

Nanotechnologie

Vorwort

Der Begriff Nanotechnologie wurde 1974 von dem Japaner Norio Taniguchi eingeführt. Nano kommt aus dem griechischen und bedeutet Zwerg. Die Nanotechnologie beschäftigt sich mit einer Größenordnung im Millionstel Millimeter Bereich. In der Nanotechnologie geht es primär um die Nutzung neuer Funktionen, die einerseits auf der geometrischen Größe und andererseits auf den materialspezifischen Eigenheiten von Nanostrukturen basieren. Daher werden die Eigenschaften von Nanosystemen von den technologischen Möglichkeiten her diskutiert und nicht von z.B. speziellen Zielen der Informationstechnik und Biowissenschaften.

Zur Generierung von Nanosystemen wurden bisher zwei Wege der Forschung und Entwicklung eingeschlagen und innerhalb der jeweiligen Disziplin verfolgt:

- Einerseits versuchte man die in der belebten Natur ablaufenden Vorgänge zu verstehen und die gewonnenen Erkenntnisse für technische Fragestellungen zu nutzen. Das dabei wachsende Verständnis von sich selbst organisierenden Strukturen und Funktionseinheiten wurde speziell im Bereich der lebenswissenschaftlichen Forschung und bei der Entwicklung neuer Materialien angewendet.
- Andererseits wurde in der unbelebten Welt durch stetig kleiner hergestellte Strukturen und Grundelemente neuer Materialien der Weg in die Nanometerdimension eingeschlagen. Dadurch gewonnene Erkenntnisse lieferten i.w. Beiträge zur Elektronik, Optoelektronik und Sensorik.

Beispiel für Nutzen der Nanotechnologie in der Computerindustrie

Die heutigen, auf Silizium basierenden Chips können mit einigen technischen Kniffen noch bis etwa 2012 im jetzigen Tempo geschrumpft werden. Doch bei etwa 40 bis 50 Nanometer Breite der Leiterbahnen ist Schluss. Dann schlägt ein quantenmechanischer Störeffekt zu: Elektronen "durchtunneln" die Trennschichten in den Transistoren, die Leiterbahnen werden quasi kurzgeschlossen. Der Ausweg könnten Nano-Chips sein, die statt Silizium diverse Kohlenstoffverbindungen nutzen - alle nicht breiter als wenige Nanometer. Erste molekulare Elektronik-Bauteile sind bereits im Labor erzeugt worden: Ein Transistor aus winzigen Kohlenstoff-Röhrchen mit einem Durchmesser von 1 Nanometer. Physiker aus dem niederländischen Delft konnten solche Röhrchen in einen für Transistoren unerlässlichen Metall-Halbleiter-Kontakt verwandeln. Denn die "Nano-Tubes", wie diese 1991 in einem japanischen Labor entdeckte Spielart des Kohlenstoffs auch genannt wird, können beides sein. Knickt man sie in der Mitte, erhält man eine metallische und eine halbleitende Hälfte. Cees Dekker, der das Delfter Team leitet, hält eine kommerzielle Produktion solcher Röhrchen-Transistoren aber noch für "weit weg". Auch mit Fullerenen, jenen 1985 entdeckten kugelförmigen Kohlenstoff-Molekülen, ist bereits experimentiert worden.

Eine Forschergruppe aus dem kalifornischen Berkeley konnte im vergangenen Jahr das "Fußball-Molekül" C₆₀ - die C-Atome sind hier zu Fünf- und Sechsecken wie die Lederflicken eines Fußballs angeordnet - eingekeilt zwischen Goldelektroden in einen Ein-Elektronen-Transistor verwandeln. Inzwischen sind eine Reihe größerer organischer Molekülgruppen bekannt, die als elektrische Gleichrichter, als Leiterbahn oder als Datenspeicher funktionieren könnten. Um ein Bit zu speichern, ist theoretisch nur noch ein Molekül nötig. Daraus gefertigte Molekular-Festplatten würden die Speicherdichte heutiger Festplatten um ein Vielfaches übertreffen.

