Nanotechnologie verbessert wird. Der Anteil der Nanotechnologie an der Wertschöpfung marktgängiger Produkte lässt sich damit nur abschätzen oder über Primärerhebungen bei Herstellern genau erfassen;
- Nanotechnologie in Gänze betrachtet befindet sich großenteils noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium. Eine Überführung in die industrielle (Massen-)Produktion ist bisher nur in den zuvor erwähnten Einzelfällen erfolgreich von Statten gegangen. Abschätzungen von Marktpotentialen künftiger Produkterfolge auf Basis von Nanotechnologie sind daher immer auch mit Unsicherheiten behaftet.

Um in quantitativer Hinsicht aussagefähig zu sein, muss sich die Untersuchung zuallererst auf eine klare, gebräuchliche und für eine Literaturanalyse anschlussfähige Definition stützen. Eine in Deutschland gegenwärtig verwendete, zentrale Definition von Nanotechnologie, die diesen Anforderungen entspricht lautet:<sup>7</sup>

*Gegenstand der Nanotechnologie ist die Herstellung und Anwendung von Strukturen, molekularen Materialien, inneren Grenzflächen und Oberflächen mit kritischen Dimensionen oder Fertigungstoleranzen von einigen 10 nm bis zu atomaren Abmessungen, (...) Ziel ist die Präparation materialabhängiger Festkörpereigenschaften, -dimensionen und neuen Funktionen basierend auf neuen physikalisch-chemisch-biologischen Wirkprinzipien, deren Ursache im submikroskopischen bzw. atomaren und molekularen Bereich begründet sind. (...) Nanotechnologie beschäftigt sich mit Systemen, deren neue Funktionen und Eigenschaften nur allein von den nanoskaligen Effekten ihrer Komponenten abhängig sind.*<sup>8</sup>

Es werden mithin diejenigen Analysen und Studien ausgewählt, die eine in Bezug auf die Strukturabmessungen, Reichweite und Funktionalität vergleichbare Definition von Nanotechnologie zugrunde legen.

Zur Beantwortung der leitenden Fragestellungen wurde eine Analyse aus zwei Perspektiven vorgenommen:

- Auswertung vorhandener nationaler und internationaler Studien und dabei
  - erstens Gesamtbetrachtungen,

7 Vgl. zu dieser Aussage: M. Decker et al.: ich sehe was, was Du nicht siehst... Zur Definition von Nanotechnologie. In: Technikfolgenabschätzung Theorie und Praxis, Nr. 2 13. Jg., Karlsruhe, 2004, S. 13.

8 Vgl. dazu G. Bachmann: Innovationsschub aus dem Nanokosmos. VDI Technologiezentrum, 1998.

- zweitens zu Teilmärkten und Branchen, in denen die Nanotechnologie zum Einsatz kommt (»top down«);
- Statistische Deskription vorhandener einzelwirtschaftlicher Angaben (»bottom-up«).

Bei der Auswertung nationaler und internationaler Studien sind definitorisch entsprechende Arbeiten ausgewählt und in einer Synopse zusammengefasst.<sup>9</sup> Die Ergebnisse dazu finden sich in Kapitel 3.1.

Die Auswertung zu Teilmärkten und Branchen wurde auf der Basis verfügbare Markt- und Branchenstudien durchgeführt. Dabei ergaben sich unterschiedliche Schwierigkeiten. Vielfach handelt es sich um graue Literatur, die mit Hilfe der VDI Technologiezentrum als Quellen erschlossen werden konnten.<sup>10</sup> In den meisten Fällen fehlen Hinweise auf Beschäftigungsanteile in Deutschland, so dass auf Grundlage von eigenen Recherchen oder Zahlen des Statistischen Bundesamtes Obergrenzen für die jeweiligen Teilmärkte bzw. Branchen mit Bezug zur Nanotechnologie abgeschätzt worden sind. Die Abschätzung wurde auf der Grundlage von Expertengesprächen durchgeführt. Die Ergebnisse dazu finden sich in Kapitel 3.2 sowie in der Abschätzung zu Einflussfaktoren der Beschäftigungsentwicklung (Kapitel 4.2).

Bei der Deskription einzelwirtschaftlicher Daten wurde wiederum auf Material der VDI Technologiezentrum GmbH zurückgegriffen, die mit der »NanoMap einen Nanotechnologieatlas für Deutschland erarbeitet hat, der eine einzigartige Informationsquelle darstellt.<sup>11</sup> Auf Grundlage der dort vorhandenen Unternehmensangaben konnten neueste Abschätzungen zum Beschäftigungsstand erarbeitet werden. Um den zuvor beschriebenen methodischen Herausforderungen zu entsprechen, bot sich für die Untersuchung an, folgende Unternehmen(sytpen) zu berücksichtigen:

- reine Nanotechnologie-Firmen, d.h. Unternehmen, deren Wertschöpfung überwiegend oder ausschließlich auf nanotechnologischen Entwicklungen bzw. Produkten basiert – hier handelt es sich i.d.R. um kleinere Unternehmen, dabei vielfach um originäre Neugründungen;

9 Bei diesem Arbeitspaket wurde Prognos von der VDI Technologiezentrum GmbH unterstützt, die als Projektträger Nanotechnologie für das Bundesministerium für Bildung und Forschung tätig ist.

10 Sofern Marktstudien nicht im Literaturverzeichnis aufgeführt sind, sind die Quellen in den entsprechenden Publikationen des VDI Technologiezentrums veröffentlicht.

11 Vgl. dazu [www.nano-map.de](http://www.nano-map.de)

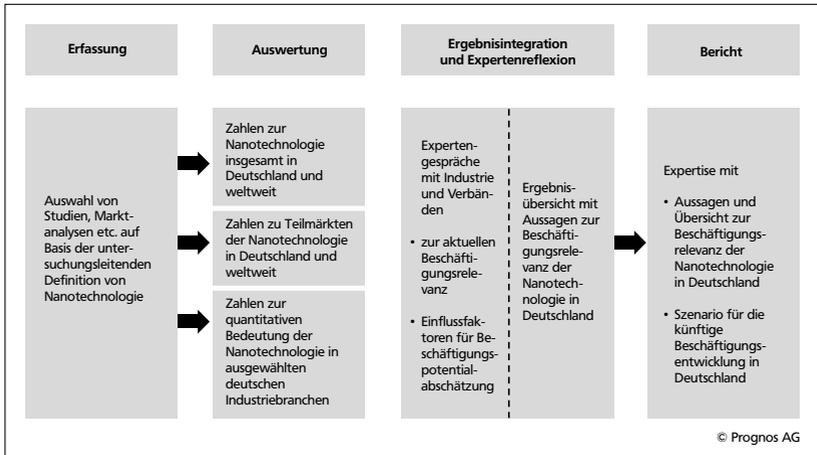
- Unternehmen, die in den zuvor durch die Literaturanalyse belegten zentralen Branchen der Nanotechnologie – Automobil, Chemie, Pharmazie, Elektrotechnik, Optik – tätig sind, dort auch entwickeln und diese Entwicklungen in eigenen Produkten anwenden – dabei handelt es sich überwiegend um größere Unternehmen.

Die Ergebnisse zur unternehmensbezogenen Auswertung liegen in Kapitel 3.3 vor. Zahlen zu reinen Anwendern der Nanotechnologie, d.h. Unternehmen, die nanotechnologie-basierte Entwicklungen bzw. Produkte nur zukaufen, um diese in eigenen Produkten anzuwenden, wurden in der Untersuchung nicht berücksichtigt, da auf Basis einer überwiegend sekundärstatistischen Untersuchung der Grad der Ungenauigkeit der Aussagen mit dem analytischen Voranschreiten entlang der Wertschöpfungskette zunimmt. Diese eher konservative Vorgehensweise gilt als generelle Richtschnur für die Untersuchung insgesamt; d.h. wo immer möglich wurde versucht eine enge Abgrenzung der relevanten Beschäftigungspotentiale für die Nanotechnologie anzuwenden. Die Studie schätzt damit im Wesentlichen die Beschäftigungspotenziale im Kernsektor der Nanotechnologie ab; auf die Abschätzung von Beschäftigungswirkungen in nachgelagerten Bereichen wird dadurch verzichtet.

Die aus diesen unterschiedlichen Perspektiven resultierenden Ergebnisse der verschiedenen Studien zum Gesamtmarkt und zu Teilmärkten sind in eine grafische Übersicht überführt worden, die Beschäftigungskorridore der Nanotechnologie in Deutschland beinhaltet. Damit soll eine Eingrenzung des aktuellen Beschäftigungsstandes in Deutschland erlaubt werden. Um die sekundärstatistischen Untersuchungsergebnisse zu vertiefen und soweit wie möglich abzusichern, wurden insgesamt acht Expertengespräche mit Vertretern aus Industrie und Verbänden geführt. Diese Gespräche sollen auch dazu dienen, Einflussfaktoren auf die künftige Beschäftigungsentwicklung zu validieren, die für die Ableitung von Beschäftigungsprognosen zur Nanotechnologie in Deutschland bis 2015 dienen.

Die abschließende Abbildung 1 veranschaulicht noch einmal die methodische Anlage der Untersuchung und die Arbeitsschritte im Überblick.

**Abbildung 1: Überblick zum methodischen Vorgehen**





### 3. Ergebnisse zum Stand der Beschäftigung der Nanotechnologie in Deutschland

#### 3.1 Auswertung von Studien zum Gesamtmarkt

Erste veröffentlichte Studien zur Nanotechnologie (z. B. Evolution Capital 2001; WGZ-Bank 2002; Beckmann und Lenz 2002) sind als wenig präzise einzuordnen und informieren tendenziell auf einer allgemeinverständlichen Ebene, ohne dass sie die wirtschaftliche Bedeutung der Nanotechnologie für einige oder sogar alle relevanten Branchen detailliert abbilden können. Hinzu kommt, dass die Definition von Nanotechnologie so unscharf bleibt, dass sie nicht als anschlussfähig an die in Kapitel 2 festgelegte Definition erscheinen.<sup>12</sup> Darüber hinaus werden in solchen übergeordneten Studien i. d. R. die jeweiligen so genannten Lead-Märkte einzelner Länder nicht hinreichend berücksichtigt. Während beispielsweise die Bereiche Elektronik, Informations- und Kommunikationstechnologie (IuK) und Biotechnologie in den USA relevante Lead-Märkte darstellen, sind dies in Deutschland vor allem die Branchen Chemie, Automobilbau, Optik, Life Sciences und Elektronik.<sup>13</sup> Da diese Lead-Märkte differenzierte Informationen zum Stand und der Entwicklung in einzelnen Branchen ermöglichen, wurde mit Blick auf die Auswertung versucht, aus den auszuwertenden Studien Angaben zu Herstellerbranchen zu ermitteln, die dann im folgenden Abschnitt vertieft werden.

Festzuhalten ist, dass die meisten Studien präzise Festlegungen vermeiden. Fast alle Untersuchungen weisen inhaltlich-methodische Schwächen auf, was zweifelsohne auch dem diffus anmutenden Informations- und Diskussionsstand zum Themenkomplex Nanotechnologie und Beschäftigung geschuldet ist. Herauszuheben sind folgende Problembereiche:

- oft werden nur die von Nanotechnologie betroffenen Branchen mit ihrer gesamten Beschäftigungsanzahl aufgeführt. Anteilige, z.B. auf Basis aktueller Wertschöpfungsquoten ermittelte Beschäftigungsaussagen fehlen nahezu durchgängig;

12 Beispielsweise wird in der Studie der WGZ Bank (2002) auch die Mikrosystemtechnik einbezogen, die indes in ihren Strukturabmessungen deutlich größere Bereiche einbezieht als die Nanotechnologie.

13 Bezeichnend für Lead-Market-Branchen ist, dass sie in einem besonders intensiven Partnerschaftsverhältnis zur Wissenschaft stehen, aus der sie ihre technologische Stärke schöpfen, vgl. zu diesem Konzept ausführlich Beise (2002).

- vielfach werden Zahlen zum Beschäftigungsstand übernommen, ohne diese kritisch zu hinterfragen bzw. zu reflektieren;
- vereinzelt werden Branchen, Märkte und Länderregionen nicht verständlich voneinander abgegrenzt.

Obgleich die wenige verfügbare Literatur zum direkten und indirekten wirtschaftlichen Potenzial der Nanotechnologie mehr oder weniger noch mit deutlichen Schwächen behaftet ist, wurde sie so weit wie möglich als Basis für eine Einschätzung der Beschäftigungsrelevanz der Nanotechnologie für Deutschland verwendet.<sup>14</sup>

Die Recherche nach Studien mit Informationen zum Beschäftigungspotential der Nanotechnologie erbrachte insgesamt zehn Studien mit Aussagen zum Beschäftigungsstand der Nanotechnologie in Deutschland bzw. weltweit (vgl. dazu Tabelle 1).

14 Voraussetzung war, eine Übereinstimmung mit der untersuchungsleitenden Definition von Nanotechnologie.

**Tabelle 1: Synopse aktueller Studien zum Beschäftigungsstand der Nanotechnologie in Deutschland und weltweit**

Nr.	Titel, Autor	Erscheinungsjahr	Welche Herstellerbranchen der Nanotechnologie werden benannt	Welche Anwenderbranchen der Nanotechnologie werden benannt	Aussagen zum Beschäftigungsstand der Nanotechnologie bei Herstellern Angaben zum Beschäftigten	Aussagen zum Beschäftigungsstand der Nanotechnologie bei Anwendern Angaben zum Beschäftigten
1	Nanotechnologie erobert Märkte, BMBF und VDI Technologiezentrum	3/2004	Informations- und Kommunikationstechnologie, Kraftfahrzeugtechnik, Chemie	Feinmechanik/Optik/Analytik, Chemie/Materialien, Energie-/Umwelttechnik, Medizin/Life Science, Elektronik/Informatik/Informationstechnik	500.000 (weltweit), ca. 400-500 Unternehmen in Deutschland	2 Mio. in den Branchen IuK, Automobil und Chemie
2	Nanotechnologie als wirtschaftlicher Wachstumsmarkt, VDI Technologiezentrum, Deutsche Bank, Hochschule für Bankwirtschaft, IMCT	9/2004	Chemie, Optik, Life Science, Elektronik, Automobilbau	IuK, Medizintechnik, Kosmetik, Transport, Chemie, Umwelt, Energie, Maschinenbau, Messtechnik, Baugewerbe, Lebensmittel, weiße/braune Ware	20.000 – 32.000 (114.000) in Deutschland	–
3	Kommerzialisierung der Nanotechnologie, VDI Technologiezentrum und Fasel Capital	3/2006	Automobilbau, Chemie, Medizintechnik, Elektronik	IuK, Medizintechnik/Biotechnologie/Gesundheit, Fahrzeuge/Transport/Verkehr, Chemie/Werkstoffe, Umwelt, Energie-(versorgung), Maschinenbau/Gerätebau, Messtechnik, Luft- und Raumfahrt, Konsumgüter	Ca. 50.000	–
4	Untersuchungscluster -Nanobiotechnologie und Nanoanalytik, ISW	8/2004	Pharmazeutische Industrie	–	83.500 bei Forschenden Arzneimittelherstellern	114.800 in der Pharmazeutischen Industrie

Nr.	Titel, Autor	Erscheinungsjahr	Welche Herstellerbranchen der Nanotechnologie werden benannt	Welche Anwenderbranchen der Nanotechnologie werden benannt	Aussagen zum Beschäftigungsstand der Nanotechnologie bei Herstellern Angaben zum Beschäftigten	Aussagen zum Beschäftigungsstand der Nanotechnologie bei Anwendern Angaben zum Beschäftigten
5	Nanotechnik – Chancen und Probleme kleiner und mittelständischer Unternehmen, Forschungszentrum Karlsruhe	4/2007	-	-	50.000 industrielle Arbeitsplätze im Themenfeld der Nanotechnologie	-
6	Produktion von mikrooptischen Bauteilen und Systemen – Status und Perspektiven, IOF	9/2007	Feinmechanik & Optik	-	110.000 Beschäftigte in Deutschland	-
8	Nanotechnologie: Chancen und Risiken für Mensch und Umwelt. (Hintergrundpapier) Umweltbundesamt	8/2006	Chemie, Pharmazie, Medizintechnik, Automobil- und Maschinenbau, Bio- und Umwelttechnik	-	In Deutschland etwa 550 Unternehmen mit rund 50.000 Beschäftigten	-
9	Abschlussbericht Büro für Technikfolgen-Abschätzung (TAB) zum TA-Projekt Nanotechnologie	3/2004	-	Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrt, Bauwesen, Energiewirtschaft, Textilindustrie, Chemische Industrie	-	-
10	The economic development of nanotechnology – An indicators based analysis, European Commission	11/2006	Chemie/Pharmazie, Elektronik	IuK/Consumer Electronics, Life Science, Automobil	Rund 1000 Unternehmen weltweit	-

Quelle: eigene Recherchen, Prognos AG 2007

Die Ergebnisse über alle Studien zeigen nun einen relativ breiten Korridor: der Beschäftigungsstand für Deutschland reicht dabei von 20.000 bis über 100.000 ausgehend von den so genannten Kernbranchen der Hersteller. Hier gibt es indes eine relativ breite Übereinstimmung innerhalb der Studien, denen zufolge die Branchen Chemie, Pharmazie, Bio- und Medizintechnik (Life Science), Automobilbau, Elektronik und Optik als Kernindustrien der Nanotechnologie anzusehen sind.

