

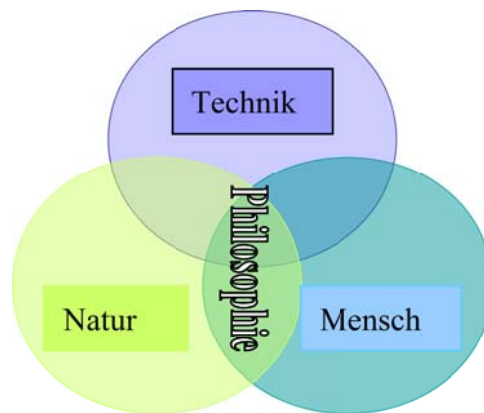
Fachhochschule Düsseldorf
Fachbereich 06: Sozial- und Kulturwissenschaften
SS 2010

Seminar: Natur – Objekt oder Partner?

Dozent: Prof. Dr. Rainer Rotermundt

Thema der Hausarbeit:

„Nanotechnologie“



Verfasserin: Daniela Meisel

Matr.-Nr.. 527235

Email: dmeisel@mail.com

Inhaltsverzeichnis

Gliederung	Seite
1. Einleitung	2
2. Zum Technikbegriff	3
3. Technikphilosophie oder Philosophie der Technik	5
4. Naturwissenschaftliche Theoriebildung	7
5. Naturphilosophie und Philosophie der Technik	8
6. Die Entwicklung der Nanotechnologie	10
7. Werkzeuge der Nanotechnologie	10
8. Beispiele für Anwendungen	
8.1. Der Lotusblüteneffekt	12
8.2. Nanopartikel	12
8.3. Nano-Roboter auf DNA-Spuren	13
8.4. Selbstorganisation	14
9. Dimension und Bedeutung der Nanotechnologie	14
10. Wirtschaft und Fördermittel	15
11. Nanotechnik als Schlüsseltechnologischer Innovation	16
12. Philosophie der Techno-Wissenschaft	17
13. Nanovisionen	20
14. Fazit	21
15. Literaturverzeichnis	25

1. Einleitung

Nanotechnologie ist durch das Zusammenwachsen von Physik, Chemie, Biologie und den Ingenieurwissenschaften in der Nanometerdimension entstanden. Die Erwartungen, die an das technische Operieren in dieser bis vor kurzem unzugänglichen Welt gestellt werden, sind immens. Nanotechnologie soll direkt oder indirekt, neuartige Material- und Oberflächeneigenschaften bereitstellen, eine neue Stufe der Mikroelektronik ermöglichen, im Gesundheitsbereich zu revolutionären Fortschritten führen, neue Wege einer Synthetischen Biologie eröffnen und auch Körper und Geist des Menschen technisch "verbessern" helfen. Nanotechnologie wird als Schlüsseltechnologie des noch jungen Jahrhunderts gefeiert und von manchen als Grundlage einer neuen Industriellen Revolution angesehen. Aufgrund der erkennbaren Tragweite der Nanotechnologie für die gesellschaftliche Entwicklung der nächsten Jahrzehnte, hat sie das Interesse der Philosophie und der Technikfolgenabschätzung geweckt. (Philosophische Fakultät der Universität Karlsruhe, 2005)

Die vorliegende Hausarbeit beschäftigt sich mit der Erarbeitung der Begrifflichkeiten Technik, Philosophie und Wissenschaft sowie dem Bezug zu Natur und Mensch bzw. Gesellschaft. Betrachtet werden zunächst die Grundlagen der Nanotechnologie bzw. –technik und beispielhaft kurz dargestellt. Ihre wirtschaftliche Bedeutung, auch in Bezug auf die weltweite Förderung und die Techno-Wissenschaft wird ausgearbeitet. Es wird die Frage gestellt, ob es sich um eine Schlüsseltechnologie handelt und deren Bedeutung für die gesellschaftliche Entwicklung betrachtet und zukünftige Visionen vorgestellt. Die vorliegende Arbeit soll einen Zusammenhang zwischen Nanotechnologie, Mensch, Natur und Gesellschaft herstellen.

