

FORSCHUNG | KARRIERE | KOMPETENZ

nanOTECHNOLOGIE

aktuell



BIO- UND NANOTECHNOLOGIEN | MATERIAL- UND NANOCHEMIE | MIKRO- UND NANOSTRUKTUREN
MIKRO- UND NANOTECHNIK | MIKRO- UND NANOTECHNOLOGIEN | MOLECULAR NANO SCIENCE
NANO ENGINEERING | NANO- UND MATERIALWISSENSCHAFTEN | NANOBIOPHYSICS



AUSGABE 3 2010

ISSN 1866-4997

Merkwürdige Nanotechnologie

Soziale Fantasie an der Grenze der Vorstellungskraft

Nanotechnologie – die unsichtbare Revolution: Klein und fein und ohne Nebenwirkungen?

EIN VORTRAG

Alfred Nordmann

ÜBERFORDERUNG

Ich möchte mit Ihnen über das Thema »Nanotechnologie« nachdenken, Fragen stellen und auch ein wenig Mut machen zum Unwissen.

In erstaunlichen Darstellungen soll uns nahe gebracht werden, was die Nanotechnologie alles kann – beziehungsweise, was sie vielleicht kann. Da werden nebeneinander Dinge genannt, die sich kaum unter einen Hut bringen lassen. Einerseits spezielle Lacke und Textilien, die wir heute schon im Kaufhaus sehen. Aber unmittelbar im Anschluss daran wird von der Emergenz des Lebens gesprochen, dem Entstehen lebendiger Prozessen durch die fabrikmäßige Tätigkeit der Natur. In unseren chemischen Fabriken soll etwas ganz Neues entstehen – kratzfeste Lacke, zum Beispiel. Und in den Nanofabriken der Zellen sei auch etwas ganz Neues entstanden – das menschliche Leben, zum Beispiel.

Derlei weit auseinander liegende Dinge sollen unter dem Begriff der Nanotechnologie zusammengefasst werden. Das muss natürlich verwirren und bei dieser Verwirrung sollten wir ansetzen. Zunächst werde ich mit Ihnen also einfach darüber nachdenken, was es heißt, wenn in der Nanowelt, von der überall die Rede ist, praktisch alles möglich sein soll.

Wie in jeder fremden Welt suchen wir auch in dieser, was uns vertraut ist, was unseren Wünschen und Erwartungen entspricht. Obwohl es in der Nanowelt bis jetzt noch keinen Posaunenchor gibt, wie wir ihn eben gehört haben, finden sich dort immerhin schon Nano-Gitarren und eine Nano-Geige. Wer sich nun das Bild von einer Nano-Geige anschaut, sieht allerdings keine Geige. Auf dem Bild sehen wir eigentlich nur einen hauchdünnen Strich. Es handelt sich dabei um ein so genanntes Kohlenstoffröhrchen, das über einen Resonanzboden gelegt wurde und das ein bisschen vibriert. Insofern ist es wie eine Saite, die vielleicht sogar gestimmt werden kann. Aber so wenig wir sie zu sehen vermögen, so wenig wir sie als Geige wieder erkennen würden, so wenig können wir den von ihr erzeugten Klang hören. Also sollten wir zunächst ganz naiv die Frage stellen, warum wir das Gebilde dann eigentlich eine »Geige« nennen. Das ist eine Frage, die ich durchaus ernst nehmen möchte. Dass dies als Geige bezeichnet wird, hat nämlich damit zu tun, dass uns dort, wo wir mit dem ganz Unvertrauten konfrontiert werden, sozusagen Angebote gemacht werden. Es wird uns angeboten, etwas Familiäres aufzufinden: So fremd und unfassbare diese Nanowelt sein mag, ist sie doch irgendwie unsere Welt, in der wir ganz normale technische Dinge herstellen und ganz normal technisch handeln können. Hinter dieses Angebot möchte ich aber ein Fragezeichen setzen.



