

## Nanotechnologie in Deutschland

Der vorliegende Essay basiert auf einem aktuell laufenden interdisziplinären (Chemie/ Volkswirtschaft) Seminar mit dem Titel „Nanotechnologie als Basisinnovation“. Sein Schwerpunkt liegt nach einer kurzen Einführung in die spannende „Welt der Zwerge“ (griechisch: nano = Zwerg), wie bei einem Volkswirt in spe nicht anders zu erwarten, in der Bewertung der augenblicklichen Situation der deutschen Nano-Aktivitäten.

Nanotechnologie beschreibt die Entwicklung, Analyse und Anwendung von Methoden, Apparaturen und Werkstoffen, im Bereich weniger Nanometer (<100nm). Ein Nanometer entspricht dabei dem millionsten Teil eines Millimeters oder, um eine bessere Vorstellung der enormen Winzigkeit zu erhalten: der Querschnitt eines menschlichen Haares ist vergleichsweise 50.000 mal größer. Das Interessante daran ist nun, dass zum einen im Bereich dieser winzigen Abmessungen diejenigen physikalischen Eigenschaften, wie sie aus der Makrowelt bekannt sind, etwa elektrische Leitfähigkeit, Farbe, mechanische Härte, etc. noch nicht vorliegen. Umgekehrt treten dort jedoch Funktionen auf, die eben nano-typisch sind, wie beispielsweise quantenmechanische Effekte oder eine vielfach höhere Reaktionsfähigkeit. Diese grundlegend anderen Eigenschaften erlauben es nun bestehende Produkte zu verbessern. Ob kratzfestere Autolacke, UV-absorbierende Sonnencremes, schmutzabweisende Waschbecken, die Liste ließe sich immer weiterführen. Nanotechnologie kommt aber auch überall dort zur Anwendung, wo Einsparungen von Gewicht, Volumen, Rohstoff- und Energieverbrauch besonders stark nachgefragt werden. Zum Beispiel stoßen die bisher üblichen Photolithographie-Methoden bei der Herstellung von Computerchips bei 90 nm an ihr physisches Minimum; Nano-Lithographien hingegen haben noch Potential bis 65 nm. Ein weiteres Einsatzfeld der Nanotechnologie, welches zugegebenermaßen zurzeit eher noch visionär ist, liegt in der medizinischen Behandlung von Krankheiten, die bisher als unheilbar gelten. Hier kann Nanotechnologie sowohl als Transportsystem für bestimmte Wirkstoffe fungieren als auch zur gezielten Anreicherung in Tumoren eine Art lokale Behandlung in Gang setzen.

Nanotechnologie ist gerade aufgrund der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten für die Wirtschaft hochinteressant. In diesem Zusammenhang kann man sie auch als Querschnittstechnologie bezeichnen, weil alle bestehenden Technologien und Branchen mit ihrer Hilfe entweder Produkte verbessern, Einsparungen vornehmen oder aber Zukunftsvisionen entwerfen können. Solche Querschnittstechnologien bezeichnet man auch noch, gemäß ihrem Entdecker, als Kondratieffzyklen<sup>1</sup>, diese erstrecken sich über einen Zeitraum von 50-60 Jahre. Bisher wurden fünf solcher Zyklen durchlaufen: angefangen von der Dampfmaschine (erster Kondratieff) über die Eisenbahn und den Stahl (zweiter Kondratieff) bis hin zur modernen Informationstechnologie (fünfter Kondratieff) unserer Zeit. Nach Ansicht vieler Ökonomen und Wissenschaftler könnte Nanotechnologie den sechsten Kondratieff ausmachen.

Bei diesen Querschnittstechnologien ist es besonders wichtig nicht den Anschluss an konkurrierende Nationen zu verlieren, umso mehr deshalb, weil Nettoarbeitsplätze nahezu ausschließlich in innovativen Märkten geschaffen werden. D.h., dass Deutschland – will es den Segen in Form von neuen Arbeitsplätzen, höherem Volkseinkommen und internationaler Standortsicherung erreichen – von Anfang an neben einer guten Grundlagenforschung einen hohen Marktanteil in der Nanotechnologie anstreben muss. Sollte einer dieser beiden Aspekte nur unzureichend erfüllt werden, ist es wahrscheinlich, dass der Nano-Zug ohne uns abfährt und es konkurrierenden (Schwellen-)Ländern, die erfolgreicher innovieren, gelingen wird die deutsche Position im Weltmarkt streitig zu machen.