2. Zum Technikbegriff

Das Wort Technik aus dem indogermanischen Sprachstamm bedeutet „flechten“, bzw. „das Holzwerk eines Hauses zusammenfügen“. (Pokorny, 1959, S. 1058). Im Griechischen, techné, werden ebenfalls die Zimmermannsarbeiten darin mit zusammengefasst wie: flechten, verbinden, behauen; also Tätigkeiten die die Bearbeitung von Holz, Stein oder Bast beziehen. Dieser Begriff wird immer mehr erweitert, so dass er zum Sammelbegriff

für das Können oder Kunstfertigkeit in allen handwerklichen und „schönen“ Künsten wird. Dieses Können ist als Einheit gemeint von subjektiven Fertigkeiten und sachgemäßen, durch Erfahrung gewonnen Wissen. Die Ursprünge des Wortes liegen in der Zeit der beginnenden Sesshaftigkeit des Menschen. Der Normade benutzt Artefakte um den ihn umgebenden Lebensraum möglichst gut für sich zu nutzen. Der Sesshafte benutzt Artefakte um einen beliebigen Ort zu seinem Lebensraum zu gestalten. Die Technik der Sesshaften zielt auf die Homogenisierung des Raumes als Lebensraum ab. Vergleicht man das Erscheinungsbild modernen Städte, so gleichen sie sich beispielsweise immer stärker, (z.B. Geldautomaten, Fast Food Restaurants, Shopping Malls). (Fischer, 2004, S. 11f)

Aus der Fähigkeit Artefakte zu nutzen um den Lebensraum zu gestalten, entstanden Berufsstände, deren sich wiederholenden Tätigkeitsabläufe lernbar und in Methoden ausgedrückt werden konnten. So konnten sie von Generation zu Generation weitergegeben und verbessert werden. Die Tätigkeit wird komplexer und in Teilschritte zerlegbar, die die Kooperation von verschiedenen Individuen möglich und notwendig macht. Diese Zerlegbarkeit der Arbeit in Teilschritte führt zur Vergesellschaftung und wird später sogar an Maschinensysteme abgegeben. Technik ist also auch ein Ausdruck dafür, die Teilung von Arbeit voranzutreiben. Das der Begriff *techné* sich gerade auf die Arbeit des Zimmermanns, also der Baukunst bezieht, ist nicht weiter verwunderlich, da dort schon von jeher mit großer Genauigkeit und Messkunst sowie der Mathematik gearbeitet wurde. Dies wurde schon von Platon wertgeschätzt und gab ihm Anlass zu philosophischem Denken. (Platon, *Philebos* 56, Werke, Bd II.3. zit. in Fischer, 2004, S. 14)

Techné bedeutet auch, Können aus Fertigkeiten und Wissen zu generieren, Erkenntnisse zu nutzen und weiter zugeben. Heute wird der Begriff der Technik meist in Kontext mehrerer Bedeutungen gebraucht:

1. Gesamtheit der Einrichtungen und Verfahren zur Erschließung und zur Nutzung der natürlichen Stoff – und Energieressourcen sowie praktizierte Anwendung der naturwissenschaftlichen Erkenntnisse für die zivilisatorische Befriedigung der Bedürfnisse der Menschen.
2. Gesamtheit der Vorgehensweisen, die auf einen bestimmten Gebiet jeweils üblich sind, also lehrbare Methoden

3. Virtuose, Talent voraussetzende Kunstfertigkeit beim Erzielen einer speziellen Leistung, wie z.B. die eines Musikers oder Sportlers.

Technik im Singular wird auf Produktions-, Güter- oder Realtechniken angewandt, im Plural auf Individual-, Selbst- oder Humantechniken sowie auf Sozial- oder Organisationstechniken oder auch in Intellektualtechniken. (Fischer, 2004, S. 15)

Max Weber (1980 zit. in Fischer, 2004, S. 17) versteht Technik als Inbegriff der Mittel und der Operationen aller menschlichen Handlungen, und zwar unabhängig davon, auf welche Gegenstände sich diese Handlungen beziehen und unabhängig von ihrem Zweck.