Manchmal hilft eine Analogie weiter, wenn man etwas Unvertrautes zu Gesicht bekommt. Dann heißt es: »Stell dir vor, das sei eine Geige. Dies hier funktioniert so ähnlich ...« Manchmal klappt es also tatsächlich, dass unserer Vorstellungskraft auf dieser Weise geholfen ist. Aber nicht immer. Um zu erklären, wie klein eigentlich die Nanometerskala ist, werden folgende Beispiele gebraucht: Ein Nanometer verhält sich zu einem Millimeter wie die Entfernung Frankfurt-Köln zur Entfernung Erde-Sonne. Oder: Ein Nanometer steht zu einem Meter im gleichen Größenverhältnis, wie ein Eurocent zum Erdball. Und jetzt frage ich Sie: »Verstehen Sie das? Können Sie sich das vorstellen?« Diese Beispiele sind ja als Vorstellungshilfen gemeint. Wir sollen uns ein Bild davon machen, wie klein so ein Nanometer eigentlich ist. Aber letztlich führen uns diese Vergleiche nur vor, dass wir uns kein Bild davon machen können, dass unsere Vorstellungskraft versagt. Irgendwo bleiben wir stecken und können nur noch sagen: »Wow, das ist aber winzig!« – oder: »Das ist ja unheimlich, unvorstellbar klein!«

An diesem Punkt will ich noch ein wenig verharren. Warum werden wir in Vorträgen und Texten über die Nanotechnologie permanent ermuntert, uns etwas vorzustellen, was wir uns gar nicht vorstellen können? Die Nano-Geige einerseits, aber auch die Reise in die ganz kleine Dimension des Nanometers, fordern uns auf, mit dem umzugehen, was wir uns eigentlich nicht mehr vorstellen können. Sie führen uns an die Grenzen unserer Vorstellungskraft. Und die Frage ist dann natürlich, was wir machen, wenn wir an diese Grenzen stoßen.

GRENZERFAHRUNG

Eine Möglichkeit ist, dass wir ins Staunen verfallen, also vor allem beeindruckt sind, was die Wissenschaftler und Ingenieure heute alles so können – dass sie Dinge manipulieren können, die wir uns nicht einmal vorstellen können. Somit würden wir gegenüber der Technik in ein ähnliches Staunen verfallen wie gegenüber der unermesslichen Natur. Dies wäre eine merkwürdige, unangemessene Haltung, finde ich. Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass wir angstvoll vor dem zurückschrecken, was jenseits unserer Vorstellungskraft bewirkt wird, dass wir vielleicht auch gar nichts davon wissen wollen. Auch dies ist keine angemessene Reaktion.

Ich möchte für etwas Drittes plädieren: Dass wir nämlich an der Grenze der Vorstellungskraft sowohl Skepsis als auch Fantasie entwickeln, damit uns das Merkwürdige an der Nanotechnologie und den ihr zugehörigen Debatten, Vorträgen und Bildern als etwas Merkwürdiges erhalten bleibt. Das halte ich für eine wichtige Sache.

An Grenzen stößt die Nanotechnologie in jeder Hinsicht. Auf die erste Grenzerfahrung stoßen wir beim Versuch, uns vorzustellen, wie klein das alles eigentlich ist. Dabei bemerken wir etwas, was vor vielen Jahren bereits der Philosoph Günther Anders zum Ausdruck gebracht hat, seinerzeit allerdings angesichts der Atombombe. Wir bemerken, dass wir Dinge herstellen können, die wir uns nicht vorstellen können. Eine Umkehrung der normalen Verhältnisse also, wo das Herstellen allemal der Vorstellungskraft hinterher hinkt. Diese Umkehrung hat Konsequenzen auch für die Frage, wie wir eigentlich Verantwortung übernehmen können für etwas, das sich unserer Vorstellungskraft entzieht. Was das für die Nanotechnologie heißen mag, kann ich hier nicht ausführen, spielt aber in meine weiteren Bemerkungen hinein. Jedenfalls ist dies also eine Grenzerfahrung nicht nur der Fantasie, sondern auch der Ethik, wenn wir über die Nanotechnologie reden.¹

Aber es gibt auch andere Grenzerfahrungen. Mein Vorredner hat Ihnen eine Einführung in die Nanotechnologie gegeben und dabei ganz bewusst ein Wechselspiel vorgeführt zwischen Science-Fiction, also einer literarischen und cineastischen Fantasie, die ihre Wurzeln im 19. Jahrhundert hat, und dem, was wissenschaftlich tatsächlich machbar ist. Wir stoßen hier somit an die Grenze zwischen Science-Fiction und Science-Fact, die merkwürdig verschwommen ist.

