

NANO(BIO)TECHNOLOGIE IM ÖFFENTLICHEN DISKURS

herausgegeben von
Roger J. Busch

Institut
Technik-Theologie-Naturwissenschaften
an der LMU München



Herbert Utz Verlag · München

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek:
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation
in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten
sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH · 2008

ISBN 978-3-8316-0847-8

Printed in Germany

Herbert Utz Verlag GmbH, München
089-277791-00 · www.utzverlag.de

INHALT

<i>Roger J. Busch</i> NANO(BIO)TECHNOLOGIE IM ÖFFENTLICHEN DISKURS	7
<i>Anton Lerf</i> NANO-BIO-TECHNOLOGIE. EINE REVOLUTION? – ANSICHTEN EINES CHEMIKERS	20
<i>Irene Brüske-Hohlfeld</i> NANOBIOTECHNOLOGIE AUS MEDIZINISCHER SICHT	43
<i>Jürgen Altmann</i> MILITÄRISCHE NUTZUNG DER NANOTECHNIK – GEFAHREN, VORBEUGENDE BEGRENZUNGEN UND INTERNATIONALE SICHERHEIT	48
<i>Michael Bruch</i> MÖGLICHKEITEN UND RISIKEN DER NANOTECHNOLOGIEN	60
<i>Gerhard Schmid</i> NANOTECHNOLOGIE UND QUALITÄTSSICHERUNG	66
<i>Michael Steinfeldt</i> NANO(BIO)TECHNOLOGIE IM INTERDISZIPLINÄREN DISKURS – ERKENNTNISSE AUS DER PROSPEKTIVEN TECHNIKBEWERTUNG VON NANOTECHNOLOGIEN UND ANSÄTZE ZU DEREN GESTALTUNG	72
<i>Antje Heuer</i> ÜBERFLÜSSIG ODER ÜBERFÄLLIG? DIE RISIKOREGULIERUNG AUF DEM GEBIET DER NANOPARTIKEL	93
<i>Arianna Ferrari</i> ÜBER LEITBILDER DER NANOBIOTECHNOLOGIEN UND SCHWIERIGKEITEN DER RISIKOBEWERTUNG	107
<i>Andreas Woyke</i> KONKRETE RISIKEN DER NANOTECHNOLOGIE IM GRÖßEREN KONTEXT – WISSENSCHAFTSGESCHICHTLICHE, WISSENSCHAFTSPHILOSOPHISCHE UND ETHISCHE PERSPEKTIVEN	140
<i>Julia Inthorn</i> KOMMUNIKATION UNTER UNSICHERHEIT – ETHISCHE ASPEKTE DER RISIKOKOMMUNIKATION IM BEREICH NANOTECHNOLOGIE	166
<i>Lorenz Kampschulte</i> NANO-KOMMUNIKATION – STRATEGIEN ZUR FÖRDERUNG EINER REALISTISCHEN ÖFFENTLICHEN WAHRNEHMUNG DER NANOTECHNOLOGIE	179

Silke Domasch, Michael Zschiesche

ZWISCHEN WISSENSCHAFTSKOMMUNIKATION UND MEINUNGSBILD
ÜBERLEGUNGEN ZUR VERBRAUCHERKONFERENZ: NANOTECHNOLOGIE ····· 192

Katharina Zöller

NANOTECHNOLOGIEN IN MEDIZIN UND GESUNDHEITSWESEN – CHANCEN
UND RISIKEN IM DISKURS MIT JUNGEN ERWACHSENEN (JUGENDFOREN
NANOMEDIZIN) ····· 210

Jacquelyne Luce

QUESTIONS OF SCALE: SITUATING BIO IN SCIENTISTS' NARRATIVES
OF NANOSCIENCE AND NANOTECHNOLOGY ····· 233

Joachim Scholderer

STEHT UNS EINE GESELLSCHAFTLICHE STIGMATISIERUNG DER
NANOTECHNOLOGIE BEVOR? LEHREN AUS DER BIOTECHNOLOGIEDEBATTE ···· 248

NANO(BIO)TECHNOLOGIE IM ÖFFENTLICHEN DISKURS

Roger J. Busch

1 ZUM PROBLEMFELD

»Die Assekuranz ist besorgt«, konstatierte die Swiss Re in ihrer Studie zur Risikowahrnehmung, die sie 2004 unter dem Titel »Nanotechnologie: Kleine Teile – große Zukunft?« veröffentlichte. (Swiss Re 2004) Ausdrücklich hob der Schweizer Versicherungskonzern hervor, dass diese Besorgnis keine Folge neuer Schadensszenarien ist, deren Kalkulation zum Alltagsgeschäft jeder Versicherung gehört. Das spezifische Problem der Nanotechnologie identifiziert die Studie vielmehr in der *prinzipiellen Unabschätzbarkeit möglicher Schadenspotenziale*, womit diese Technologie zur risikotechnischen Kategorie der »revolutionären Entwicklung« (i.U. zur Kategorie evolutionärer Entwicklungen) zu rechnen sei.¹ Zu diesem Ergebnis kommt die Swiss Re interessanterweise nicht erst aufgrund der Selbstorganisationsprozesse von Molekülen auf der Nano-Ebene, die ihrer Ansicht nach »noch immer in die Science-Fiction-Welt gehören« (Ebd., 8), sondern im Hinblick auf Produkte, die bereits kommerziell erhältlich sind oder in naher Zukunft (bis 2020) im Markt eingeführt sein werden. In ihrer Studie zur Risikoperzeption konzentriert sich die Expertenstudie deshalb vor allem auf das Gebiet der Nanopartikelherstellung und Materialentwicklung, die sie im Hinblick auf die potenziellen Auswirkungen für Mensch und Umwelt beschreibt. Doch um deren Potenziale insbesondere im medizinischen Bereich realistischerweise auch ausschöpfen zu können, bedarf es einer toxikologischen Langzeitforschung (Montague 2004; Royal Society & The Royal Academy Of Engineering 2004), deren (spätere) Ergebnisse freilich immer der Fortschrittsdynamik nanotechnologischer Forschung hinterherhinken werden. In dieser Situation einer Ungleichzeitigkeit von Risikokalkül und anwendungsorientierter Technologieentwicklung wird der Erfolg dieser Forschung deshalb entscheidend von der *Kultur der Risikokommunikation* abhängen: »Sicher ist, dass die Nanotechnologie über kurz oder lang *zum Public Issue wird*. Spätestens seit die

1 »Es ist zu befürchten, dass die Nanotechnologie zur Kategorie der revolutionären Risiken mit ursächlich nachweisbarer Schadenfolge gehören wird. Dabei sind die potenziellen Schäden in Bezug auf ihre Größe und Raum/Zeit vermutlich nicht oder nur äußerst schwer abschätzbar. Risiko- und versicherungstechnisch wirklich neu ist die Nanotechnologie also wegen der Unvorhersehbarkeit der Risiken sowie wegen der Latenz von möglichen Serien- und Kumul-Schäden, die ursächlich durch die neuen Eigenschaften und damit durch das unterschiedliche Verhalten von nanotechnologisch hergestellten Produkten entstehen.« (Swiss Re 2004, 40).

