

kussionen wurden teilweise auf einem hohen theoretischen Niveau geführt.

*Rudi Schmiede* von der TU Darmstadt unternahm in seinem zusammenfassenden Plenarvortrag den Versuch einer Gesamtschau auf das Thema, in dem er aus einer historischen Perspektive die Entwicklung des „Wissens und der Arbeit im ‚Informational Capitalism‘ „skizzierte. Trotz der enormen Breite gelang es Schmiede, die verschiedenen Felder wie Globalisierungsentwicklungen von Wirtschaft und Politik in den letzten Jahrzehnten, Digitalisierung der Finanzmärkte, gesellschaftsorganisatorische Tendenzen (Netzwerkgesellschaften), innerbetriebliche und innerorganisatorische Tendenzen (lean Management), Prozesse der Kapitalkonzentration und sozialen Entwicklungen wie biografische Dimensionen, neue Arbeitsverhältnisse (Ich-AG) miteinander in Beziehung zu setzen und die Entwicklung des *Faktors Arbeit* vor diesen Prozessen zu reflektieren.

Gemäß der soziologischen Tradition fragte er danach, was das qualitativ Neue an dieser Entwicklung sei. Hier erörterte er nochmals die Themen, die aktuell in der wissenschaftlichen Diskussion zur Informations- und Wissensgesellschaft behandelt werden, wobei er auf die Dialektik zwischen Wissen und Subjekt hinwies, deren Dynamik diese neuen Arbeitsformen kennzeichne. Ähnlich wie schon am Vortrag zeichnete sich der wissenschaftliche Diskurs durch eine komplexe Analyse sowie weitsichtige und scharfsinnige Thesen aus, die jedoch in einem eigentümlichen Kontrast zu dem Ansatz von neuen Arbeitskonzepten und -modellen in der Praxis standen.

## 5 Zusammenfassende Bewertung

Die Reflexion über Erwerbsarbeit, Arbeitsmärkte und den ‚Faktor Arbeit‘ im gesellschaftlichen Prozess ist angesichts der aktuellen Entwicklung der Arbeitsmärkte so wichtig und dringend geboten, dass jede engagierte Veranstaltung zu diesem Thema als wegweisend und erhellend gelten kann. Dies zeigte sich auch bei dieser Tagung. Die Organisatoren zeichneten diese Brisanz in der Problemorientierung nach, repräsentierten ohne Zweifel die aktuelle wissenschaftliche Debatte und stießen auf ein engagiertes Publikum. Dieses setzte sich hauptsächlich aus Wissenschaftlerinnen

und Wissenschaftler, zu einem großen Teil aber auch aus Interessenvertretern unterschiedlichster Couleur zusammen.

Trotz der vielen engagiert geführten Debatten im Rahmen der Tagung wurde aber eines der Ziele, nämlich die aktive Gestaltung dieser Prozesse, insgesamt wenig diskutiert. Weder wurden wissenschaftliche Pilotprojekte noch konkrete Handlungsansätze für eine regulierende Politik diskutiert oder Modelle im internationalen Vergleich vorgestellt. Die Frage nach zukünftigen Arbeitskonzepten blieb unbeantwortet im Raum stehen. Dieses Defizit spiegelte sicherlich die aktuelle gesellschaftspolitische Situation wider, in der – unter dem Druck der hohen Arbeitslosigkeit – derzeit kein Raum für neue und zukunftsfähige Arbeitsmodelle entsteht.

Vielleicht sollte sich jedoch die Wissenschaft auch experimentierfreudiger zeigen und transdisziplinäre Forschungsvorhaben forcieren, die Gestaltungsansätze in die Praxis umsetzen und am konkreten Beispiel die Vor- und Nachteile für die jeweiligen Akteure erkunden. Das Projektvorhaben KoprA repräsentiert vor diesem Hintergrund einen viel versprechenden Ansatz für weiterführende Forschung. Die nächste Konferenz darf mit Spannung erwartet werden.