Maßgeblich für diese Übereinstimmung sind dabei die verschiedenen Studien des VDI Technologiezentrums (2004, 2006), die in Deutschland die Diskussion bzw. Arbeiten wie z.B. des UBA (2005) oder des Forschungszentrums Karlsruhe (2007) zum Thema Nanotechnologie geprägt haben.

Bezüglich der Anwenderbranchen ist das Spektrum weiter gefasst. Angesichts des Querschnittscharakters der Nanotechnologie ist dieser Befund aber nicht weiter überraschend. Zu den Anwenderbranchen gehören nach den ausgewerteten Studien vor allem die Branchen Informations- und Kommunikationstechnik, Medizintechnik, Kosmetik, Transport, Chemie, Umwelt, Energie, Maschinenbau, Messtechnik, Baugewerbe, Lebensmittel sowie Konsumgüterelektronik (weiße und braune Ware). Die Vermutungen reichen dabei von einer Beschäftigungsrelevanz bis zu 2 Mio. Personen, wobei dies nach der vorliegenden Quelle des BMBF und des VDI Technologiezentrums (2004) nur die Branchen IuK, Automobil und Chemie umfasst.

Versucht man die unterschiedlichen Befunde zusammen zu fassen, dann ergeben sich gewisse Übereinstimmungen bei der Anzahl der Kernunternehmen, d.h. derjenigen die hauptsächlich im Technologiefeld der Nanotechnologie engagiert sind: hier wird von etwa 500 Unternehmen ausgegangen. Des Weiteren erscheint nach den vorliegenden Studien die Zahl von etwa 50.000 Beschäftigten in den Kernsektoren der Nanotechnologie als plausibel, da die sehr detaillierte Studie von VDI Technologiezentrum et al. (2004) selbst die Zahl von 114.000 Personen eher als »optimistische Obergrenze« ansieht.<sup>15</sup>

15 Diese Studie wird noch im folgenden Kapitel 3.3 ausführlich dargestellt bzw. die Schätzungen eingehend behandelt.

### 3.2 Bestandsaufnahme bei Teilmärkten und Branchen der Nanotechnologie

In Übereinstimmung mit der Mehrzahl von Studien zum wirtschaftlichen Potenzial der Nanotechnologie wird im Folgenden versucht, den Analysebereich Nanotechnologie zu strukturieren und damit fassbar zu machen. Dazu wurden vorhandene Marktstudien bzw. Übersichten zur Nanotechnologie ausgewertet, die einen ersten Eindruck über die vorhandenen Produkte und ihre Einsatzmärkte vermitteln. Indes ist weder eine präzise Ableitung des »Nanotechnologieweltmarktes«, noch eine Ableitung regionaler Märkte, wie z.B. zu Deutschland, auf Basis öffentlich zugänglicher Studien möglich.<sup>16</sup> Nur für einen Teil nanotechnologischer Produkte sind Marktzahlen verfügbar. Die Auflistungen bleiben mithin unvollständig. Erschwerend kommt hinzu, dass die Marktprognosen sich zum Teil auf unterschiedliche Zeithorizonte beziehen, Doppelungen bei der Nennung von Nanotechnologieprodukten in zwei oder mehreren Teilbereichen vorkommen (z. B. Anwendung von Nanogrundprodukten/-komponenten in Endprodukten verschiedener Branchen) und Produkte aus unterschiedlichen Stufen der Wertschöpfungskette in die Betrachtung einfließen (Grundprodukte, Zwischenprodukte, Endprodukte etc.). Eine Zusammenfassung der Marktpotenziale der wichtigsten nanotechnologischen Anwendungen in unterschiedlichen Teildisziplinen findet sich in der nachfolgenden Tabelle 2.

**Tabelle 2: Abschätzungen des jährlichen Weltmarktvolumens nanotechnologischer Produkte in den jeweiligen Lead-Märkten**

Nanotechnologische Produkte	Jährliches Weltmarktvolumen (Bezugsjahr)
<b>Chemie <i>Nanomaterialien</i></b>	
Metalloxid-/Metall-Nanopartikel	900 Mio. USD (2005) <sup>1</sup>
Nano-Kieselsäure	800 Mio. EUR (2003) <sup>2</sup>
Nano-Schichtsilikate	25 Mio. USD (2006) <sup>3</sup>
Kohlenstoffnanoröhren	145 Mio. USD (2005) <sup>4</sup> , 1,2 Mrd. USD (2006) <sup>5</sup>
Carbon Black	3 Mrd. USD (2002) <sup>6</sup> , 8 Mrd. USD (2006) <sup>5</sup>
Polymerdispersionen	15 Mrd. EUR (2002) <sup>7</sup>

<sup>16</sup> Anzumerken ist, dass eine Reihe von Marktstudien nicht z.B. über Bibliotheken o.ä. zugänglich, sondern nur käuflich sind und im Rahmen dieser Arbeit nicht erworben werden konnten. Wie zuvor angemerkt, konnten diese durch die Zusammenarbeit mit VDI Technologiezentrum erschlossen werden.

<b>Nanotechnologische Produkte</b>	<b>Jährliches Weltmarktvolumen (Bezugsjahr)</b>
Organische Halbleiter	500 Mio. USD (2005) <sup>10</sup>
Dendrimere	5-15 Mio. EUR (2006) <sup>3</sup>
Mikronisierte Wirkstoffe	1 Mrd. EUR (2002) <sup>7</sup>
Zeolithe	2,6 Mrd. USD (2006) <sup>5</sup>
Aerogele	10 Mrd. USD (2005) <sup>8</sup>
Polymere Nanokomposite	0,3 Mrd. USD (2006) <sup>3</sup> , 1,5 Mrd. EUR (2009) <sup>9</sup>
<b>Chemie Zwischenprodukte</b>	
Korrosionsschutzpapier	10-50 Mio. EUR (2006) <sup>12</sup>
Lacke	50-250 Mio. EUR (2006) <sup>12</sup>
Folien für Displays	50-250 Mio. EUR (2006) <sup>12</sup>
Markerstoffe	250-500 Mio. EUR (2006) <sup>12</sup>
<b>Chemie Nanosensoren</b>	
Temperatursensoren	4,6 Mio. USD (2004), 217 Mio. USD (2011) <sup>11</sup>
Druck-Sensoren	4,4 Mio. USD (2004), 87 Mio. USD (2011) <sup>11</sup>
Chemische Sensoren	1,3 Mio. USD (2007), 36 Mio. USD (2011) <sup>11</sup>
<b>Automobilbau</b>	
Magnetelektronische Sensoren	600 Mio. USD (2006) <sup>13</sup>
Antifog-Coatings für Scheinwerfer	50-250 Mio. EUR (2003) <sup>12</sup>
Lacke	50-250 Mio. EUR (2006) <sup>12</sup>
Automobilreifen	7 Mrd. EUR (2006) <sup>12</sup>
Komponenten mit Hartschichten	0,5 -1 Mrd. EUR (2006) <sup>12</sup>
<b>Elektronik</b>	
CMOS-Elektronik <100 nm	20 Mrd. USD (2006) <sup>18</sup>
GMR-HDD	26,6 Mrd. USD (2006) <sup>5</sup>
MRAM	30-50 Mrd. USD (2010) <sup>18</sup> , (DRAM-Ersatz)
<b>Optische Industrie</b>	
Ultrapräzisionsoptiken, davon Lithografieoptiken	1-5 Mrd. EUR (2006) <sup>12</sup> 0,5 – 1 Mrd. EUR (2006) <sup>12</sup>
Lithografie-Stepper	7,7 Mrd. USD (2006) <sup>5</sup>
LED, davon weiße LED	1-5 Mrd. EUR (2006) <sup>13</sup> 10-50 Mio. EUR (2006) <sup>13</sup>
Diodenlaser, davon Hochleistungs-Diodenlaser	1-5 Mrd. EUR (2006) <sup>13</sup> 50-250 Mio. EUR (2006) <sup>12</sup>
OLED-Displays	0,1 Mrd. USD (2002), 2,5 Mrd. USD (2006) <sup>5</sup>
CNT-FED	0,01 Mrd. USD (2002), 0,05 Mrd. USD (2006) <sup>5</sup>
Optische Sensorik	1-5 Mrd. EUR (2006) <sup>13</sup>
Laserinterferometer	10-50 Mio. EUR (2006) <sup>12</sup>
Optische Dünnschicht-Messtechnik	250-500 Mio. EUR (2006) <sup>12</sup>

<b>Nanotechnologische Produkte</b>	<b>Jährliches Weltmarktvolumen (Bezugsjahr)</b>
<b>Life Sciences <i>Medizin/Pharmazie</i></b>	
Biophysikalische Analytik	181 Mio. USD (2002), 745 Mio. USD (2007) <sup>14</sup>
Gesamtmarkt Biochips/Schnelltests	2 Mrd. USD (2010) <sup>15</sup>
DNA Chips	1,9 Mrd. USD (2006) <sup>5</sup>
Protein Chips	0,4 Mrd. USD (2006) <sup>5</sup>
Nanobasierte Diagnostik und Analytik	80 Mio. USD (2002), 391 Mio. USD (2007) <sup>14</sup>
Wirkstoffe und Drug Delivery	8 Mio. USD (2002), 33 Mio. USD (2007) <sup>14</sup>
Tissue Engineering	0 Mio. USD (2002), 1,5 Mio. USD (2007) <sup>14</sup>
Ag-Nanopartikel in Antimikrobika	1 Mio. USD (2005) <sup>16</sup>
<b>Life Sciences <i>Kosmetik</i></b>	
Nanopartikel in Sonnenschutzmitteln	86,5 Mio. USD (2005) <sup>16</sup>

Quellen: <sup>1</sup> BCC 2002; <sup>2</sup> Wacker Silicones 2003; <sup>3</sup> SRI 2002; <sup>4</sup> Mitsubishi Research Institute 2002; <sup>5</sup> Fecht et al. 2003; <sup>6</sup> Reuters 2002; <sup>7</sup> BASF/Distler 2002; <sup>8</sup> Aspen Systems 2001; <sup>9</sup> Stevenson 2003; <sup>10</sup> Frost&Sullivan 2002; <sup>11</sup> Frost&Sullivan 2003; <sup>12</sup> Unternehmensbefragung; <sup>13</sup> VDI TZ Experten-Workshops; <sup>14</sup> BCC 2003; <sup>15</sup> VDI-Nachrichten 2003; <sup>16</sup> BCC 2001; <sup>17</sup> Small Times 2002; <sup>18</sup> eigene Abschätzung; <sup>19</sup> Small Times 2003 *zitiert nach VDI Technologiezentrum et al. 2004, S. 84.*

Werden die Zahlen aus Tabelle 2 zusammengefasst, kann der Eindruck entstehen, dass nanotechnologische Produkte bereits einen dreistelligen Milliardenmarkt konstatieren. Es ist sicherlich richtig, dass die Nanotechnologie in eine Reihe von Produkten und Branchen Eingang gefunden hat. Den geführten Expertengesprächen und Recherchen zufolge, sind diese Marktzahlen nicht immer realisiert bzw. die Produkte sind noch nicht am Markt eingeführt und Zahlen aus Industrie werden streng vertraulich behandelt. Mithin verschleiern Marktzahlen nicht selten den Blick auf die tatsächliche Relevanz der Nanotechnologie im industriellen Wertschöpfungsprozess unterschiedlichster Branchen. Vielfach ist dieser Anteil sehr gering, da Nanotechnologie im Rahmen von wertmäßig geringen Vorprodukten in Endprodukte wie z.B. Sonnencremes, Autoreifen oder Beschichtungen von Duschkabinen eingesetzt wird.<sup>17</sup>

Angesichts dieser Befunde wurden diejenigen Branchen eingehender betrachtet, in denen der Nanotechnologie hohes Gewicht zukommt. Das sind den vorliegenden Studien zufolge die Branchen Automobilbau, Chemie, Elektronik, Optik,

<sup>17</sup> Beispielsweise wurden in Expertengesprächen Additive für Farben und Lacke genannt, deren wertmäßiger Anteil am Endprodukt zumeist im Centbereich und damit deutlich unter zehn Prozent liegt. Ausnahmen sind besonders hochwertige Lacke und Farben, wo der Wertschöpfungsanteil von auf Nanotechnologie basierenden Additiven sehr hoch (> 80 Prozent) ist. Diesen Lacken und Farben haben im Gesamtmarkt jedoch nur eine Marktnische inne.

sowie Pharmazie, Medizintechnik, Biotechnologie. Zweifelsohne sind auch andere Branchen wie der Informations- und Kommunikationssektor, der Maschinen- und Anlagenbau, die Textil- und Bekleidungsindustrie oder die Energiebranche von der Diffusion der Nanotechnologie betroffen. Sie sind jedoch vornehmlich Anwender- und keine typischen Herstellerbranchen, da sie in ihren Produkten Vorleistungen der Nanotechnologie einbeziehen. Das hat dazu geführt, sie nicht einer vertieften Betrachtung zu unterziehen, nicht zuletzt unter dem Aspekt einer möglichst belastbaren Abschätzung von Beschäftigungspotentialen in Deutschland.