Was bedeutet technische Kontrolle angesichts der Komplexität natürlicher Phänomene? Wie präzise können die Dinge im Nanobereich funktionieren? Kann man sich wirklich vorstellen, dass es maschinenartige Gebilde gibt, die in diesen ganz kleinen Dimensionen erfolgreich operieren?² Alle diese Fragen führen uns zu einer weiteren Grenze und der grundsätzlichen Frage, die wir immer wieder stellen müssen: Was dürfen wir eigentlich glauben von dem, was uns versprochen wird?

¹ Ausführlicher hierzu mein Beitrag »Entflechtung – Ansätze zum ethisch-gesellschaftlichen Umgang mit der Nanotechnologie« S. 215–229 in André Gzásó, Sabine Greßler, Fritz Schiemer (Hg.) **nano – Chancen und Risiken aktueller Technologien**, Springer, 2007.

² Empfehlenswert hierzu ein Buch von Richard Jones, das leider nur auf Englisch erhältlich ist: **Soft Machines**, Oxford University Press, 2004.



Da gibt es beispielsweise Unsterblichkeitsphantasien, denen zu Folge der lang ersehnte Jungbrunnen tatsächlich wirklich werden kann. Die Nanomaschinerie von alternden Zellen, die nicht mehr richtig funktionieren, soll mit Nanorobotern repariert werden. Diese Vorstellung gibt es, aber können wir das glauben? Ich denke, wir müssen uns als normale Menschen, die nicht wissenschaftlich gebildet sind, die Freiheit herausnehmen dürfen, manchmal einfach darüber zu lachen, was uns da angeboten wird. Bisweilen sollten wir sogar für unglaublich halten, was uns ein bedeutender Nobelpreisträger für Physik erzählt, beispielsweise dass Laptop-Computer eines Tages an Bäumen wachsen werden und nicht mehr maschinell erzeugt werden müssen.

Könnte es sein, dass technischer Hochmut wie die Flügel des Ikarus am Sonnenlicht verbrennt? Sie kennen die Geschichte des Ikarus, der fliegen wollte und sich Flügel gebaut hat. Dieser mythologische Ingenieur hat sich immerhin erfolgreich in die Lüfte begeben. Doch ist er in seinem Hochmut zu nah an die Sonne heran geflogen. Das Wachs, das die Flügel zusammenhielt, schmolz und er stürzte in den Ozean. Könnte das vielleicht auch das Schicksal von Vielem sein, was unter der Überschrift Nanotechnologie angepriesen wird?

Ich möchte schließlich auf eine weitere Grenzerfahrung eingehen. Hier geht es um die Grenze zwischen Organismus und Maschine und zugleich die Grenze zwischen Technik und Wissenschaft. Mein Vorredner, Professor Wolfgang Heckl, hat über den Ursprung des Lebens gesprochen und dabei die organische und lebendige Natur als eine Art Nanoingenieur dargestellt. Wir können uns molekulare Nanomaschinen und Nanofabriken vorstellen. Aus der Zusammenarbeit der Nanomaschinen kann aus Molekülen über die DNS und Proteine schließlich organisches Leben hervorgehen. Diese Vorstellung, dass auf molekularer Ebene eine Grenze zwischen Organismus und Maschine gar nicht plausibel ist, ist auch eine Grenzerfahrung. Im Namen der Nanotechnologie fangen wir also an, über solch grundlegenden, philosophischen, theologischen, naturwissenschaftlichen Dinge nachzudenken. Von Ingenieuren wird heute gefragt, was eigentlich das Leben ist. Damit überschreiten wir zugleich die Grenze von Technik und Wissenschaft.

GLEICHSTAND

Nachdem ich diese Grenzerfahrungen vorgestellt habe, könnten Sie sagen: »O.K., jetzt hat er die Erfahrung von Laien wie uns gut dargestellt. Wir sind verwirrt. Wir können uns nicht vorstellen, wie klein die Dinge sind und das sind alles sehr schwierige Fragen. Doch die Wissenschaftler selbst, die wissen all das bestimmt. Die sind nicht verwirrt.«

Schauen wir also besagte Wissenschaftler an. Don Eigler und Erhard Schweizer haben im Jahr 1990 zum ersten Mal gezielt einzelne Atome bewegt. Manche halten das für die Geburtsstunde der Nanotechnologie. Sie haben mit 35 einzelnen Atomen »IBM« buchstabiert. In einem Vortrag vor zwei Jahren sagte nun aber Don Eigler seinem Publikum: »Wenn Sie sich vorstellen können, wie groß der milliardste Teil von etwas ist, sind Sie mir weit voraus.« Also, auch Don Eigler kann sich nicht vorstellen, wie klein die Dinge sind, mit denen er selbst operiert. Es ist also keineswegs so, dass die Experten so viel besser dastehen als wir Laien.