« »

## Nanotechnology in Science, Economy, and Society

Marburg, 13.-15. Januar 2005

**Tagungsbericht von Norbert Jungmichel und Wolfgang Nethöfel, Institut für Wirtschafts- und Sozialethik (IWS), Universität Marburg**

In einer einzigartigen Konstellation kamen in Marburg Chemiker, Physiker, Mediziner, Pharmazeuten, Materialwissenschaftler, Ingenieure, Wirtschaftswissenschaftler, Innovationsforscher, Philosophen, Theologen, Medienwissenschaftler und Unternehmensvertreter zusammen, um miteinander über Nanotechnologie ins Gespräch zu kommen. Die 67 Teilnehmer diskutierten Potenzial und Grenzen der Nanotechnologie aus verschiedenen Blickwinkeln. Darüber hinaus wur-

den Ansätze begleitender Technikfolgenabschätzung im Hinblick auf Nanotechnologie erörtert. Die Tagung wurde durch die VolkswagenStiftung finanziert und vom Institut für Wirtschafts- und Sozialethik (IWS) organisiert.

## 1 Dialog als Tagungskonzept

Ziel der Konferenz war die dialogische Erschließung der Nanotechnologie und der von ihr induzierten Innovationsprozesse. Sprach- und Kommunikationsprobleme der einzelnen Fachdisziplinen sollten aufgebrochen werden, um Impulse für eine in ihre sozialen Zusammenhänge eingebetteten, in jeder Hinsicht ‚besseren‘ Nanotechnologie bzw. -forschung zu geben.

Es waren vier Sessions mit thematischem Schwerpunktdialog und jeweils einem Hauptvortrag eines Nanowissenschaftlers vorgesehen. Anschließend sorgten ‚Opponenten‘ dafür, die Diskussion durch kritische Fragen anzuregen und zu fokussieren. Der Austausch wurde in thematischen Workshops vertieft. Dieses Konzept verwickelte alle Disziplinen in intensive Diskurse. Es zeigte sich im einzelnen, dass 1) beim Thema Nanotechnologie hoher Gesprächsbedarf besteht, 2) jede der teilnehmenden Disziplinen Impulse geben konnte, 3) keine Einzeldisziplin die anderen inhaltlich oder argumentativ dominierte und 4) die Konferenz nicht durch Fachsprachen der Einzeldisziplinen bestimmt war.

Beiträge anderer Disziplinen wurden konstruktiv aufgegriffen und weitergeführt. Natur- und Geisteswissenschaftler redeten nicht aneinander vorbei, sondern *miteinander!* Viele Teilnehmer waren dankbar, sogar begeistert von diesem Austausch. Sehr engagiert wurde der Wunsch nach einer Fortsetzung und Intensivierung der Zusammenarbeit geäußert.

Das kulturelle Spektrum der Teilnehmer aus fünf Kontinenten sorgte darüber hinaus für einen Dialog zwischen (Forschungs-)Kulturen. Kontextuell geprägte Ausgangsbedingungen der Forschung kamen ebenso zur Sprache wie kulturelle Eigenheiten im Umgang mit Technologie/Innovationen. Das Tagungskonzept wies schließlich auch jungen Wissenschaftlern eine aktive Rolle zu, indem sie die Konferenz kritisch reflektierten. Die Bandbreite und faire Gewichtung der Disziplinen, die stringente Konzeption und sorgfältige ‚Inszenierung‘ der

Kommunikationssituation waren entscheidend für den Erfolg der Konferenz.

## 2 Vielschichtigkeit der Nanotechnologie

Zu Beginn stellten *Ron Sanderson* (Stellenbosch University/Südafrika) und *Avi Domb* (Hebrew University Jerusalem) Anwendungsmöglichkeiten der Nanotechnologie in Chemie und Medizin vor: von der Chipelektronik bis hin zu Medikamenten, die ihren Einsatzort im Körper suchen (targeting).

