

Die härteste Droge für unter 5 €.



aktuell  
container

suchmaschine

subscribe

forum

impressum



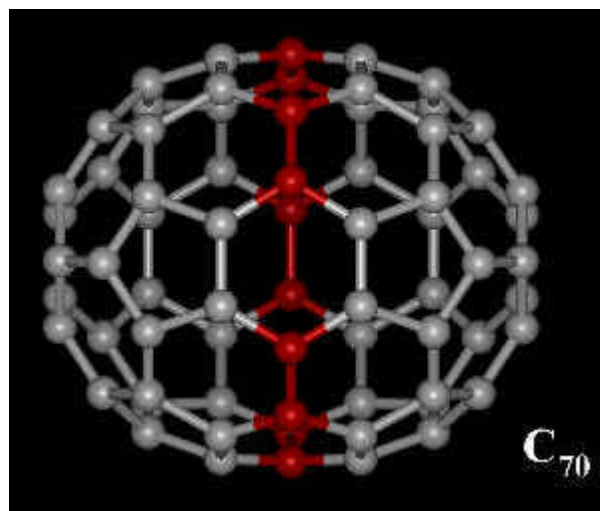
## Nanotechnologie

Artur P. Schmidt 26.01.1999

### Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts?

Der Begriff der Nanotechnologie, der synonym zum Begriff Molekular-technologie verwendet wird, wurde von [K. Eric Drexler](#) geprägt, der, aufbauend auf den Arbeiten des Physikers Feynmann, die Möglichkeit der Erzeugung molekularer Maschinen beschrieb. Feynmann hatte vorausgesagt, daß es möglich sein werde, einzelne Atome trotz der Unschärferelation von Heisenberg zu beeinflussen und zu bewegen. Sein Vortrag [There's Plenty of Room at the Bottom: An Invitation to Enter a New Field of Physics](#) wies laut Drexler den Weg zur Nanotechnologie. Die Nanotechnologie ist von der Mikrosystemtechnik jedoch zu unterscheiden, da diese die Miniaturisierung verfolgt, während die Nanosystemtechnik den Aufbau großer komplexer Strukturen durch aller kleinste Elemente ermöglicht.

download



Die Nanotechnologie eröffnet die Möglichkeit, fraktale Strukturen, Schichten, molekulare Einheiten und Interfaces höchster Komplexität in virtuellen Räumen zu simulieren. Durch den Computer wird die eigentliche Produktion simuliert, sogenanntes Virtual Prototyping, so daß schneller und genauer entwickelt werden kann. Gerade das Interfaceproblem, die Erforschung von Schnittstellen, ist ein wesentlicher Aspekt der Molekularelektronik. Durch die molekulare Elektronik können völlig neuartige Systemüberlegungen für den Aufbau komplexer Systeme angestellt werden, die die Aspekte der Nichtlinearen Dynamik, wie z. B. durch Parallelrechner, berücksichtigen. Warum sollte es nicht möglich sein, den Inhalt der kompletten 'Encyclopaedia Britannica' auf die Größe eines Stecknadelkopfes schrumpfen zu lassen?

### Wie groß ist ein Nano?

Während Zellen normalerweise in Mikrometern angegeben werden können, sind beispielsweise DNA-Strukturen nur in Nanometern zu messen. Die Einheit Nano entspricht  $10^{-9}$  m und kommt aus dem griechischen Wort "nanos", das Zwerg heißt. Die Durchmesser von Fullerenen (Buckyballmoleküle) betragen etwa 1 Nanometer, von Kohlenstoffatomen (C) 0,15 Nanometer und von Wasserstoffatomen (H) nur etwa 0,075 Nanometer. Es gibt bereits Billionen von Nanomaschinen, die ihre Leistungsfähigkeit täglich unter Beweis stellen, nämlich Viren und Bakterien. Bisher beherrscht jedoch nur die Natur diese "Bottom up"-Technologie, molekulare und supramolekulare Systeme herzustellen. Da durch die Nanotechnologien die meisten Prozesse in Echtzeit ablaufen werden, steht die Nanosekunde als Symbol für eine neue Sichtweise der Zeit.