Aber auch an einem anderen Punkt merken wir, dass ähnliche Fragen die Expertenkreise bewegen wie das, was uns verwirrt. Was besagt denn dieses »IBM«-Bild? Es besagt erst einmal, dass Atome bewegt werden, um etwas zu buchstabieren. Und jetzt können wir natürlich fragen: Ist das etwas Einfaches und können wir ab jetzt alles Mögliche willkürlich aus Atome zusammensetzen? Oder war das eine schwierige Einzelleistung?

Das Bild zeigt uns eine sehr beherrschbare Nanowelt – ganz anders als die Welt der Atome, wie wir sie aus Physiklehrbüchern kennen: Die Quantenwelt wird sonst immer als etwas eher Mysteriöses und Ungreifbares dargestellt, während diese Nanowelt tatsächlich so aussieht, als ob sie aus Kartoffeln bestünde. (Prof. Heckl hatte uns ja gezeigt, dass die Physiker dies seinerzeit selbst mit Überraschung konstatierten.) Also: Atome schauen wie ganz normale Objekte aus, die wir herumschieben können – ganz normal, nur ein bisschen kleiner. Darum ist dieses Bild so berühmt geworden. Gerne wurde es dahingehend interpretiert, dass jetzt alles möglich sei und wir nun eine ganz neue Welt bauen können, ein Atom nach dem anderen.

Andererseits war das, was Eigler und Schweizer unter ganz spezifischen Bedingungen gemacht haben, eigentlich schon etwas recht Schwieriges. Von da aus zu extrapolieren, dass wir nun auch dreidimensionale Moleküle zusammensetzen können, bedeutet einen gewaltigen Sprung. Davon sind wir noch sehr weit entfernt und werden das vielleicht nie können. Don Eigler selbst neigt in dieser Frage zu großer Vorsicht. Dagegen steht die Ansicht, dass sich in absehbarer Zeit irgendwelche Moleküle derartig rearrangieren lassen, dass ein essbares Schnitzel herauskommt. Die Antworten auf solche Fragen stehen also keineswegs fest. Wenn wir Nanoforscher dazu befragen, was sie für glaubwürdig halten und was nicht, erhalten wir höchst unterschiedliche Antworten. Auch hierin stehen sie also gar nicht so viel besser da als wir Laien.

WELTGESTALTUNG

Aber wir Laien können noch ganz andere Fragen stellen. Warum ausgerechnet »IBM«? Warum wurde mit der radikal neuen Methode von Eigler und Schweizer so etwas Banales gemacht wie einfach einen Namen hinzuschreiben? Mangelte es an Fantasie? Oder ist gerade ein solcher Schriftzug Zeichen äußerster Willkür und Naturbeherrschung? Diese Frage möchte ich noch ein wenig verfolgen. Was steckt in dem Wunsch, den eigenen Namen oder in diesem Fall den der eigenen Firma in die Nanowelt einzuschreiben – handelt es sich hier um eine Art künstlerischen Ehrgeiz?

Dieses IBM-Bild können Sie mittlerweile im Internet in einer Galerie aufsuchen inmitten von anderen schönen Bildern, die in der Nanowelt erzeugt wurden. In der Galerie gibt es wie in jedem Museum einen Grundriss mit den verschiedenen Abteilungen. Eine dieser Abteilungen heißt »Atomilismus«. Dort hängt dieses Bild und trägt den Titel »The Beginning«³. Damit ist der Anfang der Nanotechnologie gemeint. Denn bei der Herstellung dieses Bildes wurden das erste Mal gezielt Atome bewegt. Das Medium ist angegeben mit »Xenon auf Nickel«, also Xenon-Atome auf einer Nickeloberfläche. Und was sagt der Künstler – ich sage bewusst »Künstler« – selbst dazu? Don Eigler schreibt: »Künstler haben fast immer die Unterstützung von Mäzenen gebraucht (Wissenschaftler auch). Hier hat der Künstler, nachdem er entdeckt hatte, wie er Atome bewe-