Fischer (2004, S. 9) formuliert Technik wie folgt: *Der Mensch hat Technik, aber nicht so wie ein Tier Stoßzähne, Federn oder Flossen hat. Es ist ein empirisches Merkmal, welches seine biologische Art von anderen biologischen Arten unterscheidet: Obwohl der Mensch nicht darin aufgeht, Technik zu haben, ist der Mensch in einer Sonderstellung, indem er Technik hat. Die Technik ist somit eine konstitutive, eine Wesens- und Seinsbestimmung des Menschen. Technik ist ein Monopol des Menschen.* Diese Einsicht liegt letztlich allen technikphilosophischen Ansätzen zugrunde.

3. Technikphilosophie oder Philosophie der Technik

Die Technik in den modernen Gesellschaften beschreibt Schelsky (zit. in Fischer, 2004, S. 167) inhaltlich wie folgt: Mit der Produktion immer neuer technischer Apparaturen und technischer Umwelten, wird auch gleichzeitig immer eine neue Gesellschaft und menschliche Psyche geschaffen. Es wird zugleich die soziale, seelische und geistige Natur des Menschen um geschaffen und neu konstruiert. Die vom Menschen selbst geschaffene Sachgesetzlichkeit begegnet ihm stets als Folge dessen als soziale und seelische Forderung, die gar keine andere Möglichkeit als eine technische offen lässt, da dies die einzige dem Wesen der Sache äquivalente ist (z. B. Probleme bei der Bedienung von Computern). Der Mensch löst sich vom Naturzwang ab, um sich dem von ihm geschaffenen Produktionszwang zu unterwerfen. Dieses vom Produktionszwang dem Menschen vermittelte Verhältnis zu sich selbst, durchzieht alle Lebensbereiche. Alle Geistigen Lebensbereiche wie Religion, Kunst und Philosophie stehen heute in einer Auseinandersetzung mit dem Selbstbezug des Menschen in dieser wissenschaftlichen Zivilisation. (Fischer, 2004, S. 166f)

Eva Jelden schreibt in ihrer Dissertation (1992, S. 245f zit. in Kummer, 2009, S. 167) über die Verbreitung der alle Lebensbereiche (Arbeits-, Wirtschafts-, öffentliche Verwaltungs- und Freizeitwelt) durchziehende Serientechnik. Ihren Ausführungen zufolge führt dies zur Bestimmung von Gegenständen und Handlungen, die auch das Gesellschafts- und Menschenbild umfasst. Die interaktive Konstruktion von Wahrnehmungs- und Handlungsbereichen führt dann zu immer mehr geschlossenen Zirkeln.

Nach Schelsky (zit. in Fischer, 2004, S. 168ff) erfolgt dadurch eine Technisierung der Gesellschaft und des Staates. Sie legitimiert den Staat, mit ihr herrscht man, weil sie funktioniert. Politik erscheint nicht mehr als Herrschaft, sondern nach wissenschaftlich-technisch besten Lösungen im gegebenen Bedingungsrahmen, damit es immer so weiter gehen kann. Auch kann nicht mehr von einer Demokratie die Rede sein, die Regierung wird zu einem verwaltenden Organ mit Entscheidungen nach Sachdienlichkeiten aufgrund von wissenschaftlich-technischen Empfehlungen. Das Volk wird zum Objekt der Staatstechniken durch die Methoden der Meinungsforschung, Informationstechnologie, Propaganda und Publizistik. Politische Willensbildung wird zum Akt wissenschaftlich reduzierbarer und manipulativer Produktion. (Diese Überlegungen werden im Folgenden bei der Betrachtung der Relevanz der Nanotechnologie noch von Bedeutung für die vorliegende Arbeit.) Um sich dieser Wahlstimmenproduktion zu entziehen ist Medienkompetenz notwendig. Durch die in alle Lebensbereiche durchdrungene wissenschaftlich-technische Gestaltung, bleibt Ausbildung funktional und der technisierten, wissenschaftlichen Welt dienlich, die Schwelle zur Bildung kann nur selten erreicht werden. Diese Situationsbeschreibung Schelsky's wird auch von Habermas (2002) bestätigt: Das zweckrationale Handeln bemächtigt sich aller Bereiche des Lebens und lasse andere Rationalitäts- oder Handlungstypen als irrational erscheinen. (Fischer, 2004, S. 168ff) So wird der Mensch auch getestet, klassifiziert und eingeordnet und seine Leistung den technischen Standards gegenüber gestellt. Technik wird als das dynamische Moment der gesellschaftlichen Entwicklung gesehen.