In der Realität schneidet die deutsche Forschung im internationalen Vergleich sehr gut ab. Sowohl bei der Anzahl der Publikationen als auch bei den Patenten in der Nanotechnologie belegt Deutschland den zweiten Platz. Positiv zu bewerten ist auch, dass man schon im Jahre 1998 mit dem Aufbau so genannter Kompetenzzentren begonnen hat, die spezialisiert auf einzelne

---

<sup>1</sup> Nikolai Kondratieff beschrieb sie erstmals 1926 in einem Artikel „Die langen Wellen der Konjunktur“. 1938 wurde er wegen seiner eher marktwirtschaftlichen Sichtweise der Ökonomie während der sowjetischen Säuberungen liquidiert.

Forschungsbereiche alle Interessenten (Universitäten, betriebliche F&E, Start-ups, etc.) miteinander vernetzen sollen.

Die staatliche Anschubfinanzierung, die als Indikator dafür gelten kann, inwiefern die Politik dieses neue Innovationsfeld als Chance begreift, liegt mit ca. \$ 225 Millionen im europäischen Vergleich an der Spitze. International jedoch stellen sowohl die USA (\$ 780 Millionen) als auch Japan (\$ 800 Millionen) weitaus mehr Forschungsgelder zur Verfügung (Stand 2003). Hinzukommt, dass die Bundesregierung den ersten Kondratieff – in Form von Kohle – jedes Jahr mit der zwölffachen Summe subventioniert (€ 2,71 Milliarden); eine Branche die aber weder zu volkswirtschaftlichen Wachstum beiträgt, noch (von sich aus) Arbeitsplätze schaffen kann. Obgleich die staatliche Anschubfinanzierung im internationalen Vergleich gering ausfällt, bleibt festzuhalten, dass in Deutschland „exzellente Ergebnisse“ (Zitat: Edelgard Bulmahn) in der Nanotechnologie-Forschung vorliegen.

Zur erfolgreichen Durchsetzung einer Basis- oder Querschnittstechnologie wie der Nanotechnologie gehört neben einer tadellosen Grundlagenforschung und deren staatlicher Unterstützung vor allem noch ein weiterer Aspekt: Unternehmertum. Gerade daran scheint es in Deutschland aber zu mangeln, in einer aktuellen Studie des BmBF (BmBF 2004) liest man hierzu:

„Deutschland ist stark in den Nanowissenschaften, hat aber Nachholbedarf bei der industriellen Umsetzung. So faszinierend die Möglichkeiten der Nanotechnologie auch sind, so zögerlich scheinen sie seitens der heimischen industriellen Abnehmer und Vermarkter aufgegriffen und für innovative Produkte verwertet zu werden.“

Gemäß Schumpeter<sup>2</sup> ist nun derjenige ein Unternehmer, der „Dinge in Gang setzt“, also von der bloßen Erfindung einer Neuerung noch einen Schritt weitergeht und sie am Markt durchzusetzen versucht. So verstandenes

---

<sup>2</sup> Österreicherischer Nationalökonom, der in seiner „Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung“ den „dynamischen Unternehmer“ ersann, der mit Hilfe von Bankkrediten „neue Kombinationen“ am Markt durchsetzt.

Unternehmertum ist der eigentliche Engpassfaktor, denn es „verlangt Fähigkeiten, die nur in einem kleinen Teil der Bevölkerung vorhanden sind und die sowohl den Unternehmertyp wie auch Unternehmerfunktion ausmachen“.