NANO-BIO-TECHNOLOGIE. EINE REVOLUTION? – ANSICHTEN EINES CHEMIKERS

Anton Lerf

Seit etwa 10 Jahren haben viele etablierte Wissensgebiete das Präfix »nano« bekommen; so liest man: »Nanotechnologie«, »Nanobiotechnologie«, »Nanomaterialien«, »Nanoteilchen«, »Nanoelektronik«, »Nanoröhren« (im durch Anglizismen dominierten Fachjargon heißen sie »nanotubes) usw. »Nano« abgeleitet vom griechischen Wort »νανος« für Zwerg, wird seit langem gebraucht als Ergänzung z.B. der Zeiteinheit »Sekunde« (Nanosekunde: 10^{-9} s) oder der Längeneinheit »Meter« und bezeichnet dann als »Nanometer« den Größenbereich 10^{-9} m. Die inflationäre Benutzung des Präfix »Nano« spielt darauf an, dass der Größenbereich der »supramolekularen« Einheiten in den Fokus praktisch aller naturwissenschaftlichen Wissensgebiete gerückt ist. In den Tageszeitungen oder populärwissenschaftlichen Darstellungen der »neuen« Forschungsgebiete geht es nur um die spektakulären Anwendungsmöglichkeiten, mit denen unser ganzer Alltag »umgekrempt« werden soll. Die Visionäre der »Nanotechnologie« versprechen, dass diese neue »Dimension« der Technik alle derzeitigen Probleme lösen helfen werde: Überwindung von Krankheit und Tod (das ist im Grund der alte Traum der Alchemisten), Beseitigung von Hunger und Armut, Lösung aller Umwelt- und Ressourcenprobleme (Drexler 1992; Drexler und Peterson 1991; NSTC/CT-Report 1999). Nefiodow bezeichnet die Nanotechnologie als die Basistechnologie des 21. Jahrhunderts, die den nächsten Kondratieffzyklus einleiten soll (Nefiodow 1997). Schulenburg behandelt jedoch die hohen Erwartungen an diese Technologie in seinem Buch »Die letzte industrielle Revolution« mit einem ironischen Unterton (Schulenburg 1995).

Der Begriff »Nanotechnologie« wurde erstmals von Norio Taniguchi im Jahre 1974 geprägt, in den 80er Jahren von Drexler übernommen und mit entsprechenden Visionen aufgeladen. Er kann wohl als der konsequenteste Initiator und Förderer des »Nanohype« gelten. Die wissenschaftliche Grundlage für diese Visionen beruht im Wesentlichen auf drei Forschungslinien, die sich in den 80er Jahren etabliert haben.

– Man hatte damals gelernt, mittels einer Kombination von Lithographie, chemischen Ätzverfahren, Dotierungs- und Oxidationsschritten Transistoren¹ auf einem Siliziumeinkristall zu erzeugen. Diese Technik ermöglichte es, die Bauelemente moderner Elektronik kontinuierlich zu verkleinern und viele davon auf einem einzigen Si-

¹ Transistoren sind einfach ausgedrückt die miniaturisierten Festkörperanaloga der früheren Diodenröhren.

NANOBIOTECHNOLOGIE AUS MEDIZINISCHER SICHT

Irene Brüske-Hohlfeld

HINTERGRUND

Experten erwarten durch den Einsatz von Nanotechnologie im Gesundheitsbereich große Fortschritte in Diagnostik und Therapie. So soll es möglich werden, Menschen auf der Grundlage bekannter genetischer Prädispositionen zu überwachen, Krankheiten zu diagnostizieren, bevor Symptome auftreten, Medikamente gezielt zu verabreichen und nichtinvasive bildgebende Diagnostik einzusetzen.

Epidemiologische Untersuchungen zur Luftverschmutzung in den letzten Jahren haben gezeigt, dass an Tagen mit erhöhter Partikelbelastung der Luft die Mortalität in der Bevölkerung ansteigt, und zwar sowohl durch respiratorische als auch durch kardiovaskuläre Erkrankungen. Die partikuläre Luftverschmutzung in der Umwelt stammt zwar im Wesentlichen aus dem KfZ-Verkehr und Hausbrand (sowie aus der weiträumigen Verfrachtung von Partikeln aus Kohlekraftwerken und Industrieanlagen), und nicht aus der Nanotechnologie. In ihrer Größenverteilung sind diese bei der Verbrennung entstehenden Teilchen aber durchaus technisch produzierten Nanopartikeln vergleichbar.

Bei der Risikoabschätzung der Nanotechnologie geht es darum, mögliche negative Folgen der Anwendung von Nanomaterialien oder -verfahren für Mensch und Umwelt zu erkennen. Hierfür sind Daten zur Toxizität der Materialien, geeignete Messtechniken und Daten zur Exposition von Mensch und Umwelt erforderlich. Diese Daten zu gewinnen ist keine einfache Aufgabe, denn im Labor produzierte Nanopartikel sind neue Produkte, die so in der Umwelt nicht vorkommen. Das vorhandene Wissen aus toxikologischen und umwelt-epidemiologischen Studien sollte daher zur Risikoabschätzung solange ersatzweise herangezogen werden bis ein vergleichbares Wissen aus dem Bereich der Nanotechnologie vorliegt.

Im Folgenden Überblick werden toxikologische und epidemiologische Forschungsergebnisse schwerpunktmäßig dargestellt. Darauf folgt eine kurze Darstellung möglicher Einsatzgebiete der Nanomedizin.