## **Chemie<sup>18</sup>**

Die Chemische Industrie kann als Nukleus der Nanotechnologie bezeichnet werden. Sie ist von ihrem wirtschaftlichen Gewicht nicht nur eine der bedeutendsten Branchen in Deutschland, sondern sie ist auch durch die sehr starke Einbindung der Grundstoff- und Spezialchemie in den internationalen Handel durch eine hohe Innovationstätigkeit geprägt.<sup>19</sup> Nanomaterialien, Precursoren (Vormaterialien, für die Herstellung keramischer Siliciumcarbidfasern) und Beschichtungsstoffe stellen Ausgangspunkte der Wertschöpfungskette der Nanotechnologie in der Chemie dar. Diese Grundstoffe dienen zur Herstellung von Vorprodukten und Halbzeugen, die in der Chemischen Industrie, aber auch in anderen Branchen weiter verarbeitet werden. Die folgende Tabelle 3 zeigt eine Übersicht zur Relevanz der wirtschaftlichen Schlüsselstellung der Chemischen Industrie für andere Industriezweige:

18 Vgl. zu den Quellen VDI Technologiezentrum et al. 2004.

19 Vgl. Verband der Chemischen Industrie, 2006, S. 20 ff.

**Tabelle 3: Potenzielle Anwendungen von Nanomaterialien in verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette der Chemischen Industrie**

<b>Grundstoffe (Nanomaterialien/Precursoren)</b>	<b>Vorprodukte/ Halbzeuge</b>	<b>Anwendungen/ Produkte (Bauteile/ Systeme)</b>
<p><b>Anorganische Nanopartikel</b> Metalloxide, Schichtsilikate Metalle, Fullereene, CNT, Carbon Black, Aerosil, Lanthanoide</p> <p><b>Organische Nanopartikel</b> Polymerdispersionen, Farbstoffe, Wirkstoffe, Makromoleküle (Dendrimere etc.)</p> <p><b>Nanoporöse Materialien</b> Aerogele, Zeolithe ...</p> <p><b>Nanokomposite</b> Glas/Keramik, Metalle/Legie- rungen, Polymere, Organische Halbleiter, Ferrofluide, etc.</p> <p><b>Presursoren/Beschichtungsstoffe</b> Metallorganika, div. Chemikalien, PVD-Targets</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Katalysatoren</li> <li>• Membranen/Filter</li> <li>• Pigmente/Farben</li> <li>• Poliermittel</li> <li>• Füllstoffe</li> <li>• Sensoren</li> <li>• Wirkstoffe/Träger</li> <li>• Folien/Verpackung</li> <li>• Textilfasern</li> <li>• Markerstoffe</li> <li>• Supraleiter</li> <li>• Thermoelektrika</li> <li>• Beschichtete Halbzeuge</li> </ul>	<p><b>Medizin</b> DrugDelivery, Bio- chips, Implantate, Antimikrobika</p> <p><b>Kosmetik</b> Sonnencreme, Zahnpasta</p> <p><b>Automobil</b> Reifen, Karosserie- werkstoffe, Abgas- reinigung, Brenn- stoffzelle, Scheiben und Spiegel, LED- Beleuchtung</p> <p><b>IuK</b> Datenspeicher, Displays, Laser- dioden, Glasfasern</p> <p><b>Energie/Umwelt</b> Solarzellen, Batterien, Brenn- stoffzellen, Kondens- atoren</p>

Quelle: VDI Technologiezentrum et al. 2004, S.159

Mit Blick auf die im Vordergrund der Untersuchung stehenden Fragen nach der Beschäftigungsrelevanz, werden hier nur die beiden wichtigsten nanotechnologischen Vorprodukte (Teilmärkte) mit Blick auf Marktstudien beleuchtet, bevor eine Abschätzung der gesamten Beschäftigungsrelevanz vorgenommen wird.

### ***Katalysatoren***

90 % der chemischen Produktionspresse basieren auf Katalyse. Die Marktbedeutung der Katalysatoren liegt in den durch ihre Nutzung verursachten günstigen Produktionskosten, welche durch ein besseres Verständnis der atomaren Abläufe bei der Katalyse und eine dadurch steuerbare Effektivitätssteigerung noch deutlich verbessert werden können.

Das Chemical Institute of Canada gab 1999 den Wert der durch Katalyse erzeugten Chemikalien weltweit mit 900 Mrd. US-Dollar an. Für Zeolith-Katalysatoren zur Kohlenwasserstoff-Umwandlung ein Volumen für die Erdölverarbeitung von 30 Mrd. US-Dollar; für Festkörperkatalysatoren ein Gesamtmarktvolumen von 210 Mrd. US-Dollar (NNI-Studie NSTC 2000).

Von Cuttor wurde der Biokatalysatormarkt 1999 auf 1,5 Mrd. US-Dollar geschätzt, während Schnell Publishing Company (Landau 1999) nur auf 100 – 130 Mio. US-Dollar jährlich kommen, aber diesen Katalysatoren ein erhebliches zukünftiges Potenzial einräumen.

### ***Filter und Membrane***

Neben der herkömmlichen energieintensiven Verdampfungstechnik können durch Nanofiltrationstechniken über Trennmembranen zukunftsweisende Verfahren eingeführt werden. BCC geben ein Marktvolumen für Nanofiltrationstechnik im Bereich Seewasser-Entsalzung in Höhe von 70 Mrd. US-Dollar für die nächsten 20 Jahre an (Membrane & Separation Technology News).

Für die Herstellung sauberen Laborwassers (z.B. für die Chipherstellung) beziffert BCC den Membranmarkt 1999 auf 160 Mio. US-Dollar. Membranen für Trenntechniken und superkritische Fluide, für magnetische Trennverfahren, feldinduzierte Materialseparationen, Zentrifugal-Chromatographie betrug 1996 500 Mio. US-Dollar und soll bis 2006 auf 1 Mrd. US-Dollar ansteigen (BCC). Der Anteil der anorganischen Membrane für die Lebensmittel- und Umwelttechnologie soll in 2002 182 Mio. US-Dollar betragen haben. Trennmembrane und optimierte Ionenleiter für z.B. Brennstoffzellen mit einem Marktvolumen in 1998 355 Mio. US-Dollar und Schätzungen für 2003 mit 1,3 Mrd. US-Dollar (BCC).

### ***Abschätzung des Beschäftigungsvolumens***

Das Beschäftigungsvolumen in Deutschland liegt nach Angaben des Statistischen Bundesamtes für die relevanten Wirtschaftszweige der chemischen Industrie (WZ-Nummern 24.11 bis 24.70 sowie 36.63) in 2006 bei gut 270.000 Personen – diese Zahl stellt indes nur eine Obergrenze für die Abschätzung dar. Der tatsächliche, von der Nanotechnologie betroffene Bereich dürfte weit darunter liegen. Mit Ausnahme einiger weniger Nischenprodukte ist der Wertschöpfungsanteil in der Chemischen Industrie durch Nanotechnologie noch relativ niedrig. Auf Basis der geführten Expertengespräche ist von einer Beschäftigungszahl von knapp unter 20.000 Personen für die Chemiebranche auszugehen.

## **Automobilbau<sup>20</sup>**

Die Automobilindustrie gilt als eine hightechorientierte Branche, die Spitzentechnologien relativ schnell einem breiten Kundenkreis zugänglich macht und, um wirtschaftlich bestehen zu können, machen muss. Mit über 16 Mrd. Euro erreichten die FuE-Aufwendungen der deutschen Automobilindustrie im Jahr 2006 mehr als ein Drittel der gesamten FuE-Aufwendungen der deutschen Wirtschaft. Auf dieser Basis zählt die Automobilbranche zu den innovativsten Industriezweigen in Deutschland.<sup>21</sup>

Der Reifegrad nanotechnologischer Entwicklungen im Automobilbau reicht heute von bereits eingesetzten Komponenten oder Teilsystemen (z. B. reflexionsfreie Instrumentenbeschichtung) über konkrete Entwicklungsbemühungen (z. B. beschlagfreie Scheiben) bis hin zum Stadium von visionären Produktideen mit einer allenfalls langfristigen Realisierbarkeit (z. B. schaltbare Lackfarben oder selbstgestaltende Karosserien). Der Verbreitungsgrad von Nanotechnologie im Automobilsektor gemessen an der Werbung für Lacke, Beschichtungen oder z.B. in Autowaschanlagen vermittelt den Eindruck, dass diese einen hohen Reifegrad erreicht hat.<sup>22</sup> Tatsache ist, dass es sich hierbei um Produkte bzw. Leistungen handelt, die wertschöpfungsmäßig einen sehr geringen Anteil am Automobil insgesamt haben. Zudem handelt es sich nicht um grundlegende Innovationen, sondern um Weiterentwicklungen bestehender Produkte (Lacke, Wachsbeschichtungen). Einigkeit besteht darüber, dass die Nanotechnologie Fortschritte im Hinblick auf alle, für die weitere Entwicklung des Automobils relevanten Kriterien ermöglichen wird, von der Ökologie (mit den Teilaspekten energieeffiziente Antriebe, Leichtbau, Schadstoffreduktion und Ressourcenschonung) über die Sicherheit (passive und aktive Sicherheit) bis hin zum Komfort (mit den Teilaspekten Passenger Wellness, Produktdesign und Infotainment).<sup>23</sup> Welche nanotechnologischen Anwendungen für Produktgruppen und Komponenten im Automobilbereich diskutiert werden, geht aus der Tabelle 4 hervor.

20 Vgl. zu den Quellen VDI Technologiezentrum et al. 2004.

21 Vgl. VDA-Jahresbericht 2007, S. 4.

22 Vgl. dazu [/www.nano-tec24online.de/index.html](http://www.nano-tec24online.de/index.html)

23 Vgl. dazu die Studien des TAB, 2004 sowie des VDI Technologiezentrums 2006.

**Tabelle 4: Anwendungsmöglichkeiten der Nanotechnologie im Automobil auf verschiedenen Wertschöpfungsstufen**

<b>Grundstoffe/-verfahren (Nanomaterialien/Tools)</b>	<b>Komponenten/ Systeme</b>	<b>Anwendungen/</b>
<p><b>Materialien, Werkstoffe</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hochfeste Stähle</li> <li>• Metall-Matrix-Komposite</li> <li>• Nanopartikel verstärkte Polymere</li> <li>• Katalytische Nanopartikel</li> <li>• Thermoelektrika</li> <li>• Nano-Klebstoffe</li> <li>• Nanofluide ...</li> </ul> <p><b>Verfahren/Tools</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PVD-, CVD-Verfahren</li> <li>• Nanopartikelsynthese</li> <li>• Ionenstrahl-/Plasmaverfahren ...</li> </ul> <p><b>Funktionale Schichten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ultra-hydrophob</li> <li>• Elektrochrom</li> <li>• Antireflex</li> <li>• Verschleißschutz</li> <li>• Kratzfestigkeit</li> </ul> <p><b>Elektronik und Sensorik</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Magnetelektronik</li> <li>• WBG-Halbleiter (SiC, GaN)</li> <li>• LED, OLED ...</li> </ul>	<p><b>Fahrwerk</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reifen</li> <li>• Stoßdämpfer</li> <li>• Sensorik</li> </ul> <p><b>Antriebssystem</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zündanlage, Einspritzung</li> <li>• Kraftstofftank/-zusätze</li> <li>• Abgasanlage</li> <li>• Brennstoffzelle</li> <li>• Batterien</li> <li>• Schmiermittel, Kühlung</li> <li>• Thermoelektrische Abwärmee-nutzung</li> </ul> <p><b>Innenraum/Ausstattung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konsolen/Armaturen</li> <li>• Anzeigen/Displays</li> <li>• Beleuchtungstechnik</li> <li>• Elektronik, DV</li> </ul>	<p><b>Sicherheit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktive Sicherheit (Bremsen)</li> <li>• Scheinwerfer, Sicht, Radar etc.), Fahrverhalten)</li> <li>• Passive Sicherheit (Fahrzeugstruktur, Airbag, Fußgänger-schutz</li> </ul> <p><b>Komfort/Design</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klimatisierung</li> <li>• Effektlackierung</li> <li>• Selbstreinigende Oberflächen</li> <li>• Unterhaltung/ Infotainment (Internet, Video-dienste</li> <li>• Navigations-/ Verkehrsleit-systeme</li> </ul> <p><b>Umwelt/Nachhaltigkeit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kraftstoffver-brauch</li> <li>• Schadstoff-emissionen</li> <li>• Ressourcenschonende Produktion</li> <li>• Recycling</li> </ul>

Quelle: VDI Technologiezentrum et al. 2004., S.168

Für einzelne Nanotechnologiekomponenten/-systeme stellt sich das jährliche Weltmarkt-volumen auf Basis verfügbarer Marktstudien nach den Recherchen der VDI Technologiezentrum et al. wie (2004, S.176) folgt dar:

- Magnetelektronische Sensoren im Automobil 600 Mio. USD (2006)
- Antifog-Coatings von Scheinwerferabdeckungen 50-250 Mio. EURO (2003),
- Lacke 50-250 Mio. EURO (2006)

- Automobilreifen 7 Mrd. EURO (2006),
- Komponenten mit nanoskaligen Hartschichten 0,5 -1 Mrd. EURO (2006)

Die Bewertung des Marktpotenzials der Nanotechnologie im Automobilbau lässt sich indes durch dieses Zahlenmaterial so gut wie nicht beschreiben. Nach diesen Werten wäre von ca. neun Mrd. EURO auszugehen. Diese Zahl erscheint jedoch aus den zuvor genannten Gründen und anderen Beispielen als zu hoch.

Obwohl bereits nanotechnologisch beeinflusste Komponenten im Automobilbau serienmäßig zum Einsatz kommen, ist der Anteil der Nanotechnologie an der Wertschöpfung in der Regel nicht bestimmbar. Über die zuvor genannten Beispiele bei Lacken und Beschichtungen, umfasst die Anwendung der Nanotechnologie häufig nur einen Verfahrensschritt bei der Herstellung komplexer Bauteile, z. B. die Beschichtung von Scheinwerferreflektoren, oder Diesel-Einspritzpumpen. Auch auf der Ebene von Grund- und Werkstoffen gibt es allenfalls für Teilbereiche konkrete Abschätzungen des Marktpotenzials der Nanotechnologie im Automobilbau, da eine branchenspezifische Segmentierung der Umsatzzahlen von Nanomaterialien in der Regel nicht verfügbar ist. So wird beispielsweise nur ein Teilbereich des Weltumsatzes von Nanomaterialien wie Carbon Black in Höhe von ca. 3 Mrd. EURO pro Jahr für Anwendungen in Automobilreifen erzielt.<sup>24</sup>

Vertiefende Recherchen und Expertengespräche zeigen, dass es sich bei den zuvor genannten Zahlen um die jeweiligen Gesamtmärkte handelt. Der Nanotechnologie-Anteil ist dabei nicht direkt ausweisbar bzw. konnte auch auf Basis von Interviews nicht abgeschätzt werden.

Im Automobilbau wurde im Jahre 2004 gut 780.000 Personen (Wirtschaftszweige 34.10, 34.20 und 34.30) beschäftigt. Angesichts der fehlenden Experteneinschätzungen konnten keine Wertschöpfungsanteile der Nanotechnologie an den genannten Komponenten beziffert werden kann, so dass eine Beschäftigungsabschätzung auf Basis der amtlichen Statistik hier unterbleiben muss.

24 Folgendes Beispiel mag das belegen: bei Autoreifen kommt Nanotechnologie im Rahmen der Schwärzung der Reifen durch eine Rußmischung ins Spiel. Dieser Prozess hat jedoch an der gesamten Wertschöpfung nur einen marginalen Anteil. Mithin ist auch der Wertschöpfungsanteil der Nanotechnologie am Marktvolumen bei Autoreifen von 7 Mrd. EURO marginal.