gen kann, seinem Arbeitgeber eine Art Huldigung gebracht.« Ich finde es bezeichnend, dass Don Eigler hier nicht sagt »Der Wissenschaftler« sondern »Der Künstler hat die Huldigung gebracht.« In gewisser Hinsicht versteht er sich nämlich tatsächlich als Künstler, der mit den Mitteln des Ingenieurs eine neue Welt gestaltet. Insofern ist das Bild »The Beginning« auch so etwas wie das Ende oder der Endzweck der Nanotechnologie. In diesem kleinen Anfang, so bescheiden er sein mag – da ja keine wirklich technische Entwicklungen daraus folgen – steckt nämlich gewissermaßen schon alles, was die Nanotechnologie sich vorgenommen hat: Der Wunsch, die eigenen willkürlichen Vorstellungen in die Natur einzuschreiben. Und was könnte willkürlicher sein, als seinen eigenen Namen zu schreiben, Atome willkürlich zu platzieren, Dinge beliebig miteinander zu kombinieren? Der molekulare Schriftzug »IBM« exemplifiziert all dies. Der Nanokosmos erscheint jetzt als ein unbesiedeltes Neuland, das von uns besucht, besiedelt und kolonisiert wird. Er ist ein unbeschriebenes Blatt Papier, eine leere Bühne, die nur auf unseren Zugriff wartet.

OFFENHEIT

Ich möchte kurz innehalten und eine Zwischenbilanz ziehen. Ich habe jetzt sehr viel über die Hybris der Nanotechnologie gesagt, über technischen Hochmut und künstlerische Willkür, die darin besteht, dass man sagt: »Alles ist Möglich!« und dabei Nanotechnologie als Potenzial unbegrenzter Möglichkeiten definiert. Zweitens habe ich ausgeführt, dass sich dieser Hochmut in der Vorstellung äußert, die Natur sei selbst nur ein Ingenieur wie wir, während wir als Ingenieure zugleich so etwas wie Künstler seien, die deswegen die Natur neu und anders gestalten dürfen.

Nach diesen kritischen Bemerkungen sollten wir aber auch festhalten, dass die Höhenflüge technischen Hochmuts zwar Aufmerksamkeit für die Nanotechnologie erregen, dass sie aber im Großen und Ganzen unserer Gesellschaft sowie der nanotechnischen Forschung und Entwicklung nicht sonderlich bedeutsam sind. Deswegen möchte ich all das im letzten Teil meines Vortrages noch ein wenig kontextualisieren, um uns wieder auf den Boden der Tatsachen zurückzuführen.

³ Siehe <http://www.almaden.ibm.com/vis/stm/atomo.html>

Wenn wir von der Gegenwart dieser Zukunftstechnologie sprechen, sind künstlerische Willkür und technischer Hochmut allenfalls Programm und Motiv, um zu suchen und zu forschen. In der heutigen Zeit gibt es eigentlich zwei Nanotechnologien: Die, deren Produkte Sie schon kaufen oder in Ausstellungen bewundern können, und die, die es irgendwann noch geben soll. Manche halten letzteres für die eigentliche Nanotechnologie. Der Unterschied zwischen den beiden ist allerdings ziemlich groß. Und das ist die nächste und letzte Grenze, an die ich Sie nun führen will: die Grenze zwischen diesen beiden Formen der Nanotechnologie – die, die wir im Prinzip schon kennen, und die, die es eines Tages geben soll. Erstere besteht vornehmlich in der Verbesserung bestehender Produkte: zum Beispiel glattere Oberflächen, kratzfestere Gläser, schnellere Computer, durchsichtigere Sonnencreme. Ganz anders die Nanotechnologie, die zukünftig neue technische Möglichkeiten erschließen soll: Unsterblichkeit, molekulare Fabrikation, Nanoroboter, präzise Zellreparatur.

Wieder sind wir auf eine Differenz oder Kluft gestoßen, mit der wir umgehen müssen. Ich habe ja insgesamt von vier solchen Differenzen gesprochen:

1. der Kluft, gar dem Abgrund zwischen dem, was wir uns vorstellen können, und dem, was wir uns vorstellen sollen, aber nicht können, obwohl wir es schon herstellen können;
2. der Kluft zwischen dem, was vertraut ist (zum Beispiel die besseren Werkstoffe und Oberflächen) und der Grenzüberschreitung, also unerhört neuen Dingen, die zum Beispiel organisches Wachstum und technische Konstruktion verbinden (Laptops, die auf Bäumen wachsen);
3. der Kluft zwischen den Erfolgen der letzten 20 Jahren und dem, was vielleicht noch möglich ist. Also die Kluft zwischen Science-Fact und Science-Fiction;
4. der Kluft zwischen der Entwicklung neuer Werkzeuge für bereits als dringlich erkannte Probleme und dem Versprechen, dass es für jedwedes Problem eines Tages eine nanotechnologische Lösung geben wird.