Eine Nano-Speichertechnik, die mechanisch arbeitet, haben IBM-Forscher um Gerd Binnig entwickelt. Ihr "Millipede" besteht aus einem Raster von 1024 Hebelärmchen eines Kraftmikroskops. Ihre Spitzen drücken nun in eine weiche Polymerschicht ein Loch, wenn ein Bit geschrieben werden soll. Zum Auslesen von Bits tastet der Millipede eine bereits gelochte Oberfläche ab. Fällt ein Hebelchen in ein Bitloch, verändert sich seine Temperatur und damit sein elektrischer Widerstand, was messbar ist. Damit werden Speicherdichten von bis zu 80 Gigabit pro Quadratcentimeter möglich - verglichen mit einer Spitzenspeicherdichte von 8 GB/cm² bei heutigen Festplatten. In drei Jahren will IBM einen Millipede mit 4000 Kraftspitzen fertig gestellt haben, der in einer neuen Generation von Handys eingesetzt werden könnte. Es sei ohne weiteres vorstellbar, auch "Waver mit Millionen Hebelarmen zu strukturieren", so Binnig.

Nutzen in anderen Bereichen

Wenn sich molekulare Strukturen in Nanometer-Abmessungen erzeugen und analysieren lassen, werden völlig neue Werkstoffe möglich. Goldklumpen taugen an sich unter Raumtemperatur nicht als Katalysator für chemische Reaktionen - drei bis fünf Nanometer große Goldteilchen dagegen sehr wohl. Eine japanische Firma hat aus diesem Effekt inzwischen ein Produkt gemacht. Ihr "Odor Eater" (zu Deutsch: Gestankfresser) zerlegt mit Hilfe des Nanogoldes Moleküle aus Toiletten-Dünsten.

Die Nanotechnik macht es möglich Oberflächenstrukturen von der Natur zu übernehmen. So können schließlich Oberflächen erzeugt werden die keinen Schmutz aufnehmen „Lotus Effekt“ (Eigenschaft von der Lotusblume).

Nanotechnische Katalysatoren könnten auch der Verschwendung vorbeugen. "Rund 20 Prozent des Rohöls bleiben ungenutzt, da die heutigen Cracker in Raffinerien nicht effektiv arbeiten", sagt Markus Antonietti vom Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung in Golm. Dort arbeiten er und andere Forscher an neuen keramischen Zylindern, die von nanometergroßen Poren durchzogen sind und nur ein einziges Molekül fassen. Triebe man nun das Rohöl durch diesen Katalysator, könnte keine Molekül-Kette mehr dem Schicksal entgehen, geknackt zu werden, wie dies in großen Behältern der Fall ist.

Natürlich sind Nanowerkzeuge ohne Computer unbrauchbar. Damit markieren sie das Ende einer langen Entwicklung in der Geschichte der Technik. Jahrtausendlang war der Effekt eines Werkzeugs unmittelbar fühlbar, weil man im wahrsten Sinne des Wortes Hand anlegen musste - beim Hämmern, Sägen, Schrauben oder am Flaschenzug - später zumindest sichtbar, wie bei der Dampfmaschine oder mit

Abstrichen bei Elektrogeräten. Die Eingeweide des Kosmos - Atome und Moleküle - sind dagegen keinem unserer Sinne zugänglich. Alles, was in dieser Sphäre geschieht, müssen wir uns von Rechnern in verständliche Bilder übersetzen lassen. Die Entschlüsselung des menschlichen Genoms, ebenfalls ein Objekt von Nano-Dimensionen, war vor allem eine Computerleistung. Wenn aber die winzige reale Welt ohnehin erst in "kognitiven Geräten" erzeugt werden muss, kann man sie damit natürlich auch simulieren. "Das könnte einen radikalen Einschnitt in der Geschichte der Technik bedeuten, der dazu beitragen könnte, die negativen Folgen einer neuen Technologie weiter zu minimieren - ja: vielleicht sogar ihren GAU von vornherein auszuschließen", so Zimmerli.

Gefahren

Neben den vielen Vorteilen die die Nanotechnologie bietet birgt sie wie andere Technologien auch Gefahren. Eine Gefahr liegt z.B. beim Bau von Mirkorobotern, die sich selbst reproduzieren können, die man zur Krebs Bekämpfung beim Menschen einsetzt. Geraten diese außer Kontrolle könnten sie theoretisch das ganze Leben auf der Erde auslöschen (Problem des grauen Schleims).

Nachworte

Die Naotechnology steht noch am Anfang ihrer Geschichte. Sie besitzt ein großes Potential wovon wir zur Zeit nur ein Bruchteil Nutzen können. In der Informatik ist und wird sie in Zukunft eine große Rolle spielen. Aber auch in anderen Gebieten wie Medizin, Industrie, etc. ist sie zu einem wichtigen Standpunkt geworden.