Die Beherrschung der Natur, die Regulierung des Verhältnisses zur Natur nach ökologischen Kriterien, die Erzeugung des steigerbaren Reichtums und emanzipatorische Entwicklungen werden eng im Zusammenhang mit der technischen Entwicklung gesehen.

(Fischer, 2004, S. 228) Die heutige Leistungsgesellschaft verursacht vom Mensch selbst, wird durch den technischen Fortschritt zum Maß für Evolution. (Ebenda, S. 166).

Ein Verständnis für diese Prozeduren ist angebracht, sobald Fragen einer gesellschaftlichen Technisierung durch Anpassungserzwingung an beispielsweise nanotechnologische Fortschritte thematisiert werden. Technik steht nicht für sich selbst, sondern ist immer eingebettet in gesellschaftliche Kommunikations- und Handlungskontexte, so dass egal ob es sich um reine Artefakte oder um Prozeduren handelt, auch immer das gesamte soziotechnische System zu betrachten ist. Schließlich wirft die Nanotechnologie nicht nur Fragen auf der Ebene technischer Artefakte und Verfahren auf, sondern gibt Anlass zu grundlegenden Debatten über die "Zukunft der Natur des Menschen" (Habermas, 2001) und die Zukunft der Unterscheidung zwischen Mensch und Technik, wo Technik als ein Reflexionsbegriff fungiert (Grunwald, 2003 zit. in Irrgang, 2008). Denn, die Philosophie der Technik oder Technikphilosophie betrachtet die Bedeutung der Technik für den Menschen und auch das Verhältnis Technik, Mensch und Umwelt zueinander.

4. Naturwissenschaftliche Theoriebildung

Moderne Naturwissenschaft ist im Ganzen unübersehbar, der einzelne Wissenschaftler sehr stark spezialisiert. Sie ist heterogen und komplex. Daher ist die Frage, ob unser Weltbild noch kohärent oder bereits ungreifbar ist, berechtigt. Naturwissenschaftliche Theoriebildung benötigt ab einer gewissen Verallgemeinerungs- und Abstraktionsstufe metaphysische Vorannahmen, über deren Korrektheit nicht noch einmal empirisch entschieden werden kann, z.B. die Bildung der Naturgesetze. Dabei erfolgt eine Vierteilung in die Fragen der Existenzweise der Referenzgegenstände (epistemologisch), die Frage nach der Referenz (ontologisch), Frage nach der Wortbedeutung (semantisch) und die Frage nach den methodologischen Standards (methodologisch). Die Wissenschaftstheorie ist die methodologische Bewertung der Wissenschaften. Ihre Geltung leitet sich nur auf die Deskription der tatsächlichen Wissenschaften und ihrer fortlaufenden Entwicklung ab. Es folgen daraus keine genuinen Normen. Philosophie ist eine Wissenschaft wie jede andere Erkenntnisleistung des Menschen auch. Moderne Theorien beziehen sich gar nicht mehr auf die reale, objektive Welt, sondern sind Hypothesenkonstrukte nach bewährten Experimenten. (Lyre zit. in Kummer, 2009, S. 33f)