Wie gehen wir mit diesen Unterschieden um und den Abgründen, die sich zwischen ihnen auftun? Eine Möglichkeit besteht darin, sie gutgläubig zu überbrücken: Der technische Fortschritt schließt

diese Abgründe früher oder später ganz von alleine. Moore's Law beschreibt beispielsweise mit einer Kurve die rasante Entwicklung im Bereich der Computer. Sie bescheinigt, dass sich technische Kapazitäten alle 18 Monate verdoppelt haben. Visionäre der Nanotechnologie übertragen diese Kurve gerne auf die Technikentwicklung allgemein und in der Zukunft. So könnten wir allerdings wirklich rasch in unvorstellbare Bereiche vordringen.

Hier ist aber gleich in mehrfacher Hinsicht Skepsis geboten. Technikhistoriker halten nichts von der Übertragung dieser Kurve auf die Technikentwicklung schlechthin. Zweitens sahen wir, dass es bei einigen Visionen nicht etwa um eine kontinuierliche Weiterentwicklung bestehender Trends geht, sondern um die Entwicklung ganz neuer Fertigkeiten, die sich nicht einfach aus dem Vorherigen ergeben. Vor allem ist Moore's Law schon darum ein schlechtes Vorbild für die Technikentwicklung allgemein, weil es außerordentlich stereotyp und klischeehaft ist. Es geht hier einzig um noch besser, noch schneller, noch kleiner, noch billiger. Für die Computerentwicklung mag das gelten, aber ich glaube nicht, dass unser hauptsächliches Interesse an der Nanoforschung so fantasielos sein sollte.

Wenn wir die Abgründe nicht naiv fortschrittsgläubig überbrücken wollen, möchte ich stattdessen für ein »wennschon – dennschon« plädieren. Wenn es schon einen solch großen, leeren Raum für die Vorstellungskraft gibt, mit dem wir fast nicht umgehen können, weil er viel zu viele Möglichkeiten bietet, dann sollten wir möglichst versuchen, ihn offen zu halten. Also zunächst einmal nicht alles glauben, sondern gelassen abwarten, was sich als technisch machbar erweist. Zweitens aus dem Staunen möglichst schnell wieder herauskommen, denn das Staunen ist keine angemessene Haltung gegenüber der Technik. Im Gegenteil sollte uns ein bedächtiges Staunen vor der Komplexität, Feingliedrigkeit, Plastizität der Natur skeptisch stimmen, dass all dies von der Technik einholbar sei. Drittens allen technischen Allmachtsfantasien misstrauen.

Vor allem aber sollten wir soziale Fantasie gegen die Stereotypen und gegen die Klischees aufbringen. Die Klischees kommen von allen Seiten. Da sind zum einen die Heilsversprechungen, die so alt sind, wie die Menschheitsgeschichte selbst:

ewiges Leben und dergleichen. Aber auch die Ängste vor neuen Technologien sind klischeehaft und kommen oft aus dem 19. Jahrhundert mit der Geschichte von Frankenstein. Damit ist uns nicht gedient. Wir sollten eher versuchen, gemeinsam mit den Forschern kreativ zu überlegen, wozu Nanotechnologien wirklich gut sein können. Hierzu ein Beispiel: Ich habe sagen gehört, mit der Nanotechnologie lösten sich die Umweltprobleme von selbst. Diese Meinung basiert auf der allgemeinen Vorstellung, dass wesentlich weniger Energie und Material nötig sein wird, wenn man die Sachen unmittelbar aus den Atomen herstellen kann. Dann hätten wir auch keine Abfallprobleme mehr und könnten trotzdem im Luxus leben. Hiernach müssten wir uns über die Umweltprobleme gar keine Gedanken machen, sondern nur abwarten, bis die Nanotechnologie sich verwirklicht hat. Dies ist ein Nanotechnikvertrauen, das alles andere als kreativ ist. Lieber sollten wir ganz gezielt fragen: »Angesichts dieser und jener uns wohl bekannten Umweltprobleme, an welcher Stelle könnte die Nanotechnologie denn welchen Beitrag und wie vergleicht sich das mit anderen Lösungsvorschlägen?« Im Vergleich zu den großen nanotechnologischen Visionen, ist das eine relativ langweilige und bodenständige Angelegenheit – aber erfolgsversprechender. Und natürlich sollten wir auch eine zweite Frage stellen: »Wenn die Nanotechnologie wirklich so viel für die Umwelt tun kann, wie schlägt sich das bei der Verteilung von Forschungsgeldern nieder?«