Bei der Interpretation der Nanotechnologie unterscheiden sich evolutionäre und revolutionäre Konzeptionen deutlich. Während erstere eine kontinuierliche und schrittweise Fortentwicklung der Technologie diagnostizieren und prognostizieren, gehen revolutionäre Konzepte von Entwicklungssprüngen und disruptiven Erscheinungen in Bezug auf etablierte Technologien, Anwendungen und gesellschaftliche Kontexte aus. Je nach Ausprägung der Konzeptionen ändern sich Perspektiven und Risikoeinschätzung der Nanotechnologie.

*Alfred Nordmann* (TU Darmstadt) sprach sich in seinem Vortrag für die Pluralität von Nanotechnologien aus. Statt globaler Visionen und leerer Konvergenzvorstellungen, die sich lediglich auf die Einbettung in ein gemeinsames Medium beziehen (i. e. molekulare Strukturen), beinhaltet das Konzept der pluralen Konvergenz sich gegenseitig befähigender Technologien/Disziplinen die anwendungsorientierte Zusammenarbeit für konkrete Problemlösungen. Lokale Gegebenheiten finden hierbei ebenso Berücksichtigung wie der öffentliche Dialog. Erst diese Form der Konvergenz entspreche der Vision von „Converging Technologies for European Knowledge Societies“ (CTEKS). [siehe hierzu auch den Tagungsbericht in TA-TuP Nr. 3/2004, S. 118-125]

Übereinstimmend wurde von den Teilnehmern die Bedeutung fächerübergreifender Forschung unterstrichen. Zwar verdeutliche allein schon ein Überblick über die Forschungsliteratur die Multidisziplinarität in der Nanoforschung, doch arbeiten die Disziplinen bislang nur nebeneinander, so *Joachim Schummer* (Universität Karlsruhe). Die Multidisziplinarität müsse in den Forschungsalltag einfließen und institutionalisiert werden. Inter-

disziplinäre Bausteine in der Ausbildung (von Studierenden und Lehrenden) und fachübergreifende Projekte seien notwendig.

Geisteswissenschaften spielen eine Schlüsselrolle für die Zukunft der Nanotechnologie. Nach Ansicht der Nanowissenschaftler selbst stärkt die Interaktion zwischen Sozial- und Naturwissenschaftlern die Effizienz und Qualität der Forschung. *Joachim Wendorff und Andreas Greiner*, Chemiker der Universität Marburg, veranschaulichten die Fülle möglicher medizinischer Anwendungen und wiesen gleichzeitig auf die Notwendigkeit des Austauschs mit Sozialwissenschaftlern für den Umsetzungsprozess hin. *Burghard Bock* (Universität Marburg) zeigte auf, wie Theologie normative Voraussetzungen der Nanoforschung und zugrunde liegende Menschenbilder aufdecken und somit die Entscheidungsbasis im Wissenschaftsdiskurs erhellen kann. Die Teilnehmer sahen vor allem für die anwendungsorientierte Forschung einen besonders hohen Bedarf an funktionierenden Kooperationen zwischen Natur- und Sozialwissenschaften.

### 3 Entwicklungspotenziale

Aufgrund ihrer vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten wird die Nanotechnologie zahlreiche Industriebranchen durchdringen, z. T. sogar revolutionieren. Die Ausschöpfung des Potenzials hängt von der öffentlichen Thematisierung der Kosten und Nutzen ab. Eine ungleichmäßige Kosten-Nutzen-Verteilung macht Nanotechnologie zum angstbesetzten Thema. *Nick Pidgeon* (University of East Anglia, Großbritannien) forderte deshalb den frühzeitigen Dialog mit der Öffentlichkeit. Der Nanotechnologie-Report der Royal Society verdeutliche die bislang geringe Aufmerksamkeit in der Bevölkerung und damit verbundene Wissensdefizite. Dennoch gebe es vielfach Hoffnungen *und* Bedenken über langfristige Auswirkungen. Die systematische Analyse von Unsicherheiten und die Beratung mit der Öffentlichkeit seien daher konsequent miteinander zu verknüpfen. Der Dialog stille Informationsbedürfnisse, schaffe Vertrauen in die Technologie und verbessere die Entscheidungsgrundlage im Entwicklungsprozess. Wer die Öffentlichkeit repräsentiere und wie mit hypothetischen Annahmen zu Auswirkungen und