MILITÄRISCHE NUTZUNG DER NANOTECHNIK – GEFAHREN, VORBEUGENDE BEGRENZUNGEN UND INTERNATIONALE SICHERHEIT

Jürgen Altmann

Neue Militärtechnik hat schon immer den Ausgang von Kriegen und damit auch die internationale politische Entwicklung beeinflusst. Die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts war entscheidend durch die Atombomben geprägt, auch wenn der große Atomkrieg vermieden werden konnte, und Wissenschaft wurde zu einem Hauptmittel der Kriegsvorbereitung. Heute wird von der Revolution in militärischen Angelegenheiten gesprochen, die v.a. durch Computer und Vernetzung ermöglicht wird. Viele sehen die nächste technologische Revolution in der Nanotechnik. Welche Auswirkungen wird sie auf die internationale Lage, vor allem die Frage von Krieg oder Frieden haben?

Dieses Kapitel behandelt – nach einem Blick auf die Forschung zu ethischen und gesellschaftlichen Aspekten von Nanotechnik – zunächst die Besonderheiten bei der Militärtechnikfolgenabschätzung und erläutert internationale Sicherheit und Rüstungskontrolle. Dann werden militärische Forschung und Entwicklung in Nanotechnik und mögliche militärische Anwendungen dargestellt. Nach einer Diskussion über vorbeugende Begrenzungen wird die Frage gestellt, ob die Gefahren der neuen Techniken mit dem herkömmlichen internationalen System in den Griff zu bekommen sind.¹

FORSCHUNG ZU ETHISCHEN, RECHTLICHEN, GESELLSCHAFTLICHEN ASPEKTEN DER NANOTECHNIK

Nanotechnik kann große Vorteile bringen, aber auch schwere Gefahren. Mögliche Risiken oder ethische Probleme können sich ergeben in Hinsicht auf Gesundheit und Umwelt, Arbeitsplatzabbau, Gerechtigkeit, Privatsphäre, genetische Manipulationen, Veränderungen am menschlichen Körper. Solche Themen werden in der Forschung zu ethischen, rechtlichen, gesellschaftlichen Aspekten der Nanotechnik bearbeitet, die von staatlichen und überstaatlichen Einrichtungen ausdrücklich gefördert wird.

¹ Details finden sich in J. Altmann, *Nanotechnology and Preventive Arms Control*, Forschung DSF No. 3, Osnabrück: Deutsche Stiftung Friedensforschung, 2005 (<http://www.bundesstiftung-friedensforschung.de/pdf-docs/berichtaltmann.pdf>); J. Altmann, *Military Nanotechnology: Potential Applications and Preventive Arms Control*, Abingdon/New York: Routledge, 2006. Dies sind die Ergebnisse eines Projekts, das 2001–2003 durch die Deutsche Stiftung Friedensforschung gefördert wurde.

NANOTECHNOLOGIE UND QUALITÄTSSICHERUNG

Gerhard Schmid

VORBEMERKUNG

Wesentliches Merkmal der Nanotechnologie ist die industrielle Produktion von Gebrauchsgütern. Hier sind vor allem im Nanomaßstab die Grundsubstrate zu nennen, die in der Summe ein Endprodukt ergeben können: beispielsweise Nanopartikel.

Während die Qualitätssicherung bei der Herstellung von herkömmlichen Produkten unter Normalbetrieb läuft, liegt die Schwierigkeit nicht in der Produktion von Nanomaterialien – das ist mittlerweile Stand der Technik –, sondern in der Dimension.

Deshalb wird es zur Herausforderung, zunächst mit gleichbleibender Qualität zu produzieren, diesen Standard anschließend zu gewährleisten und in der Produktion Kontrollmechanismen einzusetzen, welche die Qualität sicherstellen.

Die wesentlichen Fragen lauten: Wie kann Qualitätssicherung im Nanomaßstab funktionieren? Welche Verfahrensweisen und Methoden sind anzuwenden? Kann man auf bekannte Verfahren der Qualitätssicherung zurückgreifen oder muss man für diese neue, revolutionäre Technologie auch eine neue Methodik zur Qualitätssicherung entwickeln?

Neben den methodischen Ansätzen, die auf gleichbleibende Qualität abzielen, stehen natürlich auch Unternehmenswerte im Vordergrund: sichere Produkte und der gute Ruf der Herstellerfirma beispielsweise.

Die Assekuranz hat ein Interesse daran, dass auf der Grundlage einer sicheren und zuverlässigen Produktion mithilfe der Qualitätssicherung alle Nanoprodukte mit dem höchstmöglich erreichbaren Zuverlässigkeitskoeffizienten in den Wirtschaftskreislauf eingebracht werden – auch im Sinne des Risikomanagements, der Schadenvermeidung und Schadenreduzierung, der Verbraucher, der Anwender von Nanoprodukten und der Sach- und Vermögenswerte.

Darüber hinaus ist durch die Qualitätssicherung die Nachhaltigkeit von Nanoprodukten im gesamten Produktlebenszyklus zu berücksichtigen.

HAFTUNG FÜR NANOPRODUKTE

Die Haftung für Nanoprodukte leitet sich aus § 823 Abs. 1 und Abs. 2 BGB ab.

NANO(BIO)TECHNOLOGIE IM INTERDISZIPLINÄREN DISKURS – ERKENNTNISSE AUS DER PROSPEKTIVEN TECHNIKBEWERTUNG VON NANOTECHNOLOGIEN UND ANSÄTZE ZU DEREN GESTALTUNG

Michael Steinfeldt

Von der Nanotechnologie als einer der zukünftigen Schlüsseltechnologien werden zahlreiche innovative Entwicklungen in den verschiedensten technologischen Bereichen und Anwendungsfeldern erwartet. Bei derartig weitreichenden Veränderungen sind ohne Zweifel auch starke Rückwirkungen auf Gesellschaft und Umwelt zu erwarten. Dabei dürften nicht nur die gewünschten und beabsichtigten Effekte auftreten, wie Innovationen in Form von Verbesserungen von Produkten, Prozessen und Materialien, Wirtschaftswachstum, qualifizierte Arbeitsplätze, Umweltentlastung und weitere Schritte in Richtung nachhaltigeres Wirtschaften, sondern auch unerwartete und unerwünschte Neben- und Folgewirkungen.