## **Elektronik und Optik<sup>25</sup>**

### ***Mikroelektronik***

Nanotechnologische Erkenntnisse haben bisher noch wenig Einfluss auf die Umsatzzahlen für den Bereich der elektronischen Geräte. Deren Wertschöpfung ist jedoch eng mit den Fortschritten der Halbleitertechnik verknüpft. So ist davon auszugehen, dass die Prozessorenherstellung in den nächsten fünf bis zehn Jahren grundlegende Änderungen erfährt, weil die Strukturabmessungen bei der Herstellung von Speicherchips und Prozessoren immer weiter abnehmen. Bereits heute werden Strukturgrößen von 65 Nanometern realisiert. Nach der Roadmap der Halbleiterindustrie werden bis zum Jahr 2013 Strukturgrößen von 32 Nanometern angestrebt; bis 2020 von 14 Nanometern.<sup>26</sup> Die traditionell eingesetzte so genannte CMOS Technologie kommt immer stärker an die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit, so dass mittelfristig nanotechnologische Verfahren für die Prozesse (z.B. Lithografie) und Werkstoffe der Mikroelektronikindustrie immer stärker an Bedeutung gewinnen werden.

Schätzungen nach Dataquest (2003) gingen von einem weltweiten Umsatz bei Halbleiter-Chips im Jahr 2004 von ca. 300 Mrd. US-Dollar aus; der Anteil der Gerätetechnik für die Herstellung und Kontrolle der Halbleiterchips lag bei 65 Mrd. US-Dollar. Hierin enthalten sind die Belichtungsmaschinen für die Chip-Herstellung (Stepper) mit einem Umsatzvolumen von 6,2 Mrd. US-Dollar. Die eingebauten Präzisionsoptiken weisen ein Marktpotenzial von 1,7 Mrd. US-Dollar auf. Für Deutschland werden keine länderspezifischen Marktzahlen ausgewiesen. Nach aktuellen eigenen Recherchen sind deutschlandweit gut 10.000 Personen in der Halbleiterindustrie beschäftigt.<sup>27</sup>

### ***Abschätzung des Beschäftigungsvolumens***

Das Beschäftigungsvolumen in Deutschland liegt nach Angaben des Statistischen Bundesamtes für den Wirtschaftszweig Elektronik (Herstellung von elektronischen Bauelementen sowie Mess-, Steuer- und regelungstechnischen Komponenten, WZ-Nummern 32.10 und 33.20) in 2006 bei gut 180.000 Personen – diese Zahl stellt indes nur eine Obergrenze für die Abschätzung dar. Der

25 Vgl. zu den Quellen VDI Technologiezentrum et al. 2004.

26 Vgl. International Technology Roadmap for Semiconductors 2005, mimeo.

27 Vgl. Gutachten zum Halbleiterstandort Dresden von Prognos und VDI Technologiezentrum (unveröffentlicht).

tatsächliche, von der Nanotechnologie betroffene Bereich dürfte deutlich darunter liegen. Auf Basis der geführten Expertengespräche ist von einer Größenordnung von ca. 18.000 Beschäftigten auszugehen.

### ***Optoelektronische Systeme***

Nach Siemens, Dataquest und ElectroniCast (2003) betrug der Weltmarkt für optoelektronische Systeme (optische Festplattenspeicher, Optokoppler, Laserkomponenten, optische Datenübermittler) 2002 ca. 2,5 Mrd. US-Dollar (hierin nicht enthalten ist der Markt für Laserdioden). Laut Laser Focus World (2000) betrug das Volumen in 2000 für verkaufte Laserdioden 4,3 Mrd. US-Dollar. Einsatzfelder waren CD, DVD, Telekommunikation und Unterhaltungselektronik die Materialbearbeitung, medizinische Therapie und Diagnostik, Inspektion und Qualitätskontrolle. Für optische Sensoren werden spezielle Vertical Cavity Surface Emitting Lasers (VCSEL) eingesetzt. Das Marktvolumen betrug 1999 100 Mio. US-Dollar, für die nächsten 5 bis 7 Jahre wird das Volumen auf über 1 Mrd. US-Dollar geschätzt (NSTC 2000).

### ***Abschätzung des Beschäftigungsvolumens***

Der Deutsche Industrieverband für optische, medizinische und mechatronische Technologien e.V. (SPECTARIS 2006) gliedert die Industrie in drei Teilbranchen: die Industrie für augenoptische Güter, die Industrie für Photonik und Präzisionstechnik und die Medizintechnik-Industrie. Für diese drei Branchen liegt der Gesamtumsatz bei rd. 40 Mrd. Euro, wobei der Anteil der hier im Vordergrund stehenden Teilbranchen Optik sowie Photonik und Präzisionstechnik bei 62 Prozent liegt.<sup>28</sup> Die Expertengespräche haben angezeigt, dass im Bereich Consumer Optics Beschichtungen z. B. von Brillengläsern mit verbesserter Kratzfestigkeit aktuelle Innovationen darstellen, der Schwerpunkt der auf Nanotechnologie basierenden Innovationen liegt indes im optoelektronischen Bereich.

Das Beschäftigungsvolumen in Deutschland liegt nach Angaben des Statistischen Bundesamtes für den Wirtschaftszweig Herstellung von optischen fotografischen Geräten (WZ-Nummer 33.40) in 2006 bei gut 26.000 Personen – diese Zahl stellt indes nur eine Obergrenze für die Abschätzung dar. Der tatsächliche, von der Nanotechnologie betroffene Bereich liegt darunter. Auf Basis der geführ-

28 Der Bereich Medizintechnik wird nachfolgend betrachtet.

ten Expertengespräche ist von einer Größenordnung von etwa 3.000 Beschäftigten auszugehen.

## **Pharmazie, Medizintechnik, Biotechnologie (Life Science)<sup>29</sup>**

### ***Therapeutika***

Der Nanotechnologie wird auch ein bedeutender Einfluss auf die Arzneimittelproduktion zugesprochen. Nach einer NNI-Studie (NSTC 2000) sollen 50 % der Pharmaka-Weltproduktion von Nanotechnologie beeinflussbar sein. Das entspräche einem Marktvolumen von 380 Mrd. US-Dollar. Als Beispiele werden in der NNI-Studie genannt: Ermöglichung der Löslichkeit bestimmter Substanzen, Verwendung von Drug-Delivery-Systemen.

Die gesamte Palette der Drug-Delivery-Systeme wird aktuell auf ein Gesamtvolumen von ca. 20 Mrd. US-Dollar eingeschätzt (Briel 2002). SkyePharma (2000) bezifferte den Marktwert von oralen, transdermalen und intradermalen Nanosuspensionen, lipidischen Nanopartikeln und festen polymeren Nanopartikeln für das Jahr 2005 auf 10 Mrd. US-Dollar.

Der Markteintritt von Produkten der Medizintechnik und der Biotechnologie wird unterschiedlich eingeschätzt, jedoch mehrheitlich erst deutlich nach 2005 erwartet (Prognos 2007). Experten sehen hier zwar gute Chancen für deutsche Unternehmen. Gleichwohl ist die überwiegend mittelständisch strukturierte Biotechnologie- und Medizintechnikbranche in Deutschland auf strategische Kooperationen mit großen, international agierenden Unternehmen der Pharmabranche angewiesen. In den USA hingegen wird Nanotechnologie stärker als strategisches Instrument betrachtet, zur schnelleren Umsetzung neuer Technologien und anhand der dabei gemachten Erfahrungen beurteilt. Die Gespräche mit Branchenexperten belegen die wiederholt aufgestellte These von der Schnittmenge zwischen Bio- und Nanotechnologie. Diese wird jedoch weniger im Therapeutika – als vielmehr im Diagnostikamarkt gesehen.

### ***Diagnostik***

Hier ist der Nanotechnologie-Einfluss auf den Diagnostik- und Medizinmarkt indes noch eher klein. Speziell bei Biochiptechnologien werden allerdings gute

29 Vgl. zu den Quellen VDI Technologiezentrum et al. 2004.

Aussichten auf einen mittelfristig markanten Einfluss bei den Nachweismethoden gesehen.

Nach VDI/FhG-INT (2002) soll der gesamte Diagnostikmarkt in 2005 auf ca. 40 Mrd. US-Dollar anwachsen. Frost & Sullivan sagen für Hersteller von DNA-Chips in 2004 einen Umsatz von 2,6 Mrd. voraus (Lang 2002), in 2000 waren es 874 Mio. US-Dollar. Für den europäischen Markt für Nukleinsäure-Testverfahren sieht Frost & Sullivan bis 2007 eine Volumenverdopplung, ausgehend von 442 Mio. US-Dollar in 2001, an der Nanotechnologie einen – wenn auch noch begrenzten – Anteil haben könnte. Für 2004 sieht Frost & Sullivan für den US-Markt im Bereich Analysensysteme mit hohem Durchsatz einen Umsatz von 3,5 Mrd. US-Dollar. Auf der Suche nach schnellen, effizienten und Kosten sparenden Verfahren könnte insbesondere die Lab-on-a-Chip-Technologie, bei der Nanotechnologie die sensorischen Fähigkeiten der miniaturisierten Labore verbessern soll, einen bedeutenden Beitrag leisten, so Frost & Sullivan (2001, 2002).

Der weltweite Umsatz mit Rastersondensystem soll für 2001 geschätzte 2,4 Mrd. Euro betragen haben. Frost & Sullivan schätzte für die Proteomiktechnologien für 2005 einen Weltmarktwert von 6 Mrd. US-Dollar. Bei Bioinformatik soll der Markt in den USA bis 2007 mehr als 6,9 Mrd. US-Dollar betragen haben. Hierbei geht man davon aus, dass auf Grund der erheblichen Datenmengen, die in der medizinischen, pharmazeutischen und biologischen Forschung anfallen, Bioinformatik-Instrumenten eine besondere Bedeutung zukommt.

### ***Abschätzung des Beschäftigungsvolumens***

Das Beschäftigungsvolumen in Deutschland liegt nach Angaben des Statistischen Bundesamtes für die relevanten Wirtschaftszweige der pharmazeutischen und medizintechnischen Industrie (WZ-Nummern 24.41, 24.42 sowie 33.10) in 2006 bei gut 216.000 Personen – diese Zahl stellt indes nur eine näherungsweise Obergrenze dar, zumal die Biotechnologie selbst eine Branche ist, die sich, ähnlich wie die Nanotechnologie, einer statistisch eindeutigen Erfassung entzieht und zu größeren Teilen in den o.g. Branchen aufgeht. Der tatsächliche, von der Nanotechnologie betroffene Bereich dürfte weit darunter liegen, da sowohl für den Therapeutika-, als auch den Diagnostikasektor viele Produkte noch im FuE- bzw. Zulassungsstadium sind. Eine vergleichsweise höhere Bedeutung kommt den Teilsektoren der Branche Medizintechnik zu, die hoch innovative Produkte mit optoelektronischen Komponenten einsetzen. Auf Basis der geführten Expertenge-

sprache ist von einer Beschäftigungszahl in der Größenordnung von etwa 11.000 Personen in den relevanten Branchen insgesamt auszugehen.

### ***Gesamteinschätzung zum Beschäftigungsvolumen nach Branchen***

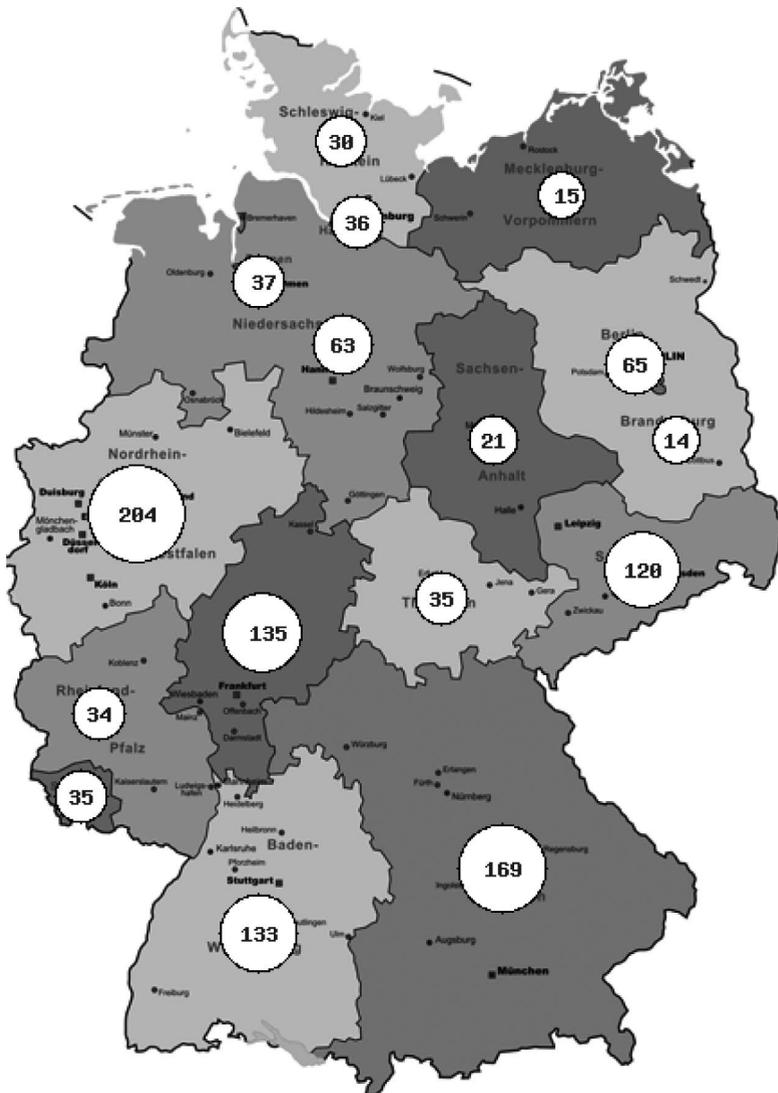
In der Summe der analysierten Branchen Chemie, Automobilbau, Elektronik/Optik und Life Science kommt man auf eine Gesamtbeschäftigungszahl von etwa 52.000 Personen (ohne Automobilbau) in Deutschland. Mit diesen Branchen der Nanotechnologie wird das Kernbeschäftigungspotenzial beschrieben. Dabei ist relativierend anzumerken, dass es sich um Abschätzungen auf der Basis von Gesprächen mit Vertretern aus Industrie und Verbänden handelt. Abschätzungen wurden auf der Grundlage von Kennziffern zu Umsätzen, Wertschöpfungsanteilen und Umsatz je Beschäftigten getroffen worden, sofern diese Angaben seitens der Industrie nicht als vertraulich behandelt worden sind. Vor diesem Hintergrund können die Angaben keinen Anspruch auf Repräsentativität erheben. Sie sollen vielmehr als erste Einordnung vermuteter Beschäftigungspotenziale in den jeweiligen Branchen dienen.

### **3.3 Statistische Deskription vorhandener einzelwirtschaftlicher Angaben**

Die NanoMap der VDI Technologiezentrum GmbH<sup>30</sup> hat für Deutschland alle relevanten Akteure im Kontext der Nanotechnologie erfasst. Dazu gehören neben Unternehmen und Forschungseinrichtungen auch (Wirtschafts-)Fördereinrichtungen, Kapitalbeteiligungsgesellschaften und Netzwerke. Da die Letzteren sich nicht mit Nanotechnologie im engeren Sinne befassen, sondern ähnlich wie die Anwenderindustrien auf nanotechnologischen Entwicklungen aufsetzen, wurden sie im Folgenden aus der Betrachtung ausgeklammert.