Mit einem allgemeinen Appell lässt sich mein Vortrag also zusammenfassen: Ich plädiere für gesunde Skepsis, für soziale Fantasie bei der gemeinsamen Entwicklung nanotechnischer Problemlösungen, aber auch für Offenheit dafür, die Nanotechnologie erst einmal vor allem merkwürdig zu finden.

Nanotechnologie – die unsichtbare Revolution: Klein und fein und ohne Nebenwirkungen?

Merkwürdige Nanotechnologie – Soziale Fantasie an der Grenze der Vorstellungskraft

Ein Vortrag

● Prof. Dr. Alfred Nordmann
Wissenschaftsphilosoph
Darmstadt

Der aktuelle Förderratgeber für Wissenschaft und Forschung



712 Seiten • A5

19,40 EUR

ISBN 3-9803983-1-5

FORSCHUNGSHANDBUCH

FÖRDERPROGRAMME UND FÖRDERINSTITUTIONEN
FÜR WISSENSCHAFT UND FORSCHUNG

Wer Wissenschaft und Forschung auf einem hohen und international anerkannten Standard betreiben will, braucht Drittmittel. Deshalb haben sich Förderexperten aus der Wissenschaftsadministration zusammengetan, um einen aktuellen Finanzratgeber für Wissenschaft und Forschung zu erstellen. Sie haben alle aktuellen nationalen, europäischen und internationalen Fördermöglichkeiten zusammengetragen, für die deutsche Hochschullehrer/innen, Wissenschaftler/innen und der wissenschaftliche Nachwuchs antragsberechtigt sind. Außerdem werden alle wichtigen Informationen über mehr als 500 wissenschaftsfördernde Institutionen und Stiftungen gegeben, die nicht nur personenbezogen fördern, sondern Mittel bereitstellen für bestimmte Forschungsarbeiten, zu bearbeitende Fachgebiete oder für Zwecke wie Reisemittel, Druckkostenzuschüsse, Finanzierung von Fachtagungen, Stiftungs- oder Gastprofessuren oder für einen Forschungsaufenthalt im Ausland. Zusätzlich sind in dem Buch detaillierte Informationen enthalten, wie Mittel für die Einladung ausländischer Fachkollegen und Nachwuchswissenschaftler/innen für einen Forschungsaufenthalt in Deutschland eingeworben werden können.

Die Geldquellen zu kennen, ist das eine, sich erfolgreich zu bewerben, das andere. Deshalb beantwortet der Finanzratgeber auch alle Fragen, welche Fördereinrichtungen und -möglichkeiten bei welchem Vorhaben am ehesten in Frage kommen, wie der jeweilige Antrag aufgebaut sein sollte, wie ein Finanzplan für ein Forschungsprojekt aufgestellt wird und welche rechtlichen Bestimmungen bei der Drittmittelforschung beachtet werden müssen. Das Buch enthält ferner Vertragsvorschläge für die verschiedenen Forschungsk Kooperationen sowie Muster für Drittmittelverträge.

Weiterhin erfährt der Leser, wie Wissenschaftssponsoring optimal genutzt werden kann, welche aktuellen Programme zusätzlicher staatlicher Unterstützung, etwa zur Förderung von Patenten, für die Entwicklung neuer Studiengänge oder für eine internationale Forschungsk Kooperation bestehen, und welche Möglichkeiten die neuen europäischen Förderprogramme bieten.

Das Buch kann über den Buchhandel oder direkt über den Verlag zum Preis von 19,40 EUR bezogen werden.

ALPHA Informationsgesellschaft mbH • Susanna Paulin
Finkenstraße 10 • 68623 Lampertheim
Telefax: (0 62 06) 939-243 • E-Mail: paulin@alphapublic.de