Allgemein kann man nun nachweisen, dass Unternehmertum eine in Deutschland nicht weit verbreitete Eigenschaft ist. Dies lässt sich empirisch dadurch bestätigen, dass es hierzulande seit Beginn der 1970er nur ein einziges High-Tech Unternehmen gegeben hat, welches den Sprung zu einem global leader schaffte: SAP. Wohlgermerkt liegt die Ursache nicht darin, dass es ansonsten keine Möglichkeiten gegeben hätte, wachstumsorientierte Unternehmen zu gründen, da die deutsche Forschung in aller Regel mit zu den besten zählt(e) und die nötigen Grundlagen sicher hätte liefern können. Zudem scheinen andere Länder, wie etwa die USA solche Probleme nicht zu haben, denn dort schießen Unternehmen mancherorts wie Pilze aus dem Boden. Im Silicon Valley sind 73% der Unternehmen, die einen Jahresumsatz von über \$ 50 Millionen erwirtschaften nach 1985 gegründet worden, in Deutschland liegt dieser Anteil selbst in Städten die als innovativ gelten können, nur um die 20%. Die Schwierigkeit, die die Nanotechnologie daher zu überwinden hat, besteht darin, die gute Grundlagenforschung in marktfähige Produkte und Anwendungen umzusetzen.

Das Phänomen, dass gute wissenschaftliche Forschung nicht den Weg in das Wirtschaftssystem findet bezeichnet man auch als Knowledge-Doing-Gap. Aus systemtheoretischer Sicht würde man sagen, dass die beiden gesellschaftlichen Teilsysteme Wissenschaft und Wirtschaft nicht ausreichend strukturell gekoppelt sind, es fehlen Mechanismen und Operationen mithilfe derer das generierte Wissen zu Wertschöpfung umgewandelt werden könnte. Prinzipiell gibt es nun zwei Möglichkeiten, wie diese Lücke gefüllt werden kann.

Zum einen kann man sich vorstellen, dass naturwissenschaftliche Fachbereiche von Universitäten (ebenso wie privat oder halb-private Forschungseinrichtungen) den F&E-Abteilungen in Unternehmen ihre Erkenntnisse in der Nanotechnologie zukommen lassen und sich auf diesem Wege Netzwerke bilden können, die sowohl die zielgerichtete Forschung in Produkte und Anwendungen und deren

anschließende Durchsetzung am Markt unterstützen können. Diese einfache Form des Wissenstransfers, bei dem Unternehmen sozusagen „on demand“ das Wissenschaftssystem anzapfen können, um sich (preisgünstige) Lösungen für ihre F&E-Aktivitäten zu beschaffen, ist allerdings zu undifferenziert, als das es in der Praxis eine Rolle spielen könnte. Oftmals ist bestimmtes Know-How sehr stark an einzelne Personen oder Organisationen gebunden (tacit knowledge), womit sich der Wissenstransfer als wesentlich diffiziler erweist. So sind beispielsweise technische Fertigkeiten oder Erfahrungswissen nicht mit Informationssystemen und Datenbanken übertragbar. Wissens- oder Technologietransfer bezieht sich zudem immer nur auf den Stand der Technik. Bei innovativen Entdeckungen wie etwa der Nanotechnologie, die als 100%-iges Produkt der Wissenschaft gilt, machen Transfers in das Wirtschaftssystem wenig Sinn, weil das Neue nur von selbst auf diesem Gebiet forschenden Wissenschaftlern verstanden werden kann. Das sind oftmals so komplexe Zusammenhänge, die selbst bei geschultem F&E-Personal der Unternehmen kaum anschlussfähig sind. Der Wissenstransfer als Inputmaßnahme für das Wirtschaftssystem kann demnach die Lücke zwischen Nanoforschung und –umsetzung nicht auffüllen.