30 Vgl. [www.nano-map.de](http://www.nano-map.de)

Abbildung 2: Akteure in der Nanotechnologie



© Copyright by VDI Technologiezentrum GmbH

Die Abbildung 2 zeigt für Deutschland für das Jahr 2007 die geografische Verteilung von rund 1.000 Akteuren (weiße Kreise), die hier von Interesse sind. Darunter sind:

- 546 kleine und mittlere Unternehmen (mit bis zu 250 Beschäftigten)
- 124 Großunternehmen
- 169 Universitätsinstitute
- 97 außeruniversitäre Institute

Die NanoMap wurde durch den Projektträger VDI Technologiezentrum aus unterschiedlichen Datenquellen zusammen gestellt.<sup>31</sup> Diese Zahlen wurden dann erweitert auf Grundlage von Recherchen zu Großunternehmen, Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Zudem haben die Akteure die Möglichkeit, sich mit der Bitte um Eintragung zu melden.

Die NanoMap weist keine Zahlen zur Beschäftigung in den Unternehmen und Forschungseinrichtungen aus. Diese wurden immer separat über schriftliche Befragungen erhoben und damit aktuell gehalten. So weist die zuletzt veröffentlichte Auswertung von 2006 eine extrapolierte Beschäftigtenanzahl von ca. 114.000 aus bei 450 Unternehmen insgesamt.<sup>32</sup> Indes ist diese Zahl als Obergrenze zu verstehen und basiert auf einer Vielzahl von Annahmen.<sup>33</sup>

Die Abschätzung basiert auf 147 kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) mit bis zu 5.000 Beschäftigten sowie 20 Unternehmen mit mehr als 5.000 Beschäftigten aus. Die Unternehmensangaben wurden für die vermutete Gesamtunternehmensanzahl (KMU: 420, Großunternehmen: 30) auf der Grundlage von Umsatzangaben mit Nanotechnologieprodukten extrapoliert. Verschiedenen Einschränkungen ist dabei Rechnung getragen worden, wie z.B. der Tatsache, dass vor allem bei größeren Unternehmen ein bedeutender Teil ihrer Leistungserbringung im Ausland erfolgt, und sich dieses nicht auf die Beschäftigung in Deutschland auswirkt. oder dass viele nanotechnologische Produkte noch im Entwicklungsstadium sind.<sup>34</sup>

31 Dazu wurden unterschiedliche Recherchen wie Datenbankrecherchen und schriftliche Befragungen durchgeführt; vgl. VDI Technologiezentrum, 2006, S. 30 ff und VDI Technologiezentrum et al. 2004, S. 113 ff.

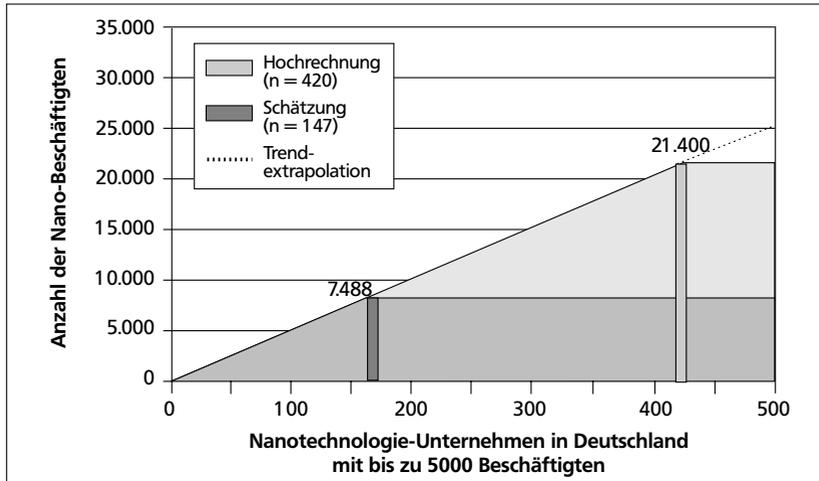
32 Vgl. dazu und im Folgenden ausführlich VDI Technologiezentrum et al. 2004, S.228-232.

33 Das gilt auch für KMU bzw. Start-ups. Eine der führenden Marktanalysten zum Thema Nanotechnologie, Lux Research geht von insgesamt 1.00 Unternehmen weltweit aus: Approximately 1,500 total companies worldwide have announced nanotechnology R&D plans. Eighty percent of them -- approximately 1,200 -- are start-ups, 670 of which are in the U.S.; vgl. Lux Research (2004) (Auszüge der Studie liegen vor).

34 Aus diesem Grund wurde zusätzlich für die 20 Unternehmen mit mehr als 5.000 Mitarbeitern in der Stichprobe der Mitarbeiteranteil in Deutschland ermittelt und analog auf die potenziellen Beschäftigten in der Nanotechnologie angewendet, vgl. ebd. S. 230.

Die Beschäftigtenzahlen der Unternehmen mit bis zu 5000 Beschäftigten ergeben extrapoliert eine Zahl von 21.400 direkt und indirekt Beschäftigten (vgl. dazu Abbildung 3).

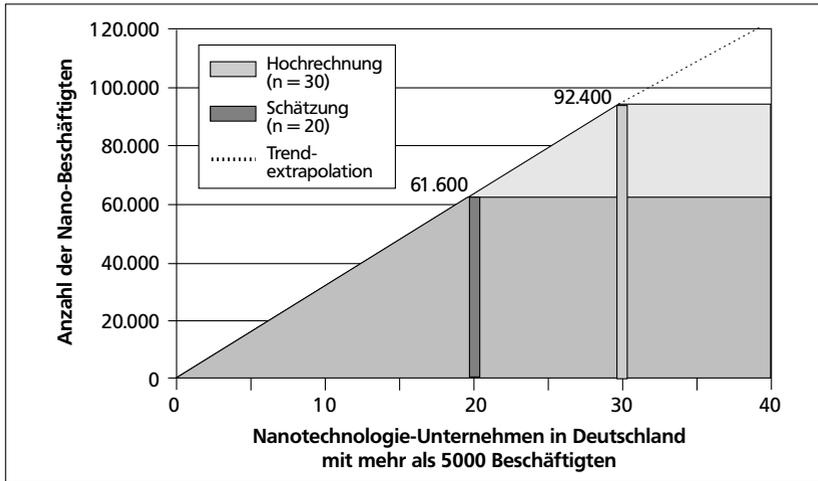
**Abbildung 3: Extrapolation der Beschäftigung von Unternehmen mit bis zu 5000 Beschäftigten**



Quelle: VDI Technologiezentrum et al., 2004, S.231

Bei Unternehmen mit über 5000 Mitarbeitern ergibt sich eine Beschäftigtenzahl von 92.400 direkt und indirekt Beschäftigten (vgl. Abbildung 4).

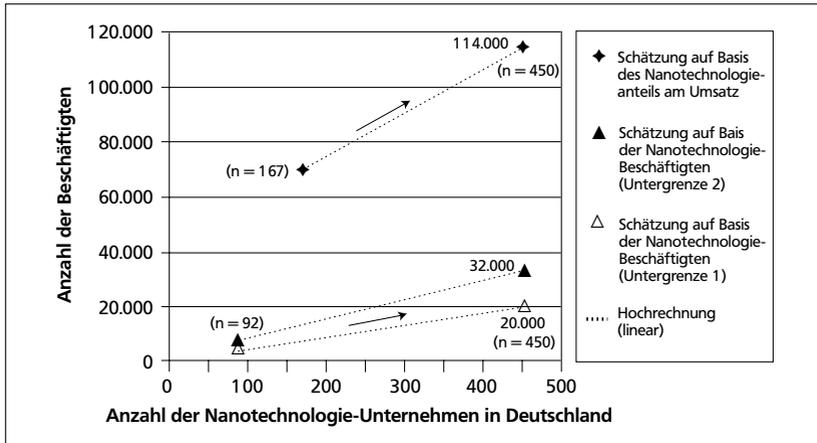
**Abbildung 4: Extrapolation der Beschäftigung von Unternehmen mit mehr als 5000 Beschäftigten**



Quelle: VDI Technologiezentrum et. al., 2004, S.232

Diese beiden Extrapolationen zusammengefasst ergeben in Bezug auf die 450 Unternehmen in Deutschland, bei denen im Nanotechnologiebereich Aktivitäten nach der schriftlichen Befragung feststanden oder zumindest stark vermutet wurden, auf Basis von Umsatzzahlen 114.000 Arbeitsplätze in Deutschland in 2006, die direkt oder indirekt der Nanotechnologie zuzuordnen sind (vgl. Abbildung 5). Einschränkend verweisen die Autoren darauf, dass diese Schätzung optimistisch ist (ebd., S.234.)

**Abbildung 5: Gesamtübersicht zur Abschätzung der Beschäftigung von Unternehmen in der Nanotechnologie in Deutschland**



Quelle: VDI Technologiezentrum et. al., 2004, S.233

Je nach verwendeter Datenbasis und Methodik differenzieren die Autoren die Schätzungen für die Gesamtbeschäftigung der Nanotechnologie in Deutschland. Die Spanne der niedrigeren Schätzung von 20.000 bis 32.000 Mitarbeitern wird als Untergrenze interpretiert. Folglich müssen die über die Umsatzzahlen abgeschätzten 114.000 Arbeitsplätze als Obergrenze angesehen werden.

Hinsichtlich der Beschäftigung wird darauf verwiesen, dass diese angegebene Arbeitsplatzanzahl überwiegend in der Großindustrie angesiedelt ist. In den Zahlen nicht enthalten sind zudem Arbeitsplätze in den nicht-industriellen Bereichen, die bei wissenschaftlichen Einrichtungen und im Hochschulwesen vorzufinden sind.

Vor diesem Hintergrund sind noch einmal aktualisierte Abschätzungen auf Basis des verfügbaren Zahlenmaterials vorgenommen worden (»bottom-up«).

Gesondert für diese Untersuchung wurde aus dem bei dem VDI Technologiezentrum verfügbaren Datensample eine nach Technologien und Märkten der Nanotechnologie repräsentative Stichprobe gezogen. Mit Hilfe der Hoppenstedt-Datenbank konnten die aktuellen Beschäftigten- und Umsatzzahlen ermittelt werden. Diese sind dann – wo immer möglich – mit den Angaben auf den Websites der Unternehmen abgeglichen worden.

Tabelle 5 weist für die verschiedenen Technologien/Verfahren mit Bezug zur Nanotechnologie folgende Schwerpunkte aus.

**Tabelle 5: Beschäftigungsstichprobe für NanoMap-Unternehmen**

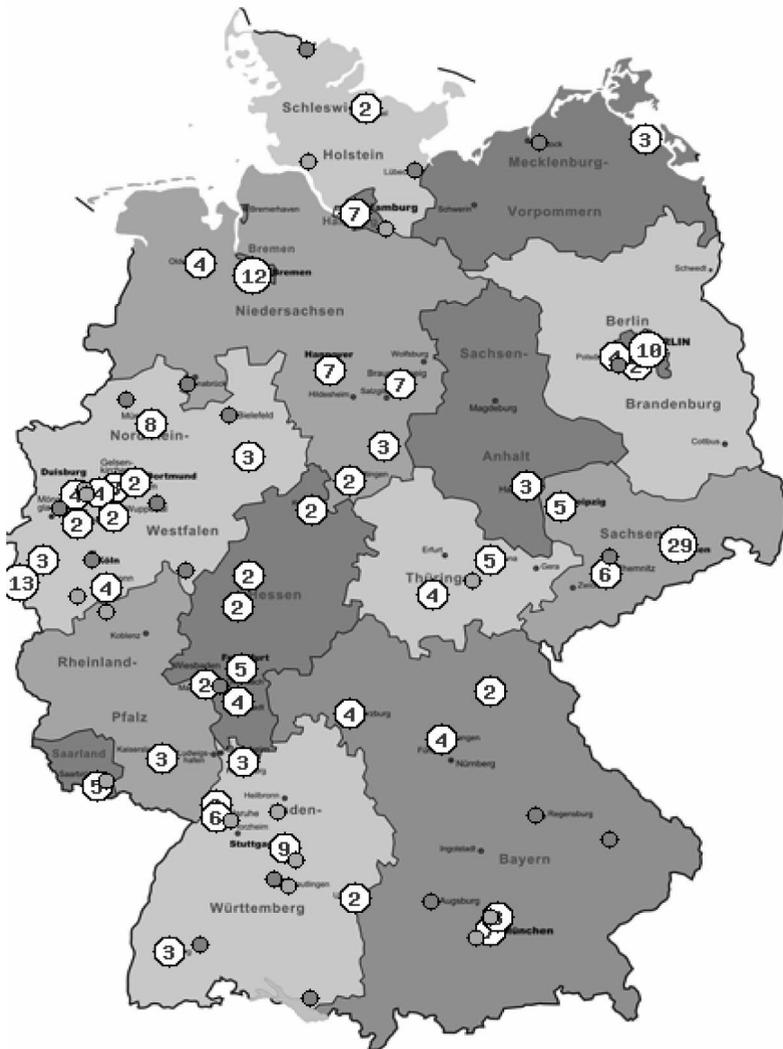
KMU	Technologie/Verfahren	Beschäftigte	Umsatz in Mio. €	Umsatz pro Beschäftigten in Mio. Euro
FRT GmbH	Nanoanalythik/Nanotools	30	3	0,10
Hans-J. Kemper GmbH	Nanoanalythik/Nanotools	180	12	0,07
Solarion GmbH	Nanoanalythik/Nanotools	9	1	0,11
Möller Medical GmbH & Co. KG	Nanoanalythik/Nanotools	160	11	0,07
NovaLED GmbH	Nanoanalythik/Nanotools	70	4	0,06
SIOS Me&technik GmbH	Nanoanalythik/Nanotools	21	2	0,10
FHR Anlagenbau GmbH	Nanoanalythik/Nanotools	72	10	0,14
Southwall Europe GmbH	Nanoanalythik/Nanotools	93	18	0,19
PALAS GmbH	Nanoanalythik/Nanotools	17	2	0,12
Bio-Gate AG	Nanobiotechnologie	15	2	0,13
EMC microcollections GmbH	Nanobiotechnologie	22	3	0,14
febit biotech GmbH	Nanobiotechnologie	40	4	0,10
Evotec Technologies GmbH	Nanobiotechnologie	80	-	
GeneScan Europe AG	Nanobiotechnologie	76	15	0,20
Molecular Machines & Industries GmbH	Nanobiotechnologie	25	6	0,24
AQUANOVA German Solubilisate Technologies (AGT) GmbH	Nanobiotechnologie	11	-	
ECKA Granulate MicroMet GmbH	Nanochemie/Nanomaterialien	49	26	0,53
hte Aktiengesellschaft	Nanochemie/Nanomaterialien	90	7	0,08
Kallies Feinchemie AG	Nanochemie/Nanomaterialien	18	1	0,06
ItN Nanovation	Nanochemie/Nanomaterialien	60	6	0,10
SFC Smart Fuel Cell AG	Nanochemie/Nanomaterialien	70	7	0,10
Innovint Aircraft Interior GmbH	Nanochemie/Nanomaterialien	20	2	0,10
EWABO Chemikalien GmbH & Co. KG	Nanochemie/Nanomaterialien	45	-	
L.O.T.-Oriel GmbH & Co. KG	Nanoelektronik	65	-	
NaWoTec GmbH	Nanoelektronik	30	-	
u2t Photonics AG	Nanoelektronik	30	3	0,10
naomitechnologies AG	Nanoelektronik	30	-	
AMS Technologies AG	Nanoelektronik	30	13	0,43
TOPTICA Photonics AG	Nanoelektronik	70	11	0,16
Laser Components GmbH	Nanooptik	62	23	0,37
ULM-photonics gmbh	Nanooptik	25	4	0,16
CODIXX AG	Nanooptik	30	1	0,10
dvanced Photonic Systems APHS GmbH	Nanooptik	102	30	0,29
Elcos AG	Nanooptik	50	-	
DILAS	Nanooptik	185	28	0,18
microTEC Gesellschaft für Mikrotechnologie mbH	Nanotechnologie/Mikrosystemtechnik	20	3	0,15
HL-Planartechnik GmbH	Nanotechnologie/Mikrosystemtechnik	117	13	0,11
	<b>Summe</b>	<b>2.119</b>	<b>271</b>	<b>0,16</b>
	<b>Summe hochgerechnet auf alle KMU in der NanoMa</b>	<b>31270</b>	<b>3999</b>	

Quelle: eigene Berechnungen VDI Technologiezentrum 2007;

Durch die repräsentative Stichprobe können die Werte hoch gerechnet werden: auf diese Weise gelangt man auf einen Wert von insgesamt 31.270 Beschäftigten in den KMU. Der Gesamtumsatz liegt hochgerechnet bei 4 Mrd. EURO. Der durchschnittliche Umsatz je Beschäftigten liegt bei 160.000 EURO. Dieser Wert liegt damit innerhalb des Intervalls, das von der zuvor ausführlich betrachteten Studie von VDI Technologiezentrum et al. (2004) als konservative Untergrenze der industriellen Beschäftigung in der Nanotechnologie für Deutschland abgeschätzt worden war.