Es kann eigentlich kaum verwundern, dass das revolutionäre technologische Potenzial der Nanotechnologien zu auch z.T. extremen Bewertungen führt. Da gibt es z. B. auf der einen Seite eine radikale grüne Vision (radical green vision), bei der die Nanotechnologien zur Überwindung jeglicher Umweltbelastungen beitragen und auf der anderen Seite die radikale Schreckensvision (grey goo), derzufolge alles Leben auf dieser Erde vernichtet wird durch wildgewordene nanobots (vgl. Joy 2000; etc group 2002). Hinter diesen extrem typisierten Diskussionssträngen liegen letztlich völlig berechnete gesellschaftliche Kontroversen über die Entwicklungsrichtungen, über die Chancen und Risiken, die mit der Entfaltung der hohen technologischen Potenziale im nanoskaligen Bereich verbunden sind. Ein Großteil der Kontroverse dreht sich dabei um die ökologischen, ökonomischen und sozialen Konsequenzen nanotechnologischer Entwicklungen und Visionen. Insofern sind rechtzeitige gesellschaftliche Verständigungen und Diskurse und möglichst frühzeitige und weitreichende Informationen zu Innovations- und Technikfolgen angebracht, ja geradezu notwendig.

Im jetzigen – immer noch frühen – Stadium der Technologieentwicklung stellt sich natürlich die Frage, was man über Technikfolgen jetzt schon wissen kann. Chancen und Risiken sind schließlich einerseits geprägt von den technischen Möglichkeiten und andererseits vom spezifischen Anwendungskontext. Zum jetzigen Zeitpunkt fehlen zu beiden Elementen, insbesondere aber zum letzteren, wesentliche Erkenntnisse. Für Erkenntnisse über die Wirkungen von Stoffen, Technologien, Prozessen und

ÜBERFLÜSSIG ODER ÜBERFÄLLIG? DIE RISIKOREGULIERUNG AUF DEM GEBIET DER NANOPARTIKEL

Antje Heuer

1 PROBLEMSTELLUNG

Die Öffentlichkeit hat die Nanotechnologie bislang positiv aufgenommen, vermutlich eine »Harmonie auf Zeit«, denn positive und – ungewollt – negative Effekte liegen bei dieser Technologie dicht nebeneinander. Die Versicherungswirtschaft (Swiss Re, Allianz), die kanadische Umweltorganisation ETC-Group, die Royal Society, die Royal Academy in Großbritannien und der deutsche VDI haben hierzu Gutachten erstellt. Alle Gutachten stimmen insoweit überein, dass auf Grund der möglichen Risiken und offenen Fragen eine »wait-and-see«- Haltung nicht akzeptabel ist. Erste Regulierungsversuche werden diskutiert.

Doch was verstehen wir unter »Nanotechnologie«? Eine im Wissenschaftsbereich allgemein akzeptierte Definition des Gebietes fehlt. Um nicht die Übersicht zu verlieren, wird in dieser Arbeit nur das Gefahrenpotential der Nanopartikel betrachtet. Doch auch Nanopartikel stellen keine homogene Stoffgruppe dar. Es handelt sich um physikalisch und strukturell sehr unterschiedliche Stoffe. Ihre chemische Zusammensetzung und ihr Potenzial für chemische und biochemische Reaktionen ist sehr unterschiedlich. Deswegen müssen jeweils die für einen *bestimmten* Nanostoff in einer *konkreten Anwendung* spezifischen Sachverhalte der Diskussion über Chancen und Risiken zu Grunde gelegt werden.

Nanopartikel sind Teilchen unterhalb von 100 Nanometern Durchmesser. Die wichtigsten im Einsatz befindlichen Nanopartikel sind: Carbon Black, Metalloxide wie Siliziumdioxid, Titandioxid, Aluminiumdioxid, Zinkoxid und Eisenoxid, Halbleiter wie Cadmium-Tellurit und Gallium-Arsenid und Metalle wie Gold und Silber. Während immer mehr Produkte, auch Konsumartikel auf der Basis von Nanopartikeln auf den Markt kommen, ist immer noch unklar, wie sich Nanopartikel in der Umwelt verhalten, welche Wirkungen sie haben etc.

Rechtfertigt *Nicht-Wissen* eine abwartende Haltung?

Eine Antwort auf den Umgang mit *Nicht-Wissen* ist das Zauberwort *Risikoregulierung*. Dieser Artikel möchte einen Ein- und Überblick in und über die derzeitigen Risikoregulierungskonzepte in Deutschland und Europa geben.

ÜBER LEITBILDER DER NANBIOTECHNOLOGIEN UND SCHWIERIGKEITEN DER RISIKOBEWERTUNG

Arianna Ferrari

Große Hoffnungen richten sich auf den neuen Bereich der Nanobiotechnologien, der wegen des Miniaturisierungsbeitrags der Nanotechnologien als eine Erweiterung und Potenzierung der Anwendungen der Biotechnologien dargestellt wird. Der Begriff »Nanobiotechnologie« wurde 2000 im Rahmen der amerikanischen *National Nanotechnology Initiative* (NNI) formuliert (vgl. Vogel und Baird 2003) und beschreibt die Forschung in Richtung der Überbrückung zwischen der organischen und der anorganischen Welt. Sie zielt darauf ab, einerseits mit neuen Untersuchungsmethoden fundamentale Einheiten der lebendigen Organismen zu verstehen und andererseits neue technologische Komponenten in diese Organismen einzuführen und zu integrieren (VDI 2002). Da das primäre Ziel dieser neuen Forschung in der technologischen Nutzung von Funktions- und Strukturwissen besteht, wird richtigerweise von »Nanobiotechnologie« und nicht von »Nanobiologie« gesprochen – auch wenn sich die entsprechende Forschung zum großen Teil noch im Grundlagenbereich befindet.