Anwendungen umzugehen sei, seien jedoch schwierige Fragen.

Eine interessante Form der Kommunikation zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit stellte *Christa Sommerer* von der Kunsthochschule Linz vor. Mit ihrer Installation „Nano-Scape“ macht sie die Nanowelt für Besucher auf verschiedene Weise zugänglich. Um die Chancen der Nanotechnologie tatsächlich zu nutzen, so die immer wieder geäußerte Erkenntnis in Diskussionsbeiträgen, reiche die bloße Anhäufung von (interdisziplinärem) Wissen nicht aus. Erst die Ausbildung von Kompetenzen wie Kommunikationsfähigkeit mit anderen Disziplinen bzw. mit der Öffentlichkeit oder mehrperspektivische Problembearbeitung befähige Forscher zum besseren Umgang mit den komplexen Wirkzusammenhängen der Technologie.

### 4 Grenzen der Nanotechnologie

Der Vortrag von *Ayusman Sen* (Pennsylvania State University) befasste sich mit einem spannenden Grenzgebiet der Nanoforschung: seine Forschungsgruppe entwickelte eine Methode, mit der Nanoteilchen in selbständige Bewegung versetzt werden können. Diese ‚Nanomotoren‘ bedürfen keiner externen Energiefelder zur Stimulation. Mögliche Anwendungsgebiete liegen in der Sensorik und im Transfer von Molekülen und Nanopartikeln. Ist das schon eine Konstruktion mit den kleinsten Bauteilen der Materie?

Im Mittelpunkt der Diskussion über die Grenzen der Nanotechnologie standen jedoch die konkreten Risiken: 1) durch nicht-intendierte Folgen, wie z. B. Toxizität in Laboren oder bei der Entsorgung von Nanoprodukten (life-cycle issues) und 2) durch intendierten Missbrauch von Nanotechnologie, v. a. im militärischen Bereich. Entscheidend dabei ist die Ausgestaltung der institutionellen Rahmenordnung. Schon allein aufgrund öffentlicher Finanzierung stellt sich die Frage nach der öffentlichen Kontrolle der (Nano-)Forschung. Doch herrscht bei Innovationsprozessen das Dilemma, dass Regulierungen meist erst ex-post installiert werden. Zu starke Kontrolle und Regulation im Vorfeld hingegen führt zur Hemmung von Innovation. Die große Schwierigkeit besteht darin, die tatsächlichen Risiken zu identifizieren, diese in der Rahmenordnung umzusetzen und schließlich

das Zusammenspiel von Innovation und Regulierung optimal auszuloten.

Ein weiterer kritischer Punkt ist die Verbindung von Forschung und Anwendung. *Jens Frøstlev Christensen* (Copenhagen Business School) veranschaulichte, wie die Marktfähigkeit von Nanoprodukten vom Interaktionsprozess zwischen Forschung und soziotechnischer Produktgestaltung abhängt. Diese beiden Elemente müssten sich aufeinander beziehen, d. h. die Interaktion muss stets in beide Richtungen verlaufen. Hierzu sei der Aufbau von Netzwerken zwischen Nanoforschern, Nutzern, verbrauchernahen Branchen und Herstellern notwendig. Staatliche Innovationssysteme und F&E-Strukturen in Unternehmen seien entsprechend zu gestalten.

