

Abstract Studie „Nanotechnologie“

▪ **Einleitung und Rahmenbedingungen**

Der Begriff „Nanotechnologie“ entstammt dem griechischen „nanos“ für Zwerg und bezeichnet als erste kurze Definition die Herstellung, Untersuchung und Anwendung von Strukturen, Materialien und Oberflächen in Dimension unter 100 Nanometer. Ein Nanometer (nm) bezeichnet den Millionstel Teil eines Millimeters. Auf dieser unvorstellbar kleinen Nanoskala herrschen eigene Gesetze, die zu völlig neuen Eigenschaften und Effekten führen und sich u.a. aus der Quantenmechanik ableiten lassen.

Als „Vater“ der Nanotechnologie gilt der amerikanische Physik-Nobelpreisträger Richard Feynman, dessen Rede „There’s plenty of room at the bottom“ im Jahre 1959 die Vision formulierte, die gesamte *Encyclopedia Britannica* auf einen Stecknadelkopf schreiben zu können. Geprägt wurde der Begriff „Nanotechnologie“ allerdings erst im Jahr 1974 durch Norio Taniguchi von der *Universität Tokio*. Der entscheidende Durchbruch gelang schließlich 1981 Gerd Binnig und Heinrich Rohrer durch die Entdeckung des Rastertunnelmikroskops, das die Möglichkeit schuf, einzelne Atome sichtbar zu machen.

1986 veröffentlichte K. Eric Drexler sein Buch „Engines of Creation“ und wurde damit zum Begründer der molekularen Nanotechnologie. Das von ihm entworfene Szenario winziger Nanobots, der sog. „Assembler“, die aus Molekülen alles herstellen können und sich dabei selbst vermehren, wird von vielen als Science Fiction abgetan, ist aber in der Öffentlichkeit sehr populär und als visionäre Projektionsfläche durchaus ernst zu nehmen.

Die Nanotechnologie konvergiert mit den anderen Zukunftstechnologien wie der Informations- und der Biotechnologie. Dabei besteht ihr entscheidendes Charakteristikum in ihrer Interdisziplinarität. Sie ist eine hochkomplexe Querschnittstechnologie, die das Know how klassischer Disziplinen wie Chemie, Physik und Biologie in sich vereinigt. Als Forschungsschwerpunkte haben sich Nanoelektronik, Nanooptik, Nanofabrikation, Nanochemie, Nanomaterialien,

Nanobiotechnologie und Nanoanalytik herausgebildet. Das BMBF hat der Nanotechnologie in Bezug auf die Förderung höchste Priorität eingeräumt und dies durch die Gründung von sechs Kompetenzzentren untermauert, in denen neben der Forschung und Entwicklung auch die kommerzielle Umsetzung vorbereitet werden soll.

Deutschland nimmt als Nano-Standort innerhalb Europas eine klare Spitzenstellung ein. Weltweit sind neben Westeuropa die USA und Japan die führenden Nationen, die untereinander mit großem finanziellen Aufwand um die zukünftige Weltmarktführerschaft kämpfen.

▪ **Zukunftsfelder**

Zu den schon etablierten Zukunftsfeldern der Nanotechnologie gehört der Komplex der neuen Werkstoffe. Auf der Basis der Nanochemie sind hier im Bereich der wasserabweisenden Oberflächenbeschichtungen schon marktfähige Produkte entstanden. Als besonders innovative Materialien werden sich Keramiken und Nanokomposite erweisen. Eine Sonderstellung beanspruchen in diesem Zusammenhang die „Nano-Tubes“, die das Jahrhundert des Kohlenstoffs einläuten werden. Ihre extremen Materialeigenschaften prädestinieren sie für zahlreiche visionäre Anwendungen. An exemplarischen Alltagsprodukten wie Autos, Kleidung und Wohnungszubehör zeigt sich die Konvergenz intelligenter Materialien und intelligenter, z.B. digitaler, Umgebungen.

Die vier großen Katalysatoren der Nanotechnologie werden in Zukunft die Nanobiotechnologie, die Nanomedizin, die Nanoelektronik und die militärischen Anwendungen sein, wobei auch diese Segmente untereinander Wechselwirkungen und Schnittmengen bilden. Die Nanobiotechnologie ist eine deutsche Kernkompetenz und wird u.a. sowohl für die medizinische Diagnostik als auch die Umwelttechnik entscheidende Anstöße liefern. Die Nanomedizin, mit ihr eng verwandt, sieht ihre größte Herausforderung in innovativen Krebstherapien und wichtigen Implikationen für das Gesundheitswesen. Die Nanoelektronik ist von globaler Bedeutung und wird unter dem Druck der Miniaturisierung elektronischer Bauteile neue Wege des Rechnens wie die Molekular- oder die Magnetelektronik erschließen. Die militärischen Anwendungen

der Nanotechnologie schließlich besitzen vor allem in den USA ein riesiges Zukunftspotenzial, das unter Mithilfe der Wirtschaft systematisch gefördert wird.

▪ **Beeinflusste Felder**

Dass die Marktpotenziale der Nanotechnologie signifikant sein werden, steht ebenso außer Frage wie die Schwierigkeit, diese Potenziale auch nur mittelfristig präzise zu quantifizieren. Die Halbleiterbranche wird hier aber sicher eine herausgehobene Stellung einnehmen. Die Vision einer Nano-Ökonomie wird, wenn überhaupt, eher sukzessive in Form einer allmählichen Durchdringung der Wertschöpfungskette Gestalt annehmen. Bei den Unternehmen werden die Global Player in der ersten Reihe sitzen. Für innovative KMU, die gut aufgestellt sind, bleiben attraktive Nischenmärkte. Die Nanotechnologie wird die Entwicklung smarter Produkte forcieren und damit auch die Ansprüche des modernen Kunden auf individuelle „Products on Demand“ unterstützen.

Die Anforderungen an Wissen und Bildung werden in der Informationsgesellschaft weiter ansteigen. Die komplexen Zusammenhänge der Nanotechnologie werden nicht nur lebenslanges Lernen erzwingen, sondern einen radikalen Wandel unseres Bildungssystems hin zu interdisziplinärem Querschnittsdenken. Dies wird auch die elementare Voraussetzung für den Erfolg in der Arbeitswelt sein. Die Hoffnung auf das Entstehen neuer Arbeitsplätze kann sich unter bestimmten Voraussetzungen erfüllen.

Gleichzeitig droht das Szenario eines „Nano Divide“, der Polarisierung von Arm und Reich, in der wissensbasierten Volkswirtschaft. Wie alle Zukunftstechnologien ist auch die Nanotechnologie in dieser Hinsicht janusköpfig und wird Gewinner und Verlierer entstehen lassen. Auf dem Gebiet der Biotechnologie und Medizin ist der Gesetzgeber dazu angehalten, ethische Implikationen zu berücksichtigen. Nur eine Kultur der Verantwortung und ein transparenter öffentlicher Diskurs werden langfristig die soziale und gesellschaftliche Akzeptanz der Nanotechnologie gewährleisten. In diesem Zusammenhang muss auch über mögliche Risiken der Nanotechnologie spekuliert werden. Die Befürchtungen eines Billy Joy, die Menschheit werde sich durch „Nano“ und Künstliche Intelligenz selber abschaffen, sind sicher überzogen, gemahnen aber an die Tatsache, neben den zahlreichen Errungenschaften und Benefits auch eine

intelligente und verantwortungsvolle Risikofolgenabschätzung nicht zu vernachlässigen.