### Neue Grenzen für Anwendungen



Mit den Echtzeitbetriebssystemen wird die Basis für Mikro- und Nanoproduktionssysteme gelegt. Es ist abzusehen, daß die Mikroelektronik einen immer bedeutenderen Anteil an der

MIKROELEKTRONIK SICHEN HIMMER BEDeutENDEREN ANTEIL AN DER Wertschöpfung von Produkten einnehmen wird.

Anwendungsorientierte Nutzungen der Nanotechnologie werden unter anderem in der Optik, der Nanoelektronik, der Sensorik, der Robotik, der Prozeßtechnik, der Biotechnologie, der Umwelttechnik, der Solartechnik, der Medizin und der Biochemie liegen. Die Einführung für das Auge unsichtbarer Maschinen, die durch Selbstreproduktion neue Maschinen erzeugen, wäre deshalb ein einschneidender Schritt für die Entwicklung der Menschheit, da sie eine nahezu vollständige Beeinflussung der menschlichen Biologie erlaubt.

Durch die Molekulartechnologie steht der Mensch vor der Überwindung seiner eigenen Grenzziehung. Die Lebensfähigkeit des Menschen wird dadurch aufrecht erhalten, daß sich Zellen ständig teilen und sich selbst reparieren. Wird dieser Prozeß gestoppt, stirbt der Mensch. Reparaturmaschinen bringen deshalb eine neue Form von Reversibilität in das menschliche Leben und somit in die evolutionären Prozesse. Künstliche Zell-Reparaturmaschinen in der Größe von Viren und Bakterien könnten zukünftig dafür sorgen, daß Krankheiten wesentlich besser behandelt werden können, was die gesamte Medizin revolutionieren würde. Supramolekulare Chemie und Nanochemie werden zu den entscheidenden Wachstumsmärkten der nächsten Jahrzehnte gehören.

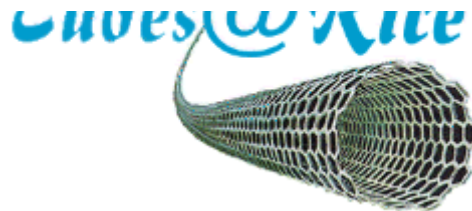
### **Neue Firmen**

Es ist kaum verwunderlich, daß es in den USA bereits spezialisierte Nanofirmen gibt wie Nanothink, die sich auf die drei Geschäftsfelder Nanocomm (Kommunikation), Nanoventures (Neue Anwendungen) und Nanotainment (Bildung) konzentriert. Dramatische Reduzierung des Materialverbrauchs, des Arbeitseinsatzes und der verbrauchten Energie sind die logische Konsequenz durch molekulare Technologien. Der Code eines Produktes läßt sich über riesige Distanzen in Echtzeit übertragen. Der Transport wird somit überflüssig, da das Objekt nur in Form von Daten übertragen wird, um dann am Empfangsort der Daten mit Nano-Robotern produziert zu werden.

Neuartige Produktionstechniken können dazu führen, daß die Preise für Gebrauchsgüter deutlich zurückgehen, was auch positive Auswirkungen auf die Entwicklungsländer hätte. Daneben sind sowohl eine deutliche Erhöhung der Lebensdauer vieler Produkte durch langlebige Materialien denkbar als auch neuartige Recycling-Techniken, mit denen die viele Produkte nicht mehr am Ende ihrer Lebensdauer recycelt werden, sondern bereits am Ende ihrer Gebrauchsdauer.