Die heutige Debatte um Nanotechnologien und insbesondere um Nanobiotechnologien ist zum größten Teil vom Thema »Risiken« geprägt: die Neuheit dieser Technologien zusammen mit dem noch zum Teil ungeklärten Potenzial der kleinen Dimension eröffnet gleichzeitig »spannende« und »furchtbare« Möglichkeiten. Deshalb ist die Meinung verbreitet, dass in dem sensiblen Bereich des Nanobio, der mit Leben und Menschen zu tun hat, mit besonderer Vorsicht vorgegangen werden soll. Darüber hinaus stellen die Nanobiotechnologien auch eine neue Bühne für Politiker und Unternehmer dar, die sich darin einig sind, dass hier der »Fehler« wie bei gentechnisch veränderten Organismen (GVO) zu vermeiden sei, d. h. dass auch negative Entwicklungsmöglichkeiten dieser Technologien zu thematisieren seien und dass die Öffentlichkeit mit den Institutionen in einen Dialog über diese Risiken involviert werden solle (vgl. Kearnes und Grove-White und Wilsdon und Wynne 2006).

Ausgangspunkt dieses Papers ist die Idee, dass eine Auseinandersetzung mit dem Potenzial der Anwendungen der Nanobiotechnologien auf den menschlichen Körper und auf die Natur nicht von einer Untersuchung der Ideen und der Werte absehen kann, an welchen sich diese Anwendungen orientieren. Toxikologische Studien sowie die Entwicklung neuer Testmethoden sind sicherlich wichtig und sollten gefördert werden, aber die neuen Risiken der Nanobiotechnologien scheinen zum großen Teil schwer abschätzbar und vorhersehbar. Dies ist der Fall, weil die Quelle der Unsicherheit nicht nur im

KONKRETE RISIKEN DER NANOTECHNOLOGIE IM GRÖßEREN KONTEXT – WISSENSCHAFTSGESCHICHTLICHE, WISSENSCHAFTSPHILOSOPHISCHE UND ETHISCHE PERSPEKTIVEN

Andreas Woyke

Das Forschungs- und Anwendungsfeld der Nanotechnologie erweist sich bei näherer Betrachtung als außerordentlich vielfältig und diffus. In medialen und öffentlichkeitswirksamen Präsentationen wird sie vor allem zur »Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts« stilisiert und mit grundlegenden Innovationen und einer Veränderung letztlich aller Lebensbereiche in nicht allzu ferner Zukunft verknüpft. Dabei gerät nicht nur die genuine Pluralität nanotechnologischer Forschung aus dem Blick, man begegnet auch einer bedenklichen Vermischung zwischen seriösen wissenschaftlichen Perspektiven und überzogenen Visionen. Im Sinne einer Ausdifferenzierung des Forschungsfeldes und einer stärkeren Akzentuierung realistischer Zugangsweisen soll es im Folgenden um eine Auseinandersetzung mit konkreten Risiken der Nanotechnologie im größeren Kontext gehen. Den Ausgangspunkt sollen jeweils simplifizierende Argumentationsmuster bilden, denen man im gesellschaftlichen Diskurs über Chancen und Risiken der Nanotechnologie häufig begegnen kann:

1. Wie neu ist die Nanotechnologie?: Einerseits wird die Nanotechnologie mit dem Nimbus universeller Novität verknüpft und mit Szenarien einer neuen industriellen Revolution verbunden.¹ Andererseits wird gerade auch von wissenschaftlicher Seite her betont, dass sie als eine neue und effiziente Art einer »Nachahmung der Natur« verstanden werden kann und insofern eigentlich »eine ganz alte Sache« ist.² Um zu un-

1 Die Bandbreite dieser Stilisierung reicht von relativ sachlichen Hinweisen auf ein großes Innovationspotential der Nanotechnologie, wie sie sich etwa in den Informationsmaterialien des deutschen BMBF finden, bis zur Rede von einer durchgreifenden nanotechnologischen Revolution bei Drexler und dem Entwurf eines neuen »Goldenen Zeitalters« bei Roco und Bainbridge. Auch der Nanoforscher Uwe Hartmann bringt eine recht optimistische Einschätzung hinsichtlich der zukünftigen Bedeutung der Nanotechnologie zum Ausdruck: »Die Nanotechnologie wird einen industriellen Umbruch stimulieren, der weit in die Zukunft greift und gleichzeitig viele Bereiche der Gesellschaft, wie Technik, Kommunikationsverhalten, Ökologie, Gesundheit sowie globale Vernetzungen und Abhängigkeiten, umfasst.« (U. Hartmann (2006), 119). Auch in politischer Sicht scheint festzustehen, wie groß das Veränderungspotential der Nanotechnologie ist; exemplarisch sei eine Äußerung des Hessischen Wirtschaftsministers Alois Riehl zitiert: »In kaum einer anderen Querschnittstechnologie sind die Chancen größer, Ideen und wissenschaftliche Erkenntnisse schnell in erfolgreiche Produkte zu überführen als in den Nanotechnologien. Sie werden zu den entscheidenden Innovationstechnologien zur Sicherung unseres Wohlstandes gehören.« (A. Riehl (2007), 23).

2 Cf. z. B.: »The fastest road to a workable nanotechnology is to start with a nanotechnology that already works – biology. Some researchers have gone beyond trying to mimic Mother Nature and

KOMMUNIKATION UNTER UNSICHERHEIT – ETHISCHE ASPEKTE DER RISIKOKOMMUNIKATION IM BEREICH NANOTECHNOLOGIE

Julia Inthorn

Auf den ersten Blick scheint die Kombination aus Nanotechnologie und Ethik die Struktur eines altbekannten Schauplatzes von Auseinandersetzungen anzunehmen: eine neue und in den Folgen und Risiken schwer einzuschätzende Technologie auf der einen Seite, auf der anderen Seite die Ethik, die zum Schutz der Betroffenen die Technologie einschränken will. Die Fronten scheinen klar, durch wachsame Begleitung der Ethik sollen die allzu wilden Auswüchse der Technik im Sinne der Technikfolgenabschätzung beschränkt werden. Damit diese Beschränkung nicht durch eine von Angst und Hysterie durchzogene gesellschaftliche Debatte sondern vielmehr durch vermeintlich nüchternere Argumente zustande kommt, sind alle Seiten um einen frühzeitigen Dialog um die Sache bemüht. Legt man verschiedene Publikationen zu Nanotechnologie nebeneinander, lassen sich, je nach Interessenlage, Unterstützung der einen oder anderen Seite erkennen. Im Vergleich der Texte verschwimmen dann aber auf einmal die auf den ersten Blick so eindeutig erscheinenden Grenzen zwischen beiden Seiten. Es scheint mehrdeutig zu sein, was Nanotechnologie eigentlich ist und auch, an welcher Stelle die Ethik in einem solchen Dialog gefragt sein kann: ob die Gestaltung der Kommunikation über Nanotechnologie oder eher die Abschätzung von Risiken das zentrale Thema dabei ist.

Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit den ethischen Implikationen der Risikokommunikation zur Nanotechnologie und vollzieht folgende Schritte: Zunächst wird eine Analyse der begrifflichen und normativen Voraussetzungen der unterschiedlichen bestehenden Diskurse über Nanotechnologie und deren Risiken anhand einzelner exemplarischer Stellungnahmen von Unternehmen, Wissenschaftlern und politischen Gremien geleistet. Hierbei zeigt sich, dass die Art, wie Nanotechnologie in den Texten thematisiert wird, von starken, normativen Vorannahmen geleitet ist. Insbesondere die Setzungen, die mit den jeweiligen Definitionen von Nanotechnologie vorgenommen werden, implizieren Vorentscheidungen hinsichtlich einer angestrebten gesamtgesellschaftlichen Debatte. Aufbauend auf der Analyse werden die Vorstellung von Risiko und verschiedene Ansätze des Umgangs mit Risiko näher betrachtet. Hieran schließen sich Überlegungen zu einer möglichen Verhältnisbestimmung von Ethik, Kommunikation und Risiko im Diskurs über Nanotechnologie an.

NANO-KOMMUNIKATION – STRATEGIEN ZUR FÖRDERUNG EINER REALISTISCHEN ÖFFENTLICHEN WAHRNEHMUNG DER NANOTECHNOLOGIE

Lorenz Kampschulte

DAS WISSEN DER BEVÖLKERUNG

Eine im August 2006 von Hart Research Associates im Auftrag des Woodrow Wilson International Center for Scholars durchgeführte USA-weite Telefonumfrage zur Bekanntheit der Nanotechnologie (Hart 2006a) hat erstaunliche Tatsachen enthüllt: Von 1014 befragten erwachsenen Amerikanern haben 42 % noch nie etwas von Nanotechnologie gehört. 27 % geben an immerhin davon gehört zu haben, 20 % haben einiges gehört und 10 % haben viel vom Thema Nanotechnologie mitbekommen. Bezeichnenderweise erreicht die Nanotechnik eine höhere Bekanntheit bei jüngeren Männern (in der Studie die Altersgruppe 18–49 Jahre) und steigt mit zunehmendem Bildungsstand und Einkommen an. Eine weitere, kürzlich von der University of Wisconsin veröffentlichte Studie (Castellini et al. 2006) (deren Umfragezeitraum etwas früher liegt) zeigt noch frappierendere Ergebnisse: Von 495 befragten Personen im Alter zwischen 7–91 Jahre konnten 59 % mit dem Begriff Nanotechnik überhaupt nichts anfangen (Umfrageorte: zwei öffentlichen Schulen, ein Science-Museum für Kinder und ein Shoppingcenter in Wisconsin). Von den verbleibenden 41 % konnten wiederum nur 42 % den Begriff richtig definieren, wobei in einer als richtig gewerteten Antwort lediglich die Schlagworte »eine Art Technologie« und »kleine Größe« enthalten sein mussten. Noch drastischer gestaltet sich die Situation in Großbritannien: In einer Umfrage zu der von Prinz Charles angeregten Studie der Royal Society über Nanotechnologie wurde die Frage »Haben Sie schon einmal von Nanotechnik gehört?« nur von 29 % der 1005 befragten Briten mit »ja« beantwortet (Royal Society 2004: 59).

Diese Ergebnisse spiegeln sich auch in der Risikostudie der Swiss Re »Nanotechnologie: Kleine Teile – grosse Zukunft?« (Hett et al. 2004) wieder. So findet sich beispielsweise auf Seite 44 die Aussage »Was die Nanotechnik eigentlich darstellt [...] ist dem Laien zurzeit oftmals noch unklar«. Generell dürfte die Bekanntheit der Nanotechnik in Europa und speziell in Deutschland tendenziell etwas höher liegen als in der britischen bzw. den amerikanischen Studie(n), nicht zuletzt durch die intensive Berichterstattung der Medien, als im März/April 2006 mehrere Vergiftungsfälle nach der

ZWISCHEN WISSENSCHAFTSKOMMUNIKATION
UND MEINUNGSBILD
ÜBERLEGUNGEN ZUR VERBRAUCHERKONFERENZ:
NANOTECHNOLOGIE

Silke Domasch, Michael Zschiesche

Die Diskussion über Nanotechnologie ist in der Öffentlichkeit angekommen. Unzählige Artikel in Zeitschriften, Wochen- und Tageszeitungen sowie zahlreiche Dialogveranstaltungen zeugen nicht nur vom zunehmenden Interesse der Medien an diesem Thema, sondern zugleich von der Notwendigkeit der Information und Aufklärung über eine Technik, die oft als eine Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts bezeichnet wird. Dabei schwanken Nanotechnologien – wie andere Technikfelder auch – zwischen Chancen und Risiken, die technische Neuerungen mit sich bringen: Auf der einen Seite werden zum Beispiel die wirtschaftlichen oder die potenziellen Umweltentlastungseffekte betont, auf der anderen Seite werden mögliche Gesundheits- und Umweltprobleme benannt.

Parallel zu der aktuellen Diskussion über Perspektiven und Folgen ergeben sich immer neue Anwendungsmöglichkeiten: Eine Vielzahl von Produkten befindet sich bereits auf dem Markt, bei deren Herstellung Nanomaterialien eingesetzt werden; weitere befinden sich in der Test- bzw. Zulassungsphase. Die Palette reicht von Sonnenschutz- oder Anti-Falten-Cremes über schmutzabweisende Textilien bis hin zu Nahrungsmittelergänzungstoffen und Lebensmittelverpackungen. Das Wissen über bzw. die Einschätzung von Nanotechnologien ist in weiten Bevölkerungskreisen dabei allerdings unterschiedlich. Auch gibt es bisher nur wenige Untersuchungen zur Wahrnehmung und Bewertung der Chancen und Risiken der Nanotechnologien durch die Öffentlichkeit bzw. Verbraucher (komm.passion 2004; Wiedemann und Schütz 2005; Grobe et al. 2005; publifocus 2006; Scholl 2007).¹

An dieser Stelle setzte ein Projekt des Bundesinstitutes für Risikobewertung (BfR) an: die »Verbraucherkonferenz: Nanotechnologie«. Das BfR ist die wissenschaftliche Einrichtung in der Bundesrepublik, die Gutachten und Stellungnahmen zu Fragen der

1 Die Studien folgen ganz unterschiedlichem Design: komm.passion legt 2004 eine erste repräsentative Umfrage vor; Wiedemann und Schütz führen eine experimentelle Studie durch; Grobe et al. untersuchen die Medienresonanz des Themas in den Jahren 2001 bis 2005; TA-Swiss bedienen sich der Methode des publifocus; Scholl liefert einen sehr guten internationalen Überblick über bisherige Studien zum Thema Nanotechnologien und Verbraucher (bis zum Jahr 2006); dort auch weitere Literatur.

