

Ute Dorau

Engelbert Hörmannsdorfer

Nano-Technologie

I. Einführung:

Was ist Nano-Technologie?

„Wir können Atome erfassen und sie bewegen. Das ist, als würde man einen Planeten von einem Orbit in einen anderen verschieben können.“

Joseph Stroschio, Physiker am National Institute of Standards and Technology

Definitionen für eilige Leser:

Größenordnung

Ein Nanometer ist ein Milliardstel Meter (10^{-9} Meter) und bezeichnet einen Grenzbereich, in dem mehr und mehr quantenphysikalische Effekte eine wichtige Rolle spielen. Begibt man sich auf die Ebene von Atomen und Molekülen, so entspricht ein Nanometer beispielsweise der Länge einer Kette aus fünf bis zehn Atomen oder dem Durchmesser eines einfachen organischen Moleküls.

Besonderheiten

Nano-Partikel verhalten sich meist völlig anders als ihre Ausgangsstoffe. So führt zum Beispiel einerseits die große spezifische Oberfläche von Nano-Partikeln in der Regel zu einer Steigerung der chemischen Reaktivität beziehungsweise der katalytischen Aktivität. Andererseits kann die relativ geringe Anzahl von Atomen in Nano-Partikeln zu abweichenden optischen, elektrischen und magnetischen Eigenschaften führen.

Zielsetzung

Ziel der Nano-Technologie ist es, neue Eigenschaften von Objekten auf der Nano-Ebene und deren Ursachen zu verstehen und dieses Wissen in technische Entwicklungen umzusetzen.

Wege in die Nano-Welt

Zwei Wege führen in die Nano-Welt:

- Man verkleinert Strukturen und Objekte bis zur gewünschten Größe („Top-down“).
- Man baut sie durch kontrollierte Manipulation einzelner Atome oder Moleküle auf („Bottom-up“).

Stand der Technik im Bereich Anwendungsfelder

Nano-Technologie ist im Bereich Produkte, Produktideen und realisierbare Visionen sehr unterschiedlich verbreitet; ihr Realisierungszeitpunkt reicht von der kürzeren Vergangenheit über die Gegenwart bis weit in die Zukunft. Eine Reihe von Anwendungen befindet sich bereits auf dem Markt; das meiste ist jedoch noch in der Phase der Forschung, wobei es sich bislang zumeist um Top-down-Ansätze handelt. Neuere Anwendungen – eher die Bottom-up-Ansätze – sind erst mittel- bis langfristig zu erwarten.

I.1. Definitionen und Abgrenzungen

Nano-Technologie, wohin man schaut: Sie steckt gleichzeitig in Sonnencreme, in Skianzügen oder in Autolacken und soll – wenn man den Wissenschaftlern glaubt – eines schönen Tages unsere Umwelt retten. Doch was Nano eigentlich ist, wird in den Sensationsmeldungen nie so recht klar. Ein neu entwickelter Stoff? Ein Verfahren zur Materialverbesserung? Oder ein bislang unbekannter Rohstoff? Wer die Veröffentlichungen zum Thema liest, verliert da schnell den Überblick. Kein Wunder, denn bis heute gibt es weder in den Forschungs- noch in den Industriegremien der Welt eine einheitliche Definition, die von allen akzeptiert wird. Vielmehr wird „Nano“ gerne einmal für alles Mögliche benutzt, das auch nur entfernt mit winzig kleinen Teilen zu tun hat. Sei es nun in der Biologie, der Elektrotechnik, der Biotechnologie oder im Bereich Optik.

Nano geht weit über den Mikro-Kosmos hinaus

Grundsätzlich ist das gar nicht so falsch – schließlich bedeutet der griechische Begriff „Nanos“ zuerst einmal schlicht „Zwerg“. Das verleitet eben leicht dazu, ihn für Materialien oder Werkstoffe einzusetzen, die einfach nur klein sind – und damit eigentlich aus dem Mikro-Kosmos kommen. Doch Nano-Technologie ist weitaus mehr – oder weitaus weniger, wenn man es genau betrachtet: Für die Erklärung der Nano-Technologie müssen wir eine volle Tausenderpotenz in der Dimension kleiner werden. Während sich die Mikroelektronik mit Strukturen befasst, die ein Millionstel eines Meters ausmacht, ist in der Liliput-Welt von morgen der Nanometer – der milliardste Teil eines Meters – das Maß aller Dinge.

Ein Nano-Strukturelement verhält sich in seiner Größe zum Fußball wie ein Fußball zur Erde. Damit könnten Roboter gebaut werden, so klein, dass sie mit Atomen Murmeln spielen könnten. Das ist zwar noch Zukunftsvision, deutet aber in der Tat an, wohin die Nano-Reise gehen soll: Atome und Moleküle sollen eines Tages kontrolliert und gezielt manipuliert werden. Zwar lassen sich auch

heute schon einzelne Atome bewegen, von „kontrolliert“ ist dabei allerdings nur ausnahmsweise die Rede, die Wissenschaft steht noch ganz am Anfang. Bislang herrscht noch Genosse Zufall in den meisten Forschungslaboren.