Eine andere Maßnahme, die Lücke zwischen wissenschaftlicher Forschungsarbeit und wirtschaftlicher Wertschöpfung der Nanotechnologie zu schließen, stellt der Transfer über Köpfe dar. Das bedeutet, dass die Forscher im Wirtschaftssystem selbst aktiv werden und beispielsweise durch Spin-offs aus den Universitäten heraus Unternehmen gründen, in denen sie ihre eigenen Forschungsergebnisse in Form von Produkten und Anwendungen vermarkten. Damit verschwinden die Nachteile, die der Wissenstransfer mit sich bringt beinahe vollständig. Denn die Nanoforscher sind Meister ihres Gebiets und können daher ihr Wissen direkt einsetzen, ohne dass durch den Transfer Verständnisprobleme, Fehlinterpretationen und zeitlich Verzögerungen auftreten. Als strukturelle Kopplung der Systeme Wissenschaft und Wirtschaft kommt demnach wissenschaftlichem Unternehmertum eine besondere Rolle zu. Diesen Zusammenhang bestätigen auch Zucker und Darby in ihrer Untersuchung „Entrepreneurs, Star Scientists, and Biotechnology“: „Our results indicate that the very best „star“ scientists play central roles in both the development of the science

and its successful commercialization“<sup>3</sup>. Professoren, die in Deutschland zu ihrem akademischen Amt zugleich auch noch unternehmerische Funktionen als Gründer von Start-up-Unternehmen bekleiden, sind heute eher die Ausnahme als die Regel. In Wirklichkeit stehen sie der Kopplung von Wissenschaft und Wirtschaft skeptisch gegenüber. Sie empfinden das Eindringen von shareholder-value Interessen in die Forschung als gefährlich und denken vor allem auch in anderen Zielsystemen, als der wirtschaftlichen Verwertbarkeit ihres Wissens (etwa wissenschaftlicher Reputation). Des Weiteren schaffen sowohl die universitätsinterne Anreizstruktur und das Dienstrecht der Professoren wenig Spielraum für Experimente in Richtung einer „entrepreneurial University“.

Die Tatsache, dass wissenschaftliches Unternehmertum in Deutschland kaum existiert, hat für die Umsetzung der Nanotechnologie erhebliche Konsequenzen. Als 100%-iges Produkt der Wissenschaft können nur Experten – die oben erwähnten „star scientists“ – selbst als Anbieter auf den Märkten auftreten, lehnen sie dies ab, etwa weil sie qua Auftrag „nur“ der wissenschaftlichen Lehre und Forschung verbunden sind, nicht aber der praktischen Umsetzung, folgt daraus, dass der deutsche Marktanteil in der Nanotechnologie schwinden wird. Ein sinkender Marktanteil führt ceteris paribus dazu, dass die nationale Nanotechnologie international ins Abseits geraten wird und sich andere Länder die Gewinne in Form von Wertschöpfung, Arbeitsplätzen und Standortsicherung aneignen werden. Ein Prozess, wie er zum Teil in der Biotechnologie, wenn auch unter anderen Vorzeichen, schon Realität geworden ist.

Damit Nanotechnologie in Deutschland dennoch ein Erfolg werden kann, sollten staatliche Förderprogramme vor allem auch Start-up Aktivitäten aus den Universitäten heraus unterstützen. Denn der eigentliche Engpassfaktor liegt vielmehr in der Ressource wissenschaftlichen Unternehmertums und bedeutend weniger in der Grundlagenforschung. Selbst noch soviel Geld in der Forschung hätte keine Auswirkung auf den wirtschaftlichen Output, weil das unternehmerische Defizit auf einer völlig anderen (Meta-)Ebene verankert ist.

---

<sup>3</sup> Zucker, Lynne G.; Darby, Michael R.: Entrepreneurs, Star Scientists, and Biotechnology. [www.nber.org/reporter/fall98/zucker-darby\\_fall98.html](http://www.nber.org/reporter/fall98/zucker-darby_fall98.html) Datum: 04.05.04.

Zusätzlich zu dieser Änderung der wissenschaftlichen Gesamtausrichtung, die der Humboldtschen Tradition von Forschung und Lehre noch Unternehmertum zur Seite stellt, müssten weitere Deregulierungen im Bereich von Unternehmensgründungen hinzukommen. Erst wenn Spin-offs aus Universitäten heraus als „no big deal“ angesehen werden, wie das in Amerika schon länger der Fall ist, kann davon gesprochen werden, dass der Knowledge-Doing-Gap hierzulande überwunden ist.