NANOTECHNOLOGIEN IN MEDIZIN UND GESUNDHEITSWESEN – CHANCEN UND RISIKEN IM DISKURS MIT JUNGEN ERWACHSENEN (JUGENDFOREN NANOMEDIZIN)

Katharina Zöllner

In Wissenschaft und Wirtschaft werden mit den Nanotechnologien große Erwartungen verknüpft. Dies gilt insbesondere für Anwendungsbereiche in Medizin und Gesundheitswesen: Heilung bisher unheilbarer Krankheiten, keine Abstoßungsreaktionen beim Ersatz kranker Organe und Gelenke, Gesundheit bis ins hohe Alter; all dies verbunden mit hohen Gewinnerwartungen der die neue Technologie nutzenden Unternehmen. 50 Mio. Euro hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) von 2000 bis 2006 allein im Bereich Nanomedizin in Fördermaßnahmen investiert – die Forschungsinvestitionen der Wirtschaft werden noch weitaus höher geschätzt. Der Weltmarkt nur für nanotechnologische Diagnostik betrug 2005 bereits 40 Mrd. US\$.

Von Laien werden die möglicherweise bahnbrechenden Veränderungen für Individuum und Gesellschaft noch wenig wahrgenommen. Zwar finden sich gelegentlich Presseartikel in populärwissenschaftlichen Zeitschriften, auf Wissenschaftsseiten der gehobenen Tagespresse oder im Fernsehen. Dennoch hat fast die Hälfte der Bevölkerung noch nie etwas von Nanotechnologien gehört; nur 15 Prozent können genauer spezifizieren, was Nanotechnologien sind (komm.passion 2004, ähnlich Macoubrie 2005 und Scheufele 2005, zit. in Wiedemann/Schütz 2005). Eine breite Diskussion über die zukünftige Entwicklung der Technologie sowie deren Chancen und Risiken findet nicht statt, obwohl viele ethische, soziale und rechtliche Fragen aufgeworfen werden.

Bisher wird der Nanotech-Diskurs überwiegend von einem kleinen Expertenkreis geführt; gemäß einer Zielsetzung des Bundesforschungsministeriums (BMBF): »Gesellschaftliche Anforderungen berücksichtigen, Technikfolgen abschätzen und den intensiven Dialog mit der Öffentlichkeit führen« sollen zukünftig auch vermehrt Laien einbezogen werden. Dieses Diskursprojekt will einen Beitrag dazu leisten, dass eine gut informierte Teil-Öffentlichkeit die Entwicklung mitgestalten kann.

QUESTIONS OF SCALE: SITUATING BIO IN SCIENTISTS' NARRATIVES OF NANOSCIENCE AND NANOTECHNOLOGY

Jacquelyne Luce

INTRODUCTION

In a special issue of *Medical Anthropology* devoted to exploring jurisdictions of authority and expertise in science and medicine anthropologist Linda Hogle states that one of the aims of the volume is to:

»question the distinctions between the domains of medicine, technology and science, politics and religion which medical anthropologists [have] often taken for granted. We do this by showing how forms and flows of knowledge redefine the expert and the lay person, the public and the private« (2005: 231).

Following anthropological practices in the study of science as culture (see especially Franklin 1995; Lock et al. 2000), this paper addresses concepts of expertise and authority in the emerging fields of nanosciences and nanotechnologies and the oft cited distinction between science and society. Like the studies presented in Hogle (2005), I am interested in the ways in which categorical definitions of expertise and the sites/sights of anthropological research are defined, reified and transformed by the very permeable borders of human interaction and engagement.

As a cultural and medical anthropologist concerned with the emergence of new scientific practices, knowledge, and technologies, within the fields associated with nanosciences and nanotechnologies one of my particular interests is the co-constitution and co-experience of technological and embodied knowledge. I'm interested in the ways in which knowledge and technologies are mediated in everyday life; whether that everyday life involves work in a clinic or laboratory, work as an administrator or member of an ethics committee, or movement through public space. Within the context of a collaborative research project on converging technologies, I interviewed nine scientists (six of whom are currently involved in research and five of whom work in relation to nanoscience) in Germany about their work. While the definitions of converging technologies vary (see Roco and Bainbridge 2002; Nordmann 2004; Giorgi and Luce 2007), the scientists whose interviews I draw on below were all conducting research »at the nanoscale« from different disciplinary starting points and varying (converging) objectives. My interest in nanoscience and nanotechnology is located within a

STEHT UNS EINE GESELLSCHAFTLICHE STIGMATISIERUNG
DER NANOTECHNOLOGIE BEVOR?
LEHREN AUS DER BIOTECHNOLOGIEDEBATTE

Joachim Scholderer

Die Konvergenz von Nano- und Biotechnologie wird vielerorts als nächste industrielle Revolution angesehen. Global betrachtet wachsen öffentliche Investitionen in die Nanotechnologie gegenwärtig mit ca. 10 % pro Jahr (Volumen 2006: US\$ 6.4 Mrd.), während private Investitionen sogar mit ca. 20 % wachsen (Volumen 2006: US\$ 5.3 Mrd.). Die Vereinigten Staaten, China, Japan, Deutschland und Südkorea liegen dabei vorne (Lux Research, 2007). Bei solchen Investitionsvolumina wundert es nicht, dass viele Akteure ein ausgeprägtes Interesse daran zeigen, die Evolution der neuen Querschnittstechnologie vor unerwünschten Disputen um ihre gesellschaftliche Akzeptierbarkeit zu schützen.