### **Nano-Ökonomie**

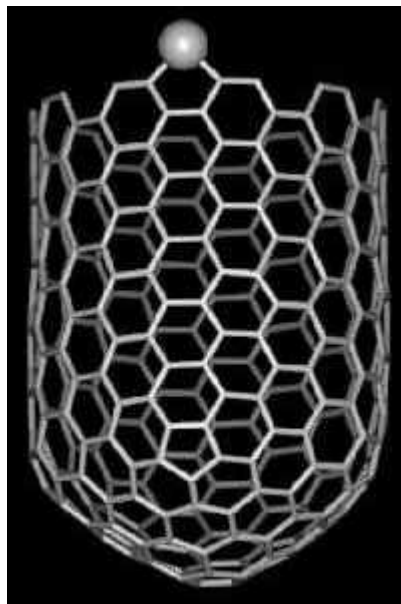
*Tuber@Dien*



Die Zunahme der Bedeutung der Nanotechnologie wird zum Aufbau einer Nano-Ökonomie führen. In dieser Ökonomie ist die Produktion nicht mehr Primärarbeitsgeber, sondern die Programmierung und der Wissenstransfer von Menschen zu Maschinen. Die physische Arbeit wird zunehmend verschwinden, da diese von Robotern durchgeführt werden kann. In einer auf Nanotechnologie basierenden Wissens-Ökonomie spielt der Kauf von Gegenständen nicht mehr die entscheidende Rolle, sondern der Erwerb virtueller Dienstleistungen, die von Menschen, Computern und Robotern durchgeführt werden. Die Nanotechnologie wird somit die neue Ökonomie des Wissens und der Ideen weiter forcieren.

Nano-Pioniere im Bereich der Forschung sind unter anderen Biosym Molecular Simulation; The Materials & Process Simulation Center, Caltech; The Laboratory of Molecular Robotics, USC; Molecular Manufacturing Enterprise, Inc.; Molecular Graphics Society; Micromachine Society of Japan; Research Center for Advanced Science & Technology (RCast).

### **Tensegrity-Time**



Das von [Smalley](#) gefundene C<sub>60</sub>-Molekül (auch Buckyball oder Fußball-Molekül genannt), das zur Gattung der Fullerene (zu Ehren von Buckminster Fuller) gehört, ist das symmetrischste aller bisher gefundenen Moleküle. Es ist neben Diamant und Graphit die dritte Ausprägung des Kohlenstoffs und wurde 1985 entdeckt. Im Sinne Buckminster Fullers repräsentiert es eine

Tensegrity-Struktur. Durch seine Hohlstruktur aus fünfeckigen und sechseckigen Kohlenstoffringen können im Buckyball-Molekül Fremdatome untergebracht und hierbei völlig neuartige physikalische Vakuum-Experimente (z.B. EPR-Paradoxon) durchgeführt werden.

Diese Miniatur-Tensegrity ermöglicht hierbei nach Fuller mit neuen Technologien auf einer Mikro-Ebene zu operieren. Kristalle aus Buckyballs können so bearbeitet werden, daß diese Isolatoren, elektrische Leiter, Halbleiter oder sogar Supraleiter sind. Ein makroskopisches Anwendungsbeispiel für eine Tensegrity-Struktur ist eine Ballonhülle, ein Netzwerk, bei dem die Löcher mikroskopisch so klein sind, daß die Luftmoleküle nicht austreten können.

### **Molekulardynamische Simulation**

Der Computer repräsentiert das konstruktivistische Prinzip sowohl im Makro- als auch im Mikrokosmos. Software entsteht durch Zusammenfügen von Bits, während Hardware durch die Kombination von Molekülen entsteht. Je kleiner der Maßstab wird, auf dem Moleküle manipuliert werden, desto leistungsfähigere Computer können konstruiert werden.

Bedenkt man, daß die Komplexität der Welt lediglich die Konsequenz der Kombination von etwa sechs Dutzend unterschiedlichen Atomen ist, so ist zu erwarten, daß die Beherrschung der molekulardynamischen Simulation völlig neuartige Konstruktionen im Mikrokosmos gestattet. Im Rahmen von molekulardynamischen Computersimulationen kann ein Beobachter eine mikroskopische Teilnehmerperspektive einnehmen. Simulationen dienen hierbei dazu, das Lernen über komplexe Zusammenhänge im Mikrokosmos zu unterstützen und neues Wissen zu erlangen. Durch molekulardynamische Simulationen wird die Interaktion vom Makrokosmos in den Mikrokosmos der digitalen Zeichen und der Bio- und Nanotechnologie verlagert.

