

Was ist Nanotechnologie?

Uwe Hartmann, Fachrichtung Experimentalphysik der Universität des Saarlandes

Bislang noch unbemerkt von der breiten Öffentlichkeit ist in den vergangenen zwei Jahrzehnten ein neuer technologischer Querschnittsbereich entstanden, von dem Experten annehmen, dass die Entwicklungsdynamik diejenige der Biotechnologie in absehbarer Zeit noch übertreffen könnte. Die Nanotechnologie, deren Bezeichnung sich aus der Vorsilbe „nano“ für den milliardsten Teil eines Meters ableitet, könnte Grundlage eines industriellen Umbruchs werden, der in seiner Tragweite mit den bisherigen industriellen Revolutionen, ausgelöst durch die Mechanisierung und durch die Automatisierung, vergleichbar wäre. In jedem Fall ist zu erwarten, dass die Nanotechnologie einen umfassenden Einfluss auf sehr viele unserer Lebensbereiche gewinnen wird.

Grundlage der Nanotechnologie ist die Nanostrukturforschung, die sich in den vergangenen Jahren als stark interdisziplinäres Forschungsgebiet entwickelt hat. In der Nanostrukturforschung beschäftigt man sich mit den physikalischen, chemischen oder biologischen Eigenschaften von Objekten – genauer von Funktionseinheiten – mit geometrischen Abmessungen im Bereich von einem bis hundert milliardstel Metern, also im Nanometerbereich. Auf Grund ihrer minimalen Ausdehnung bestehen die Funktionseinheiten, bei denen es sich zum Beispiel um ein größeres Molekül, um ein winziges Körnchen eines Kristalls oder sogar um ein komplettes miniaturisiertes Bauelement handeln kann, aus nur vergleichsweise wenigen Atomen, die ja den Grundstoff unserer Materie bilden. Das Entscheidende ist nun, dass sich Funktionseinheiten mit Abmessungen im Nanometerbereich ganz anders verhalten als solche, die die Grundlage unserer heutigen Technologien bilden und in der Regel Abmessungen im Bereich von minimal millionstel Metern, das heißt Mikrometern, haben. Die mit zunehmender Kleinheit veränderten physikalischen, chemischen oder biologischen Eigenschaften sind letztendlich darauf zurückzuführen, dass das Verhalten der Materie zunehmend durch die Gesetze der Quantenphysik bestimmt wird.

In den vergangenen Jahren haben technische Fortschritte dazu geführt, dass wir ausgehend von der Mikrometerskala zunehmend auch großtechnisch durch Verkleinerung der geometrischen Abmessungen auf die Nanometerskala vordringen können („Top-down-Ansatz“). So weisen beispielsweise bereits heutige Halbleiterbauelemente entsprechend

kleine Strukturabmessungen auf. Gleichzeitig haben Fortschritte in der synthetischen Chemie dazu geführt, dass es möglich geworden ist, immer größere und komplexere Moleküle mit genau definierten Eigenschaften zu synthetisieren („Bottom-up-Ansatz“). Man nähert sich damit gleichsam von oben und unten technologisch der Nanometerskala. Damit wird es möglich, Werkstoffe mit völlig neuen Eigenschaften herzustellen, elektronische Bauelemente mit bisher nicht bekannter Leistungsfähigkeit zu produzieren und Medikamente mit hochgradig zielgerichteter Wirkung bei Vermeidung unerwünschter Nebenwirkungen zu entwickeln. Eine natürliche Form der Nanotechnologie ist gleichsam durch die Evolution entstanden und in der Biologie allgegenwärtig. Proteine, Moleküle, die unsere Erbsubstanz beinhalten, oder auch Transportkanäle in der Zellmembran als wichtige biologische Funktionseinheiten haben Abmessungen auf der Nanometerskala und beziehen gerade daraus ihre hochwirksame Funktion. Es ist deshalb nicht überraschend, dass die Nanobiotechnologie als Schnittbereich von Nano- und Biotechnologie als eine Disziplin angesehen wird, die schon kurzfristig besonders erfolgreich sein könnte.