Als Analogie wird dabei in der Regel auf die Biotechnologie verwiesen (siehe Sandler & Kay, 2006), die in den 90er Jahren zunächst einen ähnlichen Hype durchlief, dann aber von der öffentlichen Auseinandersetzung um die Grüne Gentechnik in eine tiefe Krise gestürzt wurde (Scholderer, 2005). Die meisten der bisher initiierten Diskursprojekte zur Nanotechnologie wurden im Auftrag der für die Forschungsförderung zuständigen öffentlichen Administrationen auf nationaler und europäischer Ebene durchgeführt (ein ausführliches Review findet sich bei Bowman & Hodge, 2007). Danaben zeigen insbesondere Versicherer bereits seit längerer Zeit ein hohes Problembewusstsein (z.B. Munich Re 2002; Swiss Re 2004; sowie der von Allianz und OECD gemeinsam veröffentlichte Sachstandsbericht von Lauterwasser, 2005).

Im vorliegenden Beitrag soll versucht werden, das Krisenpotenzial auszuloten, dem die Nanotechnologie ausgesetzt ist. Zunächst werden die bisher durchgeführten Studien zur öffentlichen Wahrnehmung und Akzeptanz der Nanotechnologie diskutiert. Da so gut wie alle dieser Studien eher deskriptiv angelegt waren und keine expliziten Vergleiche mit der öffentlichen Wahrnehmung der Biotechnologie vornahmen, wird im darauf folgenden Abschnitt eine Re-analyse einer für die EU-15 Staaten repräsentativen Befragung vorgenommen. Die politische Dynamik von Technologiedebatten kann durch einfache Befragungen allerdings nicht ausreichend abgeschätzt werden. Daher wird im vorletzten Abschnitt die historische Entwicklung des Konflikts um die Grüne Gentechnik nachgezeichnet. Im letzten Abschnitt werden die zentralen Schlussfolgerungen präsentiert.

DIE AUTORINNEN UND AUTOREN

Dr. Jürgen Altmann

Physiker, Lehrstuhl für Exp. Physik II, Universität Dortmund

Dr. Michael Bruch

Risikomanagement, Allianz AZT Risk & Technology, München

Dr. Irene Brüske-Holfeld

Arbeitsmedizinerin, Institut für Epidemiologie, GSF Neuherberg

Dr. Roger J. Busch

Theologe, Geschäftsführer des Instituts TTN, München

Dr. Silke Domasch

Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Berlin-Brandenburgische
Akademie der Wissenschaften, Berlin

Dr. Arianna Ferrari

Philosophin, TU Darmstadt, Institut für Philosophie

Antje Heuer

Patentanwältin, Max-Planck-Institut, München

Dr. Julia Inthorn

Philosophin/Mathematikerin, Wiss. MA am Institut
für Ethik und Recht in der Medizin, Uni Wien

Dr. Lorenz Kampschulte

Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Deutsches Museum –
Zentrum für Neue Technologien, München

Prof. Dr. Anton Lerf

Chemiker, derzeit wissensch. Mitarbeiter am Walther-Meißner-Institut, Garching

Dr. Jacqueline Luce
Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Kulturwissenschaften,
Zeppelin-Universität Friedrichshafen

Dr. Gerhard Schmid
Ressortleiter, Münchner Rückversicherungen, München

Prof. Dr. Joachim Scholderer
Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre,
Schwerpunkt Marketing und Statistik, MAPP, Uni Aarhus/Dänemark

Dip.-Ing. Michael Steinfeldt
Verfahrenstechniker, Uni Bremen, Fachbereich Produktionstechnik

Dr. Andreas Woyke
Chemiker und Philosoph, Institut für Philosophie, TU Darmstadt

Dr. Katharina Zöllner
Leiterin der MPS München (Münchner Projektgruppe für Sozialforschung)

TTN-AKZENTE

Band 18:

Roger J. Busch, Gernot Prütz (Hrsg.): Biotechnologie in gesellschaftlicher Deutung
2008 • 376 Seiten • ISBN 978-3-8316-0747-1

Band 17:

Roger J. Busch, Peter Kunzmann: Leben mit und von Tieren
Ethisches Bewertungsmodell zur Tierhaltung in der Landwirtschaft
2., überarbeitete und erweiterte Auflage
2006 • 100 Seiten • ISBN 978-3-8316-0558-3

Band 16:

Anja Haniel (Hrsg.): Tierorgane für den Menschen?
Dokumentation eines Bürgerforums zur Xenotransplantation
2002 • 102 Seiten • ISBN 978-3-89675-016-7

Band 15:

Thies Boysen, Marius Strecker (Hrsg.):
Der Wert der sozialen Arbeit. Qualitätsmanagement in Non-Profit-Organisationen
2002 • 96 Seiten • ISBN 978-3-89675-015-0

Band 14: Roger J. Busch:

Grüne Gentechnik: Ein Bewertungsmodell
2002 • 144 Seiten • ISBN 978-3-89675-866-8

Band 13: Roger J. Busch, Martin Paretzke (Hrsg.):

Castor und Endlager. Annäherungen an ein umstrittenes Thema
1999 • 154 Seiten • ISBN 978-3-89675-013-6

Band 12:

Ewald Stübinger, Anja Haniel (Hrsg.):
Technikgenese – zwischen Steuerung und Evolution
1999 • 83 Seiten • ISBN 978-3-89675-012-9

Band 11:

Anja Haniel (Hrsg.): Novel Food, Dokumentation eines
Bürgerforums zu Gentechnik und Lebensmitteln
1998 • 175 Seiten • ISBN 978-3-89675-011-2

Band 10:

Nikolaus Knoepffler (Hrsg.): Am Ursprung des Lebens
1998 • 176 Seiten • ISBN 978-3-89675-010-5

Band 7:

Ernst-Ludwig Winnacker, Trutz Rendtorff, Hermann Hepp,
Peter Hans Hofschneider, Wilhelm Korff:
Gentechnik: Eingriffe am Menschen – Ein Eskalationsmodell zur ethischen Bewer-
tung; mit einer englischen Übersetzung. 4., vollständig überarbeitete Auflage
2002 • 124 Seiten • ISBN 978-3-89675-977-1

Erhältlich im Buchhandel oder direkt beim Verlag:

Herbert Utz Verlag GmbH, München
089-277791-00 • info@utzverlag.de

Gesamtverzeichnis: www.utzverlag.de