Für die Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen gibt es ebenfalls eine Landkarte der NanoMap (Abbildung 6). Danach ist von insgesamt 266 Forschungseinrichtungen in 2007 auszugehen, davon 169 Universitätsinstitute (dunkle Kreise) und 97 außeruniversitäre Forschungseinrichtungen (helle Kreise), (weiße Kreise = Mehrfachnennungen). Weiter differenzierte Angaben, z.B. Angaben zur Beschäftigung, lagen jedoch hier nicht vor. Mithin konnte das aktuelle Beschäftigungspotenzial in Hochschulen und Forschungseinrichtungen wiederum nur abgeschätzt werden.

Abbildung 6: NanoMap für Wissenschaft und Forschung



© Copyright by VDI Technologiezentrum GmbH

Das Statistische Bundesamt hat im Rahmen von Sonderauswertungen zu neuen Technologien die FuE-Ausgaben für Universitätsinstitute und außeruniversitäre Einrichtungen erfasst (vgl. dazu Tabelle 6).

**Tabelle 6: Ausgaben für Forschung und Entwicklung der wissenschaftlichen Einrichtungen des öffentlichen Sektors 2004**  
(nach Einrichtungsarten und Technologiebereichen, Angaben in 1000 EURO)

Einrichtungsgruppe Einrichtungsart	Ausgaben insgesamt	darunter:				Nanotechno- logie
		Informations- Technologie	Biotechno- logie (ohne Gentechnik)	Gentechnik	Material- und Werk- stofftechno- logie	
<b>Öffentliche Einrichtungen für Wissenschaft, Forschung und Entwicklung</b>	847 629	44 646	124 354	30 475	.	13 541
Bundeseinrichtungen	624 858	39 689	79 461	15 883	82 942	13 541
Landes- und kommunale Forschungseinrichtungen (ohne Leibniz-Gemeinschaft)	222 772	4 956	44 893	14 592	.	–
<b>Gemeinsam von Bund und Ländern geförderte Einrichtungen für Wissenschaft, Forschung und Entwicklung</b>	5 491 767	617 922	553 047	360 260	651 509	152 818
Helmholtz-Zentren	2 390 682	119 832	208 490	125 098	128 542	–
Institute der Max-Planck-Gesellschaft	1 187 140	80 470	155 389	191 493	113 576	74 245
Institute der Fraunhofer-Gesellschaft	1 069 247	350 704	.	.	294 146	62 848
Leibniz-Gemeinschaft (Blaue Liste)	773 511	32 705	150 995	28 422	.	15 725
Akademien (lt. Akademiennprogramm)	71 187	34 211	.	.	.	–
<b>Sonstige öffentlich geförderte Organisationen ohne Erwerbszweck für Wissenschaften ohne Erwerbszweck für Wissenschaft, Forschung und Entwicklung</b>	918 726	114 245	.	18 440	114 714	33 753
Wissenschaftliche Bibliotheken und Museen (ohne Leibniz-Gemeinschaft)	256 281	8 921	.	–	.	–
Öffentliche Bibliotheken, Archive und Fachinformationszentren	33 271	4 926	–	–	–	–
Öffentlich geförderte Bibliotheken, Archive und Fachinformationszentren	22 536	.	–	–	–	–
Museen	200 474	.	.	–	.	–
<b>Einrichtungen für Wissenschaft, Forschung und Entwicklung insgesamt</b>	7 514 403	785 734	736 620	409 175	854 249	200 112
darunter: Institute an Hochschulen	404 497	79 044	34 677	8 910	23 564	26 363

Quelle: Statistisches Bundesamt, 2007

Demnach wurden in Deutschland in 2004 gut 200 Mio. EURO für wissenschaftliche Einrichtungen im Bereich Nanotechnologie ausgegeben (rechte Spalte).<sup>35</sup> Unterstellt man eine durchschnittliche Ausgabe pro Arbeitsplatz von 55 TEURO<sup>36</sup>, kommt man auf gut 3.600 Arbeitsplätze in der nanotechnologischen Forschung außerhalb des Unternehmenssektors.

Werden die Ergebnisse zusammen betrachtet, kommt man auf eine Beschäftigungszahl von etwa 35.000 in kleinen und mittleren Unternehmen sowie im Wissenschaftssektor. Nicht dabei eingeschlossen werden konnten mangels Informationen Beschäftigte in großen Unternehmen.

35 Diese Summe deckt sich nicht mit der durch das BMBF, 2004 ausgewiesenen Summe von gut 145 Mio. EURO für die institutionelle Förderung. Zu berücksichtigen ist dabei, dass institutionelle Förderung im Wissenschaftsbereich überwiegend durch Bund und Länder getragen wird. Für die Länder liegen entsprechende Angaben indes nicht vor.

36 Dieser Wert geht von der in 2004 noch geltenden BAT-Vergütungsklassifikation von dem tatsächlichen Arbeitgeberbruttowert aus. Er wurde durch Gespräche mit Personalstellen an Hochschulen abgestimmt, kann mit Blick auf die unterschiedlichen, z. T. länderspezifischen Einstufungsoptionen indes nur als grober Mittelwert betrachtet werden.



## **4. Ergebnisse zu den Beschäftigungsperspektiven der Nanotechnologie in Deutschland**

### **4.1 Prognosen auf Basis der Literaturrecherchen**

Die Recherche zu Studien mit Informationen zum Beschäftigungspotential der Nanotechnologie erbrachte insgesamt acht Arbeiten mit Aussagen zu den Beschäftigungsperspektiven der Nanotechnologie. Die internationalen Studien haben einen weltweiten Untersuchungsraum gewählt, es liegen jedoch vereinzelt auch Aussagen für Deutschland vor (vgl. dazu Tabelle 7).

In Analogie zur Auswertung von Studien mit Aussagen zum gegenwärtigen Beschäftigungsstand ist festzuhalten, dass wiederum kaum präzise Aussagen zur Beschäftigungsentwicklung vorgefunden worden sind. Die zuvor aufgeführten methodisch-inhaltlichen Probleme bei der Ergebnisinterpretation gelten auch hier.

Tabelle 7: Synopse aktueller Studien zum Beschäftigungspotenzial der Nanotechnologie in Deutschland und weltweit

Nr.	Titel, Autor	Erscheinungsjahr	Aussagen zum Beschäftigungspotenzial der Nanotechnologie bei Herstellern	Aussagen zum Beschäftigungspotenzial der Nanotechnologie bei Anwendern
1	Untersuchungskonzept - Nanobiotechnologie und Nanotechnologie, ISW	8/2004	bis 2015 160.000 Beschäftigte im Bereich der Nanobiotechnologie	
2	Abschlussbericht Büro für Technikfolgen-Abschätzung (TAB) zum TA-Projekt Nanotechnologie	12/2004	10.000 neue Arbeitsplätze	
3	The economic development of nanotechnology – An indicators based analysis, European Commission, A. Hullmann	11/2006		about 2 million nanotechnology workers will be need worldwide by 2015
4	Arbeitsmarkt Nanotechnologie? (Kurzfassung einer internen Studie des Nanobionets Saarbrücken, M. Mailmann)	6/2007	Weltweit 180.000 neue Arbeitsplätze in der Nanobiotechnologie; in Deutschland in den nächsten (zwei) Jahren bis zu 10.000 neue Arbeitsplätze, überwiegend im Produktionsbereich	
5	Produktion von mikrooptischen Bauteilen und Systemen -Status und Perspektiven, FIG-IDF	9/2007	bis zum Jahr 2010 erwarten allein KMU zusätzlich 15.000 Arbeitsplätze	
6	Nanotechnology Careers, National Nanotechnology Infrastructure Network (NNIN), zit. dabei eine Studie von Rocco 2003)	2005	Nanotechnology job projections are estimated to be nearly two million workers worldwide by 2015	Additionally, 5 million related supporting jobs or at average 2.5 jobs per nanotech worker, would be created
7	The Virginia Nanomanufacturing Initiative, The Virginia Research and Technology Advisory Commission	9/2003	The National Nanotechnology Initiative (NNI) projects a \$1 trillion nanotechnology industry requiring 800,000 – 900,000 technical workers in the U.S. by 2015	
8	Nanotechnology Report , Lux Research	5/2006		nanotechnology is forecast to contribute to US\$2.6 trillion of manufactured goods global in 2015. The markets for nanoelectronic devices were estimated to be approximately US\$60 billion in 2005 and are forecast to reach US\$250 billion by 2010. Approximately 1.50 total companies worldwide have announced nanotechnology R&D plans. Eighty percent of them -- approximately 1,200 -- are start-ups, 670 of which are in the U.S.

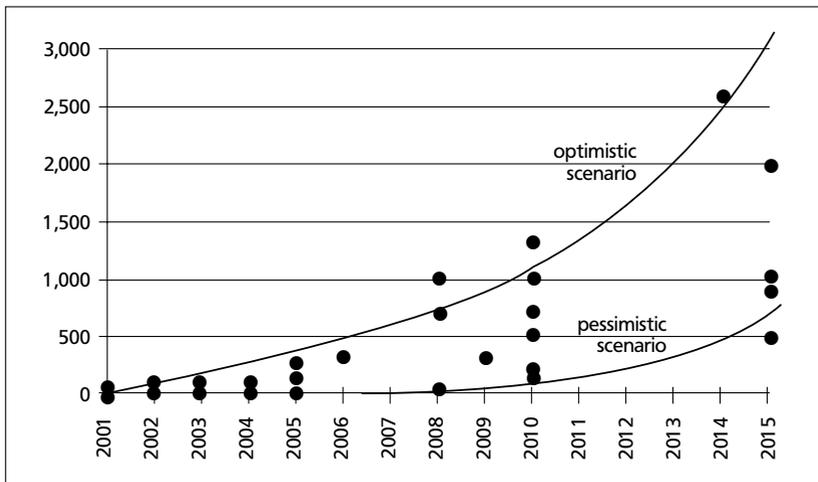
Quelle: eigene Recherchen, Prognos AG 2007

## Unmittelbare Beschäftigungspotenziale

Festzuhalten ist, dass die meisten Untersuchungen eine sehr positiv gerichtete Entwicklung der Beschäftigung in der Nanotechnologie sehen. Für Deutschland kann auf Basis der vorliegenden Studien von einem Zuwachs von mindestens 10.000 bis 15.000 Beschäftigten in den nächsten drei Jahren (2010) ausgegangen werden. Bezogen auf den aktuellen Beschäftigungskorridor von 35.000 bis 52.000 Personen würde das einem Zuwachs von gut 20 % (Untergrenze) bis gut 43 % (Obergrenze) entsprechen. Weitergehende Abschätzungen für die Beschäftigungsentwicklung sind durch die vorliegenden Studien für Deutschland insgesamt nicht abgedeckt. Eine Ausnahme bildet die Studie des ISW (2004), die bis 2015 von einem Beschäftigungsvolumen im Bereich Nanobiotechnologie von 160.000 Personen ausgeht.

In Bezug auf die Marktentwicklung, die der Beschäftigungsentwicklung vorausgeht, werden auf Grundlage unterschiedlicher Quellen verschiedene Korridore abgeschätzt (vgl. Abbildung 7).

**Abbildung 7: Nanotechnologie Marktentwicklungsszenarien (weltweit)**  
(Angaben in Mrd. USD)



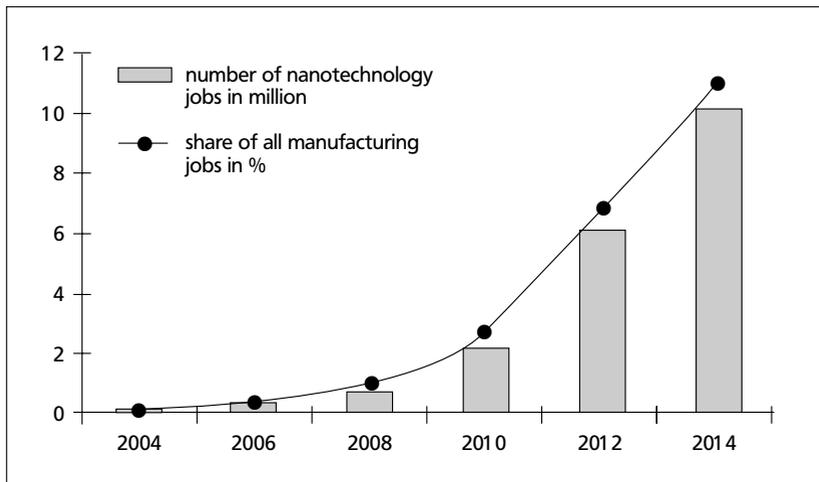
Quelle: Hullmann 2006

Die Abbildung ist der Studie von Hullmann (2006, S. 9) für die Europäische Kommission entnommen. Auf Basis von 15 Studien sind entsprechende Wachstumsverläufe abgeleitet worden. Die Verfasserin räumt dabei ein, dass das optimisti-

sche Szenario die Marktentwicklung der IuK- und Biotechnologie in 2015 um ein vielfaches übertrifft; Technologien also, die im Unterschied zur Nanotechnologie bereits heute auf ein vergleichsweise umfangreicheres Portfolio am Markt etablierter Produkte aufsetzen können.

Einer der führenden Marktanalysten in der Nanotechnologie, Lux Research, geht von einem optimistischen Beschäftigungsszenario bis 2014 aus. Unterstellt werden bis 2014 weltweit zehn Mio. Beschäftigte in der Industrie, die nanotechnologische Produkte herstellen (vgl. Abbildung 8).