5. Naturphilosophie und Philosophie der Technik

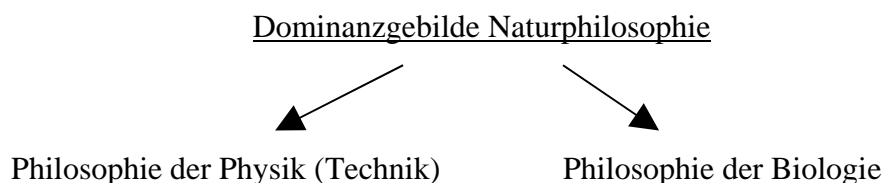
Naturphilosophie betrachtet das Wesen der Natur und versucht ihr Inneres zu erfassen und die Stellung des Menschen zu ihr und in ihr zu beschreiben. (Kummer, 2009)

Philosophie hat die Aufgabe, verschiedene Interpretationen einer Theorie begrifflich genau zu präzisieren, ontologisch auszudeuten und auf ihre globale Stimmigkeit, Kohärenz, Passgenauigkeit und theoretische Ökonomie in Bezug auf den Gesamtbestand wissenschaftlicher Erkenntnis hin abzuklopfen. (Lyre zit. in Kummer, 2009, S. 33)

Typische Fragestellungen sind z.B.: Welches Bild von der Welt zeichnen die Naturwissenschaften, sofern ihre Theorien wahr sind?

1. Belege, der Wissenstand werden empirisch erweitert
2. Neue Vorhersagen und Theorien werden generiert
3. Philosophie reflektiert im nachhinein das von den Wissenschaften durchgeführte Unternehmen

Philosophische Fragestellungen reflektieren die theoretischen Terme der besten und reifsten Theorien. Daher stellt die Philosophie der Technik ein Spezialgebiet der Naturphilosophie dar oder umgekehrt:



(Lyre zit. in Kummer, 2009, S. 29f)

Die Entstehung von neuem, das nicht erklärt werden kann, muss akzeptiert werden. Natur hat die Fähigkeit immer Neues zu produzieren, das kann nur durch evolutionäre Metaphysik erklärt werden. (Mutschler zit. in Kummer, 2009, S. 85). Naturphilosophie der Physik versucht die unbelebte Natur in ihrer Gesamtheit zu deuten und zu erklären,

während die Physik nicht die Natur als „Solche“, sondern die Gesetzmäßigkeiten der Naturvorgänge mittels Experimenten, Beobachtungen und mathematische Theorien untersucht. Die Naturphilosophie erreicht eine höhere Abstraktionsstufe und sucht das „innere Wesen“ und folgt den Bedingungen der Möglichkeit des Natürlichen und ist die Rückführung auf allgemeine Prinzipien. Sie ist nicht dafür geschaffen alle metaphysischen Probleme zu lösen. Diesem eher spekulativen Denken steht die neuzeitliche Naturwissenschaft gegenüber, für die die Natur zum Gegenstand einer zählenden und messenden methodischen Untersuchung wird. An die Stelle der Spekulation treten Beobachtung und Experiment. Naturphilosophie versteht sich deshalb auch als Erweiterung, Zusammenfassung und Interpretation naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und Theorien. Die Schlüsselthemen des 21. Jahrhunderts in der Naturphilosophie sind nach Klaus Mainzer (zit. in Kummer, 2009, S. 109ff) Komplexität und Selbstorganisation der Natur und es erfolgt somit eine Renaissance des antiken, aristotelischen, naturphilosophischen Verständnisses. Komplexe, dynamische Systeme, wie in der Nanoforschung bestehen aus einer großen Anzahl von Elementen, die sich auf sich selbst rückkoppelnd beziehen. Eine Veränderung, zieht andere nach sich, wie z. B. Regentropfen auf einem Blatt plötzlich ablaufen (Lotusblüteneffekt) oder in der Chemie sich autokatalytische Stoffe selber produzieren und bei geeigneten Stoff und – Energieaustausch organische Lebensformen (Metabolismen) herstellen können. Diese zirkulären Kausalitäten können durch nicht lineare Differentialgleichungen beschrieben werden. Kausalitätsgleichungen werden mathematisch modulierbar und damit in Computermodellen berechenbar (Kummer, 2009, S. 109ff). Der Philosophische Aspekt besteht darin, dass die Selbsttätigkeit eigentlich als Wesensmerkmal des Lebens galt. Jetzt wird gezeigt, dass Selbsttätigkeit maschinell möglich ist und technisch erzeugt werden kann. Die menschliche Handlung wird imitiert und führt letztendlich zum Erklärungsmodell des Menschen selbst (Fischer, 2004, S. 90ff).