### **Simulation eines Gehirns**

Conrad und Zauner nutzen konventionelle Computer, um Molekular-Computer zu simulieren, mit dem Ziel ein virtuelles neuronales Gehirn zu konstruieren. Je schneller die Computer durch Parallelisierung werden, desto wahrscheinlicher werden zukünftige Gehirnsimulationen in Echtzeit. Im Rahmen einer deduktiven Betrachtung lassen sich Gehirne als nichtlineare dynamische Systeme betrachten, die folgende fünf Spezifikationen aufweisen: Kontinuität, Autonomie, Zeitabhängigkeit, Anpassungsfähigkeit und eingebaute Optimierungspfade. Mit dreidimensionalen Rechnerstrukturen kann die Komplexität von Simulationen sehr stark gesteigert werden, wobei die neuen Prozessoren dann Milliarden statt nur Millionen Komponenten besitzen.

Eine Vision der Molekulardynamik-Forschung ist der Aufbau molekularer Computer, die eine solche Vielzahl von Komponenten berücksichtigen können, daß hochkomplexe Systeme wie Nationalökonomien oder die Weltwirtschaft individuenorientiert simuliert werden können. Rössler betont, daß sich bei  $10^{10}$  Neuronen sogar praktisch jedes Gehirn oder Gehirnmodell mikroskopisch reversibel realisieren lassen könne. Die Endophysik ermöglicht somit, Computer und formale Gehirne "explizit" auf der Mikroebene zu untersuchen. Je mehr sich die Computer-Technologie hin zum Mikrokosmos entwickelt, desto bedeutender scheint die Endophysik und die damit verbundene Interface-Theorie für den Menschen zu werden.

### Risiken

Da der menschliche Körper aus Molekülen besteht, wird die Beherrschung molekularer Technologien unser Leben in vielfältiger Weise verändern. Die Risiken, die die neuen Technologien des Lebens liefern, ist hierbei, daß die Maschinen sich schneller entwickeln, als es der Mensch kann. Sich selbst reproduzierende, programmierbare Maschinen können nicht nur beliebige Zellen reparieren oder eine Vielzahl von Routinearbeiten übernehmen, sie könnten sich durch Nutzung von Energie auch selbst reproduzieren. Hierbei stehen wir allerdings vor der Gefahr, daß wir die ausgelösten Maschinenprozesse unter Umständen nicht mehr stoppen können.

Da diese mikrokonstruktivistische Emergenz von Leben womöglich zu Bewußtsein führt, müssen wir uns die Frage nach den moralischen Konsequenzen dieser Konstruktionen stellen. Sollte hierbei ein Gehirn Bewußtsein hervorbringen, handelt es sich nicht nur mehr um simuliertes Bewußtsein, sondern um ein neu erschaffenes Bewußtsein. Die neuen Technologien werfen auch fundamentale ethische Fragen auf. Wenn der Mensch zunehmend durch Roboter und Mikromaschinen determiniert wird, bleibt die Frage nach der menschlichen Freiheit. Wenn gleichzeitig die Maschinen immer mehr Fähigkeiten bekommen und immer besser Probleme lösen, werden diese unter Umständen die Forderung nach der Freiheit vom Menschen entwickeln. Dieser Trend zur Determinierung des Menschen durch Maschinen und die Indeterminierung der Maschinen durch den Menschen führt zu völlig neuartigen Konsequenzen hinsichtlich der Beurteilung der Sinnhaftigkeit technischer Systeme.

Die Abbildungen in diesem Artikel stammen von der Homepage von [Richard Smalley](#).

---

**Kommentare:**

Rice (Scalar, 20.4.2002 22:13)

■  
■  
↑ top

Copyright © 1996-2001. All Rights Reserved. Alle Rechte vorbehalten  
Verlag Heinz Heise, Hannover  
last modified: 18.07.2001  
[Privacy Policy / Datenschutzhinweis](#)



redaktion