**Abbildung 8: Nanotechnologie Beschäftigungsszenario nach Lux Research (weltweit)**



Quelle: Lux Research 2004 (zit. nach Hullmann 2006)

Die mehrfach zitierte Studie der National Science Foundation (NSF 2001<sup>37</sup>) geht in 2015 von zwei Mio. Beschäftigten weltweit aus. In dieser Studie wird auch spezifiziert, wo die regionalen Schwerpunkte der Beschäftigungsentwicklung liegen:

- 0,8-0,9 million – USA
- 0,5-0,6 million – Japan
- 0,3-0,4 million – Europa
- 0,2 million – Asia Pacific (excluding Japan)
- 0,1 million – other regions

37 Die Studie selbst konnte nicht recherchiert werden. Sie wird jedoch immer zitiert; vgl. dazu die Arbeiten von Hullmann 2006; Allen 2005.

Demnach sind die USA, Japan und innerhalb Europas vor allem Deutschland die Länder, in denen ein merkliches Wachstum der Beschäftigung im Feld der Nanotechnologie stattfinden wird. Deutschland wird auch nach (Hullmann 2006, S.19) ein Wachstumstreiber für Beschäftigung in der Nanotechnologie sein. Die Verfasserin berücksichtigt hierbei Studien, die das Wachstum auf kleine und mittlere Unternehmen zurückführen (ebd.).

### ***Mittelbare Beschäftigungspotenziale***

Das National Nanotechnology Infrastructure Network (NNIN, 2005) geht mit Bezug auf eine nicht weiter erläuterte Arbeit von Rocco aus dem Jahr 2003 davon aus, dass durch die Herstellung von Nanotechnologieprodukten fünf Mio. zusätzlich an Beschäftigung induziert wird, d.h. auf jeden unmittelbar Beschäftigten in der Nanotechnologie kommen 2,5 mittelbar Beschäftigte.

Hier sind die Abschätzungen indes deutlich heterogener. So geht Wang (2005) in einem Artikel zur Nanotechnologie von einem induzierten Beschäftigungsvolumen von 25 Mio. Personen aus, leider ohne Konkretisierung des Zeitraumes. Wang betont dabei, dass es sich nicht um einen Verdrängungsprozess handelt, sondern um neue Jobs in den Bereichen Produktion, Transport und Installation/Wartung von Nanofabriken.

Eine Reihe von Studien (Artikel) verweist auf weitere strukturelle Aspekte der Beschäftigungsentwicklung. So verweist Mallmann (2005) in seiner unveröffentlichten Studie auf einen wachsenden Beschäftigungsbedarf nicht nur von hoch qualifizierten Personen (Akademikern), sondern vor allem von Beschäftigten mit einer fachlichen Ausbildung z. B. als MTA oder innerhalb der Produktion (chemische und pharmazeutische Industrie etc.). Demgegenüber verweisen Stephan et al. (2007) darauf, dass sowohl der Markt als auch das (noch) recht frühe Entwicklungsstadium eher hoch qualifizierte Personen benötigt: »The small size of the small scale market: The early-stage labor market for highly skilled nanotechnology workers« (ebd., S. 891).

Mit Bezug auf die in Kapitel 3.2. analysierten Marktstudien sowie die Expertengespräche kann davon ausgegangen werden, dass einige Produkte, die auf der Basis der Nanotechnologie entwickelt worden sind, sich in einem fortgeschrittenen Stadium befinden bzw. erfolgreich am Markt eingeführt worden sind (z. B. Kosmetik- und optische Produkte, Sensoren, Lacke, Farben, Werkstoffe). Hier sind dann weitere Beschäftigungseffekte bei unterschiedlichen Qualifikationsgruppen zu erwarten. Für die Mehrzahl der Entwicklungen steht eine Markteinführung erst

in den nächsten Jahren an. Mithin sind auch erst künftig merkliche unmittelbare und in der Folge mittelbare Beschäftigungszuwächse, also in Anwenderbranchen zu erwarten.

## **4.2 Relevanz von exogenen Einflussfaktoren auf die Beschäftigungsentwicklung**

Die Expertengespräche mit Verantwortlichen aus Industrie und Fachverbänden haben gegenwärtig keine wesentlichen Innovationshürden für die Nanotechnologie Deutschland aufgezeigt. Anders als in der Biotechnologie gibt es zumindest für Deutschland keine grundlegende Diskussion um das »Für« und »Wider« des Einsatzes von Nanotechnologie in Produkten.

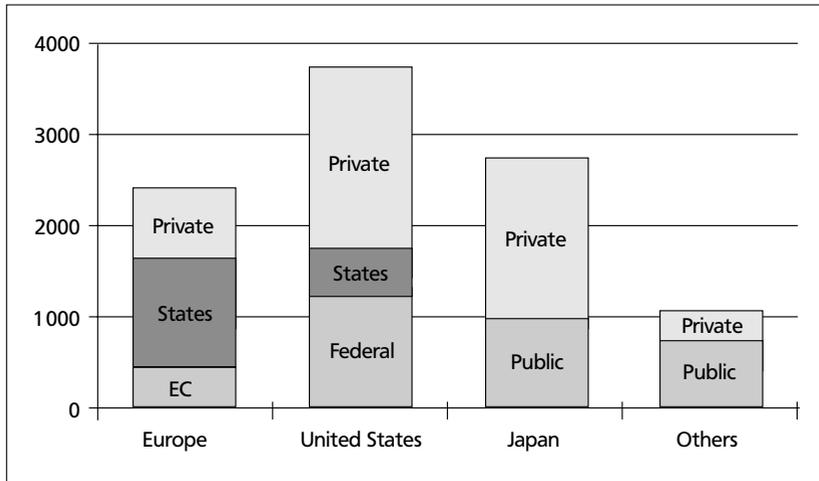
Gleichwohl ist eine gewisse Sensibilisierung auszumachen, wenn für Konsumgüterprodukte wie z.B. Sonnencremes bewusst nicht mit dem Attribut »Nanotechnologie« geworben wird. Da über gesundheitliche Gefahren noch keine abschließenden Gutachten vorliegen, die belegen, dass Nanopartikel für den Menschen unbedenklich sind, wird seitens der Consumer und auch Pharmazeutischen Industrie nicht ausgeschlossen, dass Absatzmärkte einbrechen können.<sup>38</sup> Gewünscht werden vermehrt toxikologische Gutachten zur Unbedenklichkeit der Nanotechnologie für Menschen, z.B. bei Nanopartikeln. Innerhalb der Investitionsgüterproduzierenden Industrie wird das weniger kritisch gesehen. Hier wird tw. offensiv mit der Nanotechnologie geworben. Entscheidender Parameter für den Einsatz ist der ROI (return on investment): sofern dieser gegeben ist, z.B. auf Grundlage von entsprechenden Abschätzungen oder bereits vorliegt, wird weiter investiert. Liegt ein positiver ROI nicht vor, werden Investitionen auch wieder zurückgefahren.

Private Finanzierung und öffentliche Förderung ist sowohl für mittelständische als auch große Unternehmen ein wichtiges Thema. Das Engagement an nationalen wie auch an EU-geförderten FuE-Projekten ist nach den geführten Gesprächen zufolge aktuell hoch und soll es zukünftig auch bleiben. Berücksichtigt man die entsprechenden Förderaktivitäten nach ihrer Herkunft, besteht in Europa noch

38 Wiederholt wurde in den Expertengesprächen auf den Fall verwiesen, wo ein Inhalationsspray, das laut Herstellerwerbung auf Basis der Nanotechnologie gefertigt worden war, für gesundheitliche Probleme bei Menschen gesorgt hat. Tatsächlich stimmte diese Werbung nicht. Die negative Pressebeurteilung hat nun zu einer hohen Sensibilität bei Herstellern im Consumer-Bereich geführt.

ein Nachholbedarf seitens der Industrie in die Nanotechnologie zu investieren (vgl. Abbildung 9).

**Abbildung 9: Finanzierung von Nanotechnologie**  
(Angaben in Mio. €; 1 € = 1 USD)



Quelle: Hullmann, 2006

Die Untersuchung von Hullmann (2006, S. 15) weist darauf hin, dass Deutschland mit Abstand die größte Summe für die Förderung von Nanotechnologie aufwendet. Ein Betrag der fast (90 %) der gesamten Förderung durch die EU entspricht (ebd.).

Als Innovationsbarriere, die die Entwicklung der Nanotechnologie beeinflussen könnte, wurde in den Expertengesprächen der Mangel an qualifiziertem Personal genannt. Da es sich um einen Problemkomplex handelt (demografische Entwicklung, Bereitschaft zur Aufnahme eines naturwissenschaftlichen Studiums etc.) und dieses Phänomen eine Reihe von entwickelten Industrieländern betrifft (USA, Japan), kann nicht von einem spezifischen Innovationshindernis der Nanotechnologie in Deutschland gesprochen werden.

Die vorliegenden Expertengespräche können dahin gehend zusammengefasst werden, dass Deutschland im globalen Innovationswettbewerb gut positioniert ist. Einem merklichen Wachstum der Beschäftigung in den Kernbereichen der Nanotechnologie stehen nach dem gegenwärtigen Stand keine spezifischen Innovati-

onshürden entgegen. Gleichwohl wird die zukünftige Beschäftigungsentwicklung davon beeinflusst werden, wie sich kritische exogene Einflussfaktoren in Zukunft entwickeln. Hierzu gehören die öffentliche Wahrnehmung der Nanotechnologie, die Akzeptanz von Nanotechnologie beinhaltender Produkte bzw. die Klärung der Unbedenklichkeit für den Menschen sowie die Frage eines adäquaten Fachkräfteangebotes.

## 5. Zusammenfassung der Ergebnisse

Für die Studie wurden insgesamt 42 Dokumente ausgewertet, vor allem Studien, aber auch Artikel und Aufsätze in Fachzeitschriften. Darüber hinaus wurden acht Expertengespräche mit Vertretern aus Industrie und Verbänden geführt.

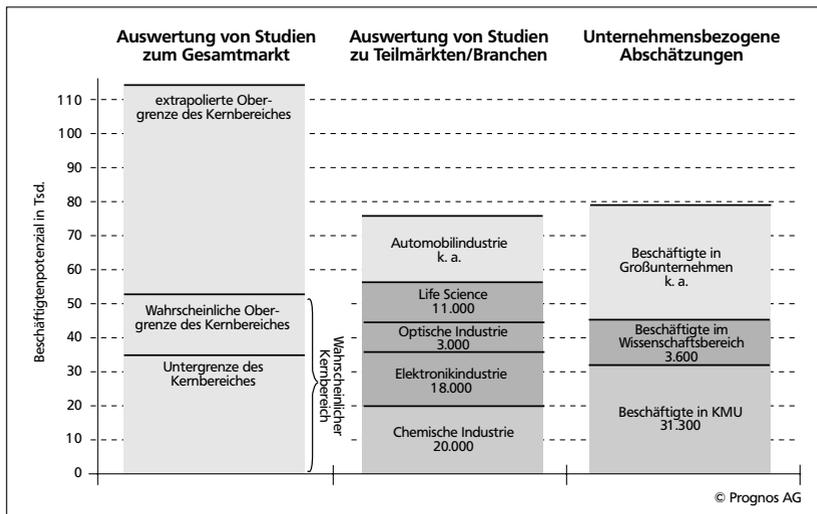
Vorweg anzumerken ist, dass bei den Recherchen zum Thema Nanotechnologie und Beschäftigung eine Vielzahl von methodisch-fachlichen und inhaltlichen Schwierigkeiten vorgefunden worden sind. Die methodisch-fachlichen Herausforderungen beziehen sich auf den Aspekt einer klaren, nachvollziehbaren Definition von Nanotechnologie. Die inhaltlichen Schwierigkeiten beziehen sich auf die auf dieser Grundlage verfassten Aussagen.

Im Rahmen dieser Studie war es nicht möglich, alle diese Herausforderungen zu bewältigen. Im Hinblick auf das durch diese Studie adressierte Thema ist Forschungsbedarf zu konstatieren, der vor allem durch eine breit abgesicherte Primärerhebung bei Unternehmen und Forschungseinrichtungen zu lösen wäre. Die vorliegende Untersuchung hat im Rahmen der ihr zur Verfügung stehenden Möglichkeit soweit wie möglich versucht, die fehlende Primärerhebung durch unterschiedliche Sekundärquellenarbeit zu kompensieren.

Zu konstatieren sind teilweise erhebliche Abweichungen zwischen Aussagen zum Beschäftigungsstand und zu den Beschäftigtenpotenzialen in Deutschland. Diese sind zum einen dadurch zu erklären, dass in die Betrachtung bisweilen nur die direkten Beschäftigungswirkungen (d.h. z. B. Beschäftigte, die Nanopartikel entwickeln und produzieren) betrachtet werden, während andere Studie auch die indirekte Wirkungen (Wachstum der Märkte für Produkte, die Nanotechnologie enthalten) berücksichtigen. Zum anderen erklären sich die Abweichungen über unterschiedliche, hier gewählte Vorgehensweisen zur Bestimmung des Beschäftigungspotenzials der Nanotechnologie Deutschland.

Die Abbildung 10 fasst die Ergebnisse der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Abschätzungen zum Beschäftigungsstand noch einmal zusammen.

**Abbildung 10: Ergebnisübersicht zu den Abschätzungen zur Beschäftigung der Nanotechnologie in Deutschland**



Quelle: eigene Erhebungen und Berechnungen, Prognos AG 2007

Die unterschiedlichen Herangehensweise haben einen aktuellen Beschäftigungskorridor von mindestens 35.000 bis 52.000 Personen ergeben, die unmittelbar im Kontext der Nanotechnologie beschäftigt sind. Diese Abschätzung enthält aber mehrere unbekannte Größen, die zu einem höheren Wert führen können: Erstens die Beschäftigung im Automobilsektor, wo tw. heute schon mit Hilfe der Nanotechnologie wichtige (Zwischen-) Produkte gefertigt werden. Hier konnten keine belastbaren Annahmen getroffen werden. Dabei spielt eine Rolle, dass es unterschiedlich hohe Wertschöpfungsanteile von Nanotechnologie in Endprodukten gibt. Das erschwert seriöse Abschätzungen. Zweitens die Beschäftigung in großen Unternehmen, die aktuell nicht erfasst werden konnte. Zwar gibt es dazu Abschätzungen (VDI Technologiezentrum et al. 2004). Diese können für diese Studie nicht mehr reproduziert werden, so dass aktuelle und belastbare Abschätzungen unterbleiben müssen.

Im Hinblick auf das künftige bzw. erwartete Beschäftigungspotenzial ist mit einem erheblichen Wachstum zu rechnen. Bezogen auf den aktuellen Beschäftigungskorridor von 35.000 bis 52.000 Personen würde das einem Zuwachs von rund 20 % (Untergrenze) bis gut 47 % (Obergrenze) entsprechen.

Mit dieser Steigerung ist das originäre Beschäftigungspotenzial der Nanotechnologie in den industriellen Kernsektoren erfasst. Werden neuere Marktprognosen berücksichtigt, wird die Nanotechnologie ihrem Charakter als Schlüsseltechnologie nicht nur aus technologischer, sondern auch aus beschäftigungspolitischer Perspektive entsprechen. Diese Marktstudien weisen jedoch eine Reihe von Annahmen in der Abschätzung aus, so dass konkrete Zahlen zum künftigen Beschäftigungspotenzial mit einem relativ hohen Unsicherheitsgrad behaftet sind.