6. Die Entwicklung der Nanotechnologie

Feynman (1959): *“There is a plenty of room at the bottom*

So arbeitet die Natur: Aus etwas Kleinem (Samenkorn/ Eizelle) wird durch biochemische Vorgänge auf molekularer Ebene etwas Großes (Baum, Säugetier). Der Bauplan dazu, also die komplette Erbinformation, steckt dabei in einem winzigen Zellkern. Das ist das so

genannte Bottom-up-Prinzip. Die technologischen Fertigkeiten des Menschen gehen, wenn er nicht gerade Hochhäuser baut, den umgekehrten Weg. Maßstab des Menschen ist der Makrokosmos, in dem sich letztlich ja auch die nanometergroßen Strukturen nützlich machen sollen. Von hier aus nähert sich der Mensch auch den kleinen Dimensionen. Top-Down – „von oben nach unten“, das ist die klassische Richtung zur Erforschung des Nanokosmos. Feynman hatte seinerzeit die Vision einer Maschine, die eine kleinere baut, die eine kleinere baut, die eine kleinere baut, die eine kleinere... Doch ganz so glatt funktioniert es nicht. Im Bereich des Winzigen gelten andere physikalische Regeln als im Makrokosmos. Den Nanokosmos regieren die Regeln der Quantenmechanik, nach denen man immer damit rechnen muss, dass ein Teilchen sich als Welle gebärdet und eine Welle als Teilchen. (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 2003). Eric Drexler wollte, um das volle Potential der Nanotechnologie auszuschöpfen auf atomarer Ebene gezielt Produkte entstehen lassen. Er entwickelte die Idee Bottom up Idee, als komplettes Gegenteil zu Feynmans Ansatz. Dazu werden kleinste Systeme auf atomarer Ebene gebaut, sog. Assembler, die wiederum stufenweise immer kleinere Systeme (Assembler), idealerweise aus einzelnen Atomen bauen. Theorie und Grundlagenforschung sprechen nicht dagegen, bisher ist jedoch die technische Realisation ist aufgrund immer noch zu grober Werkzeuge nicht gelungen. Sollte es jedoch, nach immensen Forschungs- und Entwicklungsaufwand gelingen, so ist es theoretisch möglich, nahezu identische Kopien, einschließlich des sich selbst replizierenden Assemblers, von jeder Art Materie herzustellen. Welche Gefahr ein sich selbst (nicht mehr kontrollierbar) reproduzierender Roboter darstellen kann, der virenartig über die Erde ausschwärmt, wird ebenfalls von Drexler ausgeführt. (Drexler, 1981 zit. in Beckmann, 2002). Heidegger sah diese Gefahr in der Technik als globale Vernutzung natürlicher Ressourcen. : „Der Mensch ist auf dem Sprunge, sich auf das Ganze der Erde und ihrer Atmosphäre zu stürzen, das verborgene Walten der Natur in der Form von Kräften an sich zu reißen und den Geschichtsgang dem Planen und Ordnen einer Erdregierung zu unterwerfen. Derselbe aufständige Mensch ist außerstande, einfach zu sagen, was *ist*, was dies *ist*, dass ein Ding *ist*. Das ganze Seiende ist Gegenstand eines einzigen Willens zur Eroberung.“ (Heidegger, 2003)

7. Werkzeuge der Nanotechnologie

Feynman war ein Wegbereiter, doch erst die Entwicklung des Rastertunnelmikroskops in den IBM-Laboratorien in der Schweiz zu Beginn der 80er-Jahre schuf die benötigten