Im Workshop wurde u. a. diskutiert, wie Nanotechnologie kontroverse Grenzfragen des komplexen Beziehungsgeflechts zwischen Wissenschaft und Gesellschaft verstärkt. Nanotechnologie stellt mit hoher Eindringlichkeit die Frage nach der sich auflösenden Abgrenzung zwischen menschlich erzeugter Technologie und Natur.

## 5 Nanotechnologie und Begleitende TA

*Morinobu Endo* (Shinshu University, Nagano) stellte Nanoanwendungen vor, an denen in Japan geforscht wird. Aufschlussreiche kulturelle Differenzen im Umgang mit technologischen Entwicklungen wurden sichtbar. Nanotechnologie scheint in Japan auf größeres Interesse und weniger Skepsis als in Europa zu stoßen. Auch die Durchdringung des Lebensalltags durch die neue Technologie vollzieht sich dort offenbar rasanter und tief greifender. Endo prognostizierte einen Anteil der Nanotechnologie an der industriellen Produktion Japans von sechs Prozent in weniger als zehn Jahren.

Die Schnelligkeit der Entwicklungen im Nanobereich und die Vielzahl denkbarer Zukunftsszenarien der Technologie stellen ganz neue Herausforderungen für die Technikfolgenabschätzung (TA) dar. Gleichzeitig bieten die Offenheit und die daraus resultierende Vielgestaltigkeit des Diskurses Chancen: durch frühzeitige Implementierung kann TA, anders als bei früheren Technologien, bereits in der technologischen Entwicklung selbst wirksam werden.

*Armin Grunwald* (ITAS, Forschungszentrum Karlsruhe) beleuchtete die Ambivalenz futuristischer Visionen. Sie können Hoffnungen und Ängste evozieren. Da sowohl die wissenschaftliche als auch die öffentliche/politische Debatte von ihnen beeinflusst würden, sei ein frühzeitiges „Vision Assessment“ notwendig, das in die bestehende TA integriert ist. Die Abschätzung von Visionen stärke die Transparenz, Rationalität und Reflexivität der Debatten um eine neue Technologie. Andererseits bereite sie auf den Fall unerwartet schneller Fortschritte vor.

Für die Rolle der Ethik als konstruktiver Mediator im komplexen Umfeld der Technologie trat *Davis Baird* (University of South Carolina) ein. Da Nanotechnologie mit einer Vielzahl von Kontexten und sozialen Implikationen zu tun habe, müsse diese Diversität auch in ethischen Debatten zum Tragen kommen. Dem US-amerikanischen Programm zur Konvergenz von Nano-, Bio- und Informationstechnologie sowie Kognitionswissenschaften (NBIC) mit dem explizit geäußerten Ziel der „Verbesserung der menschlichen Leistung“ mangle es – trotz der Einladung von Ethikern zur Mitarbeit – an dieser Offenheit. Ethik-Engagement in einem dynamisch-produktiven Austauschprozess Sorge sowohl für angepasste und nahtlose Technologieübergänge als auch für ein besseres Verständnis der Technologie und ihrer Anwendungsmöglichkeiten.

*Arie Rip* (University of Twente) sprach in diesem Zusammenhang von „reflexiver Co-Evolution“ zwischen Naturwissenschaft, Technologie und Gesellschaft. Forschung und Technologieentwicklung müssten mit der Entwicklung sozialer Bedürfnisse einhergehen. Die drei Bereiche könnten sich so gegenseitig Impulse für Innovation geben. Innovationen seien somit eingebettet in soziale Zusammenhänge. Die Teilnehmer waren sich einig, dass TA keine externe, außerhalb der Technologie angesiedelte Rolle spielen soll, sondern einen Teil des Forschungsprozesses an der Seite der Naturwissenschaftler konstituieren. Es gäbe auch keine singuläre TA-Vorgehensweise. Erst die Einbettung von TA in eine Vielzahl von Kontexten liefere tiefergehende Analyseergebnisse. Begleitende TA müsse die Fähigkeit besitzen, für neue und verschiedene Kontexte offen und daraufhin anwendbar zu sein.