Zum Abschluss sei nochmals deutlich gemacht, dass die hier durchgeführten Abschätzungen sich auf den Kernbereich der Nanotechnologie beziehen. Das bedeutet den Einbezug von Beschäftigten, die unmittelbar im Bereich der Entwicklung oder der Herstellung von Produkten, die der untersuchungsleitenden Definition von Nanotechnologie entsprechen. Nicht berücksichtigt sind mittelbare Effekte, etwa dadurch, dass nur durch den Einsatz von Nanotechnologie ganze Produktbereiche oder Branchen international wettbewerbsfähig bleiben und dann alle Beschäftigten in diesen Bereichen in Prinzip ebenfalls zur Nanotechnologie gezählt werden können, weil sie andernfalls ihren Arbeitsplatz möglicherweise verlieren würden. Diese Wirkungen abzuschätzen ist jedoch nur auf Basis umfangreicher statistischer Erhebungen und Analysen möglich. Indes sind es diese Wirkungen, die den Themenkomplex Nanotechnologie und Beschäftigung aus gesamtwirtschaftlicher bedeutsam erscheinen lassen. Die Klärung derartiger Fragen wird jedoch Untersuchungen vorbehalten bleiben, die, anders als diese Studie, entsprechende Primärerhebungen durchführen können.



## 6. Literatur

- Abicht, Lothar/Freikamp, Henriette/ Schumann, Uwe: Ermittlung von Qualifikationserfordernissen in der Nanotechnologie, Luxemburg 2006.
- Abicht, Lothar/Schlicht, Ekkehard/Schumann, Uwe: Zwischenbericht Untersuchungscluster Nanobiotechnologie und Nanoanalytik, Halle 2004
- Arbeitsmarkt Nanotechnologie?!, in: GTI-Fachzeitschrift 02/06, Darmstadt 2006.
- Bashir, Rashid: Employ giant possibilities through a global nano-economy; <http://news.uns.purdue.edu/html3month/2006/060130.O.Bashir.nano.html>
- Beckmann, Marco/Lenz, Philip: Profitieren von Nanotechnologie, München 2002.
- Beise, Marian, Lead Markets: Countryspecific drivers of the global diffusion of innovations, in. Research Policy 33/2004, S.997-1018.
- Boeing, Niels: Nano?! Die Technik des 21. Jahrhunderts, Berlin 2004.
- Borisenko, Victor E./Ossicini, Stefano: What is what in the nanoworld. A handbook on nanoscience and nanotechnology, Weinheim 2004.
- Brune, Harald: Nanotechnology. Assessment and perspectives, Berlin u.a. 2006.
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (Hrsg.): Nanotechnologie, Bonn 2007.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung: Nanotechnologie erobert Märkte. Deutsche Zukunftsoffensive für Nanotechnologie, Berlin 2004.
- Crawley, Tom: Commercialisation of Nanotechnology – Key Challenges, Helsinki 2007.
- Deutscher Bundestag: Bericht des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung zum TA-Projekt Nanotechnologie, BT-Drucksache15/2713, Berlin 2004
- Europäische Kommission (Hrsg.): Vision 2020. Nanoelectronics at the center of change. A far-sighted strategy for Europe, Brüssel 2004.
- European Nanoelectronics Initiative Advisory Council: 2005 Strategic Research Agenda, Barcelona 2005.
- Evolution Capital Limited: Nanotechnology: Commercial Oppertunity, London 2001.

- Fahrner, Wolfgang (Hrsg.): Nanotechnologie und Nanoprozesse : Einführung, Bewertung, Berlin 2003.
- Franke, Karola/Wald, Andreas/Katinka Bartl: Die Wirkung von Reformen im deutschen Forschungssystem. Eine Studie in den Feldern Astrophysik, Nanotechnologie und Mikroökonomie, Speyer 2006.
- Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik: Produktion von mikrooptischen Bauteilen und Systemen Status und Perspektiven, Jena 2006.
- FujiKeisai USA: Worldwide Market Research – Nanotechnology-based Product Market and Business Opportunities – Current & Future Outlook, Zusammenfassung unter [http://www.fuji-keizai.com/e/report/ww\\_nano\\_product\\_e.html](http://www.fuji-keizai.com/e/report/ww_nano_product_e.html)
- Hayles, Nancy Katherine (Hrsg.): Nanoculture. Implications of the new technoscience. Bristol 2004.
- Hickethier, Dennis: Nanotechnik – Chancen und Probleme kleiner und mittelständischer Unternehmen, in Nanotechnik 02/07, Karlsruhe 2007.
- Hullmann, Angela: The economic development of nanotechnology – An indicators based analysis (hrsg. von der Europäischen Kommission, DG Research), 2006.
- Institut für Strukturpolitik und Wirtschaftsförderung Halle-Leipzig e.V.: Projekt »Ermittlung von Trendqualifikationen im Bereich der Nanotechnologie«. Zwischenbericht, Halle 2004.
- Kaiser, Helmut: The world goes nano, <http://www.innovations-report.com/html/reports/studies/report-30622.html>
- Luther, Wolfgang u.a.: Nanotechnologie als wirtschaftlicher Wachstumsmarkt. Innovations- und Technikanalyse (hrsg. vom Zukünftige Technologien Consulting des VDI Technologiezentrum GmbH), Düsseldorf, 2004.
- NE Asia Online: Nanotechnology Forecast US\$2.6 Trillion by 2015, 16 August 2006, <<http://www.sustainpack.com/news.php?id=53>>.
- Mallmann, Matthias: Arbeitsmarkt Nanotechnologie?, GIT Labor-Fachzeitschrift 2/2006, S. 79
- Nordmann, Alfred (hrsg.): Nanotechnologien im Kontext. Philosophische, ethische und gesellschaftliche Perspektiven, Berlin 2006.
- NRM nanoroadmap project: Roadmaps at 2015 on Nanotechnology application in the sectors of Materials, Health & Medical Systems, Energy, Barcelona 2005.

- NRM nanoroadmap project: Road Maps for Nanotechnology in Energy, 2006.
- Oberholz, Alfred: Die ACHEMA – Wirtschaftsbarometer und Innovationsmotor der chemischen Industrie, Presseinformation Mai 2006.
- Prognos: Der Prognos Technologiereport, Berlin 2007.
- Premchand, Mahalik Nitaigour: Micromanufacturing and nanotechnology, Berlin u.a. 2006.
- Rhode, Andreas: Nanotechnologie in Hessen. Eine Bestandsaufnahme auf Basis von Unternehmensbefragungen, Wiesbaden 2005.
- Rieke, Volker: Nanotechnologie erobert Märkte. Deutsche Zukunftsoffensive für Nanotechnologie (hrsg. vom Bundesministerium für Bildung und Forschung), 2004.
- Roco, Mihail C.: Converging science and technology at the nanoscale: opportunities for education and training, Nature Biotechnology 21, 1247 – 1249, Arlington (VA) 2003.
- Schulenburg, Mathias: Nanotechnologie. Innovationen für die Welt von morgen (hrsg. vom Bundesministerium für Bildung und Forschung), Berlin 2004.
- SmallTimes: Wanted: Skilled nanotechnology workers; Anyone? Anyone?, [http://www.smalltimes.com/articles/stm\\_print\\_screen.cfm?ARTICLE\\_ID=269433](http://www.smalltimes.com/articles/stm_print_screen.cfm?ARTICLE_ID=269433)
- Spectaris: Branchenbericht 2006. Die optische, medizinische und mechatronische Industrie in Deutschland, Berlin 2006.
- The Virginia Research and Technology Advisory Commission: The Virginia Nanomanufacturing Initiative, Arlington (VA), 2003.
- Umweltbundesamt: Nanotechnology: Opportunities and Risks for Humans and the Environment. Background Paper, Berlin 2006.
- Wagner, Volker/Dullaart, Anwyn/Bock, Anne-Katrin/Zweck, Axel: The emerging nanomedicine landscape, Nature Biotechnology, Vol. 24, No. 10, Oktober 2006
- Wang, Brian: The Impact of Nanofactories on Jobs in the USA, <http://www.nanotech-now.com/products/nanonewsnow/issues/032/032.htm>
- Waser, Rainer (Hrsg.): Nanoelectronics and information technology : advanced electronic materials and novel devices, Weinheim 2005.
- WGZ-Bank: Mikro- und Nanotechnologie. Branchenreport aus Sicht des Kapitalmarktes, Düsseldorf 2002.

**edition** der Hans-Böckler-Stiftung  
 Bisher erschienene Reihentitel ab Band 200

	Bestellnr.	ISBN	Preis / €
Hartmut Küchle Die deutsche Heeresindustrie in Europa	13200	978-3-86593-080-4	18,00
Karin Schulze Buschhoff unter Mitarbeit von Claudia Schmidt Neue Selbstständige im europäischen Vergleich	13201	978-3-86593-081-1	20,00
Lorenz Jarass • Gustav M. Obermair Steuerliche Aspekte von Private-Equity- und Hedge-Fonds unter Berücksichtigung der Unternehmenssteuerreform 2008	13202	978-3-86593-082-8	15,00
Hans-Joachim Voth Transparenz und Fairness auf einem einheitlichen europäischen Kapitalmarkt	13203	978-3-86593-083-5	12,00
Ulrich Jürgens • Thomas Sablowski Sektorale Innovationsprozesse und die Diskussion über deutsche Innovationschwächen	13204	978-3-86593-084-2	15,00
Stefan Stracke • Erko Martins • Birgit K. Peters Friedemann W. Nerdinger Mitarbeiterbeteiligung und Investivlohn	13205	978-3-86593-085-9	18,00
Claudia Schippmann Betriebliche Mitbestimmungskulturen in Großbritannien, Spanien, Schweden, Frankreich und Ungarn	13206	978-3-86593-085-6	18,00
Bettina Graue Aufgaben, Grenzen und Perspektiven des Gender- Gedankens im Betriebsverfassungsgesetz	13207	978-3-86593-087-3	12,00
Herbert Bassarak Aufgaben und Konzepte der Schulsozialarbeit/Jugend- sozialarbeit an Schulen im neuen sozial- und bildungspolitischen Rahmen	13208	978-3-86593-089-7	29,00
Christa Eggerdinger • Marianne Giesert Impulse für den Erfolg – psychische Belastungen bei der Arbeit reduzieren!	13209	978-3-86593-090-3	12,00
Hermann Groß Betriebs- und Arbeitszeitmanagement in tarif- gebundenen und nicht tarifgebundenen Betrieben	13210	978-3-86593-091-0	10,00
Thorsten Ludwig, Jochen Tholen Schiffbau in Europa	13211	978-3-86593-092-1	30,00
Stephan Ricken Verbriefung von Krediten und Forderungen in Deutschland	13213	978-3-86593-094-1	16,00

	Bestellnr.	ISBN	Preis / €
Judith Aust, Volker Baethge-Kinsky, Till Müller-Schoell, Alexandra Wagner (Hrsg.) Über Hartz hinaus	13214	978-3-86593-096-5	25,00
Ulrich Zachert Verfahren und Kosten von Betriebsverlagerungen in ausgewählten Europäischen Ländern	13216	978-3-86593-098-9	10,00
Hans-Joachim Voth Transparency and Fairness in The European Capital Market	13217	978-3-86593-099-6	12,00
Klaus Maack, Judith Beile, Stefan Schott, Eckhard Voß Zukunft der Süßwarenindustrie	13218	978-3-86593-100-9	15,00

Ihre Bestellungen senden Sie bitte unter Angabe der Bestellnummern an den Setzkasten oder unter Angabe der ISBN an Ihre Buchhandlung. Ausführliche Informationen zu den einzelnen Bänden können Sie dem aktuellen Gesamtverzeichnis der Buchreihe **edition** entnehmen.

Setzkasten GmbH  
Kreuzbergstraße 56  
40489 Düsseldorf  
Telefax 0211-408 00 90 40  
E-Mail mail@setzkasten.de



## **Hans-Böckler-Stiftung**

Die Hans-Böckler-Stiftung ist das Mitbestimmungs-, Forschungs- und Studienförderungswerk des Deutschen Gewerkschaftsbundes. Gegründet wurde sie 1977 aus der Stiftung Mitbestimmung und der Hans-Böckler-Gesellschaft. Die Stiftung wirbt für Mitbestimmung als Gestaltungsprinzip einer demokratischen Gesellschaft und setzt sich dafür ein, die Möglichkeiten der Mitbestimmung zu erweitern.

## **Mitbestimmungsförderung und -beratung**

Die Stiftung informiert und berät Mitglieder von Betriebs- und Personalräten sowie Vertreterinnen und Vertreter von Beschäftigten in Aufsichtsräten. Diese können sich mit Fragen zu Wirtschaft und Recht, Personal- und Sozialwesen oder Aus- und Weiterbildung an die Stiftung wenden. Die Expertinnen und Experten beraten auch, wenn es um neue Techniken oder den betrieblichen Arbeits- und Umweltschutz geht.

## **Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliches Institut (WSI)**

Das Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Institut (WSI) in der Hans-Böckler-Stiftung forscht zu Themen, die für Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer von Bedeutung sind. Globalisierung, Beschäftigung und institutioneller Wandel, Arbeit, Verteilung und soziale Sicherung sowie Arbeitsbeziehungen und Tarifpolitik sind die Schwerpunkte. Das WSI-Tarifarchiv bietet umfangreiche Dokumentationen und fundierte Auswertungen zu allen Aspekten der Tarifpolitik.

## **Institut für Makroökonomie und Konjunkturforschung (IMK)**

Das Ziel des Instituts für Makroökonomie und Konjunkturforschung (IMK) in der Hans-Böckler-Stiftung ist es, gesamtwirtschaftliche Zusammenhänge zu erforschen und für die wirtschaftspolitische Beratung einzusetzen. Daneben stellt das IMK auf der Basis seiner Forschungs- und Beratungsarbeiten regelmäßig Konjunkturprognosen vor.

## **Forschungsförderung**

Die Stiftung vergibt Forschungsaufträge zu Mitbestimmung, Strukturpolitik, Arbeitsgesellschaft, Öffentlicher Sektor und Sozialstaat. Im Mittelpunkt stehen Themen, die für Beschäftigte von Interesse sind.

## **Studienförderung**

Als zweitgrößtes Studienförderungswerk der Bundesrepublik trägt die Stiftung dazu bei, soziale Ungleichheit im Bildungswesen zu überwinden. Sie fördert gewerkschaftlich und gesellschaftspolitisch engagierte Studierende und Promovierende mit Stipendien, Bildungsangeboten und der Vermittlung von Praktika. Insbesondere unterstützt sie Absolventinnen und Absolventen des zweiten Bildungsweges.

## **Öffentlichkeitsarbeit**

Mit dem 14tägig erscheinenden Infodienst »Böckler Impuls« begleitet die Stiftung die aktuellen politischen Debatten in den Themenfeldern Arbeit, Wirtschaft und Soziales. Das Magazin »Mitbestimmung« und die »WSI-Mitteilungen« informieren monatlich über Themen aus Arbeitswelt und Wissenschaft. Mit der Homepage [www.boeckler.de](http://www.boeckler.de) bietet die Stiftung einen schnellen Zugang zu ihren Veranstaltungen, Publikationen, Beratungsangeboten und Forschungsergebnissen.

Hans-Böckler-Stiftung  
Hans-Böckler-Straße 39  
40476 Düsseldorf  
Telefax: 02 11/77 78-225  
[www.boeckler.de](http://www.boeckler.de)

**Hans Böckler  
Stiftung** 

Fakten für eine faire Arbeitswelt.