Nano-Technologie wird immer wieder als eine, wenn nicht sogar „die“ entscheidende „Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts“ genannt. Der Meinung sind die Verfasser dieses Buchs auch – vorausgesetzt, dass nicht nur die Wissenschaft eine Vorstellung von den Möglichkeiten und Risiken der Nano-Welt hat, sondern sich auch Wirtschaft und Industrie mit der Materie beschäftigen. Seit die ersten Presseveröffentlichungen zum Thema Nano-Technologie erschienen sind und regelmäßig einen wahren Innovationsboom versprechen, steigen beispielsweise die Aktien von Unternehmen, die den Begriff „Nano“ im Firmennamen tragen, sprunghaft an. Oft irrtümlich, wie die Erfahrung zeigt. Denn nicht überall, wo Nano drauf steht, ist auch Nano drin. Deshalb hier ein – wenn auch stellenweise stark vereinfachter – Überblick über wichtige Teildefinitionen, Entwicklungen, Erkenntnisse und Grundsätze der Nano-Technologie.

Was ist Nano-Technologie – oder besser: Was ist sie nicht?

Nano-Technologie bewegt sich in einem Größenbereich, der mehr als millionenfach kleiner ist als ein Millimeter. So ermöglicht sie die Untersuchung, Herstellung und Anwendung von Strukturen unter 100 Nanometer (nm). Ein Nanometer ist also der milliardste Teil eines Meters (in Ziffern: 0,000 000 001 m). Damit bewegen wir uns hier im Bereich der Atome und Moleküle. Die Nano-Technologie beschreibt und bietet Verfahren und/oder Prozesse, die eine Manipulation dieser winzigen Bausteine der Natur ermöglichen. Aber: Eine absolut richtige und unanzweifelbare Definition für die Klassifizierung von technologischen Prozessen und Produkten in die Nano-Technologie gibt es (noch) nicht.

Verantwortlich dafür ist sicherlich auch die Tatsache, dass sich „Nano“ einfach nicht auf einen Bereich oder Markt festlegen lässt.

Die Technologie ist interdisziplinär – sprich, nahezu alle naturwissenschaftlichen Fakultäten und Forschungseinrichtungen sowie eine große Zahl von Branchen können Nano-Technologie einsetzen – oder hoffen, es eines Tages tun zu können. Vom Maschinenbauer über Pharmakonzerne und die optische Industrie bis hin zum Elektrotechnik-Markt – alle warten auf bahnbrechende Erkenntnisse im Nano-Bereich, um neue Produkte schaffen und neue Märkte zu erschließen oder Fertigungsprozesse effizienter zu gestalten.

Die Vorzeichen sind gut. Ähnlich wie im Bereich der Mikrotechnologie stoßen die Forscher durch den Blick in nochmals kleinere Strukturen schon heute auf neue Erkenntnisse – doch anders als im Mikro-Bereich wartet der Nano-Kosmos zudem mit einer ganz erstaunlichen Entdeckung auf: Nano-Partikel reagieren vollkommen anders, als die Wissenschaftler zu Beginn ihrer Forschungen erwartet haben. Ähnlich wie in der Quantenmechanik stoßen sie auf unerwartete Reaktionen ihrer Forschungsobjekte: Die mechanischen, optischen, magnetischen, elektrischen und chemischen Eigenschaften von Nano-Objekten hängen nicht allein von der Art des Ausgangsmaterials, sondern in besonderer Weise von ihrer Größe und Gestalt ab. Sie können physikalische oder chemische Eigenschaften besitzen, die man bei ihren größeren (Atom-)Verwandten nicht beobachtet. Denn in diesem Größenbereich endet der Geltungsbereich normaler physikalischer Gesetze. Ein solcher Effekt – also eine Veränderung der meisten fundamentalen physikalischen und chemischen Eigenschaften – findet statt, wenn eine kritische Größe von etwa 100 Nanometern unterschritten wird.

Am besten erklärt sich das Phänomen mit dem Beispiel Kohlenstoff: Sowohl der Graphit als auch der Diamant sind reine Kohlenstoffsysteme, gehören also der gleichen (Atom-)Familie an. Sie unterscheiden sich im Grund nur durch ihre atomare Struktur. Doch während der Graphit über Eigenschaften wie elektrische Leitfähigkeit, schwarze Farbe und relative Weichheit verfügt, ist der Diamant hart, durchsichtig und nicht leitfähig. Im Makrokosmos sind solche Unterschiede die Ausnahme – in der Welt der Nano-Technologie allerdings die Regel.