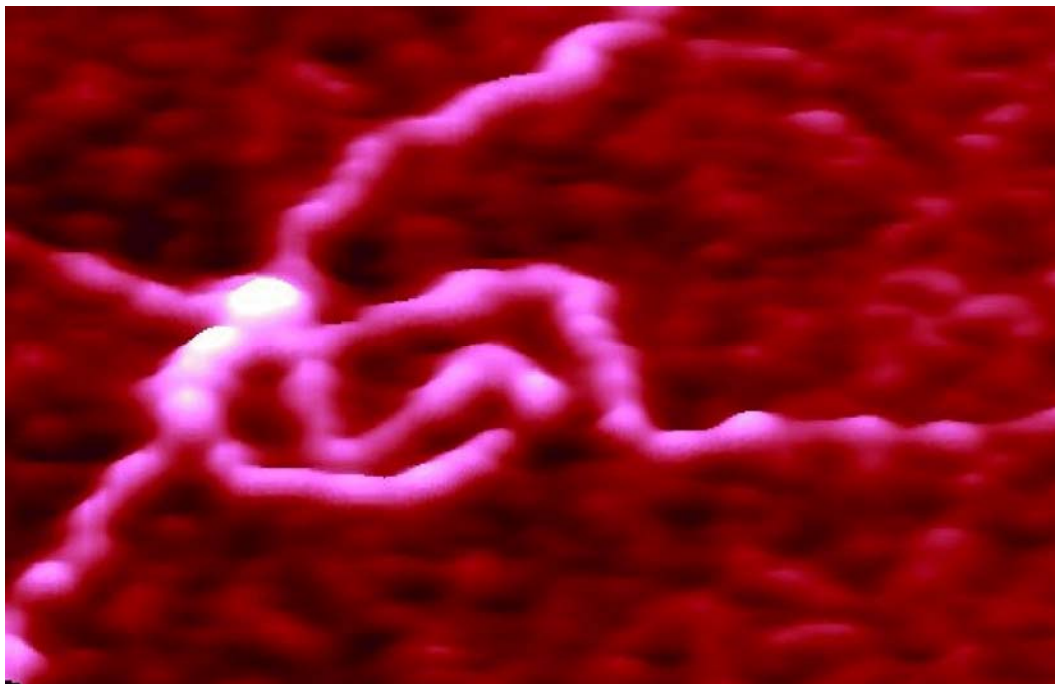


Abbildung 1: Grundlage der Nanobiotechnologie ist die Möglichkeit der Analyse und Manipulation biologischer Materie auf Nanometerskala. Die Abbildung zeigt ein Knäuel des Erbmoleküls DNA auf einer Glimmeroberfläche, abgebildet mit einem Rasterkraftmikroskop.

Generell geht es in der Nanobiotechnologie darum, einerseits nanotechnologische Produkte, wie etwa Nanopartikel, nanokomponierte Materialien oder zukünftig komplette Nanobaulemente, zur Unterstützung biotechnologischer Prozesse zu nutzen und andererseits biologische Funktionseinheiten, wie etwa hochgradig funktionale Biomoleküle, zur Herstellung nanotechnologischer Produkte einzusetzen. Selbstverständlich gibt es, was zukünftige technologische Errungenschaften betrifft, kühnste Visionen, die von biologischen Materialien für die Computerindustrie bis hin zu winzigen Maschinen reichen, die für therapeutische Prozesse innerhalb unseres Körpers eingesetzt werden können. Allerdings gibt es auch eine ganze Reihe von Anwendungsbeispielen, die bereits heute von enormer Relevanz für unterschiedliche Lebensbereiche sind. So werden erste Medikamente entwickelt, bei denen Nanopartikel dafür sorgen, dass die Wirkstoffe im Körper genau dorthin transportiert werden, wo sie zur Wirkung kommen sollen. Biofunktionale Oberflächen sorgen dafür, dass Zellwachstum auf prothetischem Material gefördert oder auch unterbunden wird, wie dies beispielsweise für Blutgefäßprothesen erforderlich ist. Von großer Bedeutung ist auch der Einsatz neuer analytischer und diagnostischer Verfahren, die auf Grund nanotechnologischer Komponenten erst möglich geworden sind. Ein Beispiel dafür sind neue mikroskopische Verfahren – etwa die Rastersondenmikroskopie – die es möglich machen, selbst einzelne Moleküle abzubilden. Die Möglichkeit, auf molekularer Ebene einzelne biologische Funktionseinheiten untersuchen zu können, spiegelt sich auch im bereits etablierten Schlagwort „Molekularmedizin“ wider. Der Einsatz biologischer Funktionseinheiten und biotechnologischer Verfahren zur Herstellung nanotechnologischer Produkte befindet sich dagegen noch im Stadium der Grundlagenforschung. Dennoch ist vorstellbar, dass zukünftig Phänomene wie die Biomineralisation oder die biologische Selbstorganisation relevant für die Herstellung technischer Produkte werden.

Literatur

Spektrum der Wissenschaft Spezial, Nanotechnologie, 2001

U. Hartmann, Nanobiotechnologie – eine Basistechnologie des 21. Jahrhunderts, NanoBioNet e. V. (www.nanobionet.de)