## 6 Fazit

Um die Chancen der Nanotechnologie optimal zu nutzen und potentielle Risiken bestmöglich zu erkennen, ist die *frühzeitige* Einbeziehung der Öffentlichkeit in die Forschungs- und Innovationsprozesse unabdingbar. Nanotechnologie ist auf die Akzeptanz in der Gesellschaft schon allein durch die Legitimationsfunktion des Marktes für Nanoprodukte und die damit verbundene Investitionsbereitschaft von Industrie und Staat angewiesen. Die Interaktion zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit verzahnt Forschung und Anwendung: Innovationsprozesse, die Bedürfnisse der Nutzer wirklich identifizieren und die produktrelevanten Akteursgruppen einbeziehen, sind nachhaltig marktfähiger. Der Dialog ist somit Impulsgeber für die Technologieentwicklung, der Forschungs- und Innovationsprozess wird von den Nutzern mitbestimmt.

Aus übereinstimmender Sicht der Teilnehmer leistet die interdisziplinäre Forschung zwischen Natur- und Sozialwissenschaften einen hohen qualitativen Beitrag zur Entwicklung der Technologie. Größte Herausforderung ist die strukturelle Umsetzung. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit kann – bei erfolgreicher Umsetzung – Modellcharakter für Forschungs- und Innovationsprozesse generell annehmen.

Besonderes Interesse galt der Ausbildung von Forschern: sie müssten zum Dialog mit der Öffentlichkeit und fremden Disziplinen befähigt werden. Die Lernprozesse sollten mit den Innovationsprozessen einhergehen und in den fortlaufenden Dialogzusammenhang integriert werden. Jungen Wissenschaftlern komme dabei eine Schlüsselrolle zu. Mehrfach wurde der Austausch mit Business-Schools angeregt.

Es zeigten sich die verbesserten Möglichkeiten prozessorientierter, begleitender TA: sie ist zeitnah, erfasst Dynamiken besser und ermöglicht eine vorgelagerte Abschätzung von Risiken und Folgen (upstream assessment). Die Einbettung in gesellschaftliche Zusammenhänge ist integraler Bestandteil des Innovationsprozesses von Anfang an, d. h. begleitende TA wirkt auf den Innovationsprozess selbst zurück. Auf der Tagung stach die zunehmende Bedeutung einer Prozessorientierung bei Nano-TA darin hervor, dass viel stärker über Modulierung von Prozessen und fortlaufende Innovationsschleifen

gesprochen wurde als über Grenzwerte, Verbote oder reine Technologiemodifizierung.

In Regulierungsfragen herrscht in der Nanoforschung ein prä-politischer Zustand. Hier ist die integrale Einbindung der Aspekte, die sonst durch staatliche Regulierungen abgedeckt wären, in den Forschungs- und Innovationsprozess selbst ein viel versprechender Ansatz. Eine weitere Herausforderung ist die Interkontextualität von Rahmenordnungen, etwa hinsichtlich kulturabhängiger Einstellungen zu Technik oder Institutionalisierungsformen des Dialogs mit der Öffentlichkeit.

Für die NanoGruppe in Marburg, bestehend aus Sozial- und Naturwissenschaftlern, war die Tagung ein wichtiger Impuls für die Weiterentwicklung ihres Konzepts forschungsintegrierter TA („Integral Innovation“). Die Ergebnisse und Erfahrungen sollen nun in konkrete Projekte umgesetzt werden. Nach der sehr guten Resonanz unter den Teilnehmern und in der Presse (FAZ 18.01.05) ist eine Fortsetzung des Tagungsdialogs geplant.

*Für weitere Informationen siehe <http://www.nano-marburg.net>*

« »