Beobachtungsmöglichkeiten, um Manipulationen auf atomarer und molekularer Ebene zu kontrollieren und weitere innovative Forschungen in Gang zu setzen. Dem Deutschen Gerd Binnig und dem Schweizer Heinrich Rohrer gelang es 1981, das erste Instrument zur Feinuntersuchung der Oberflächen von Leitern und Halbleitern zu entwickeln. Ähnlich wie die Nadel eines Plattenspielers tastet die Spitze die Oberfläche ab und liefert ein exaktes Bild des analysierten Gegenstandes. Die neuartige atomare Auflösung wird durch Anwendung des Tunneleffekts erreicht, bei dem Elektronen zwischen der Probe und der Spitze einer Sonde aus feinem Wolframdraht tunneln. Die Auflösung beträgt lateral etwa 0,2 nm und vertikal 0,001 nm. Die Spitze besteht aus nur wenigen Atomen, im Idealfall aus nur einem Atom. Dabei tastet sie ihre Untersuchungsobjekte Atom für Atom ab, daher der Begriff Raster. Die ultrascharfe Spitze wird sehr dicht über die atomaren Berge und Täler einer Oberfläche geführt, wobei Ströme bzw. Kräfte auftreten, deren Größe abhängig ist vom Abstand zwischen Nadel und Objekt. Wichtige Vorarbeiten hatten schon 50 Jahre vorher der deutsche Elektrotechniker Max Knoll und sein Student Ernst Ruska geleistet, die das erste Elektronenmikroskop bauten, das Teilchen sichtbar machte, die kleiner sind als die Wellenlänge des Lichts. Ruska, Binnig und Rohrer erhielten den Nobelpreis für Physik im Jahre 1986. Der Vorstoß in den Nanokosmos war also für eine ganze Reihe von Spitzenforschern überaus einträglich. Inzwischen verfügt die Wissenschaft über eine ganze Reihe von weiteren Instrumenten für die Beobachtung und Manipulation auf atomarer Ebene, die in Folgekonstruktionen erarbeitet wurden. Dazu gehören das Atom-Kraft-Mikroskop, gemäß dem englischen Begriff „atomic force microscope“ als AFM abgekürzt, sowie darauf aufbauende zusätzliche Rastersonden. Das gesamte Spektrum dieser hoch entwickelten Geräte kann nicht nur als Analyseinstrumente, sondern auch als Strukturierungswerkzeuge eingesetzt werden. So kann die Spitze beispielsweise Atome zu winzigen Häufchen zusammenschichten oder auch einzelne Atome absondern. Berühmt geworden ist die Werbung der besonderen Art von Donald M. Eigler und Erhard Schweizer, die im IBM-Labor in Kalifornien 1989 mit der Sonde eines Rastertunnelmikroskops insgesamt 35 Xenon-Atome auf einem Nickelkristall solange brachten, bis der Schriftzug von „IBM“ zu lesen war. (Physikalisches Bundesamt, 21.11.2003)

8. Beispiele für Anwendungen

8.1. Der Lotusblüteneffekt

Industriell gesehen bedeutet die Erforschung des Mikro- und Nanokosmos ein Eldorado lukrativer technischer Lösungen. Eine unübersehbare Zahl technischer Möglichkeiten liegt in der disziplinübergreifenden Technologie der kleinen Dimension. Vor allem im Bereich der Oberflächenbeschichtung sind Effekte aus dem Mikro- und Nanokosmos sehr gefragt. Bereits ein Klassiker der Nanotechnologie ist der so genannte „Lotus-Effekt“, der durch eine spezielle Oberflächenstruktur selbst reinigende Flächen ermöglicht. Das von der Wasserabweisenden Oberfläche ablaufende Wasser reinigt dabei die Fläche, indem es Schmutzpartikel einfach mitnimmt. Vorbild dieser Technik ist die Reinheit der Lotusblume, die durch Mikronoppen Regenwasser nach einem ausgeklügelten Ablaufsystem effektiv zur Reinigung einsetzt und mitsamt dem Schmutz entsorgt. Sanitärausstattungen, Dachziegel, Fenster oder auch Autolacke lassen sich damit verbessern. Zugleich können Reinigungsarbeiten und -chemikalien eingespart werden. (Physikalisches Bundesamt, 21.11.2003)

8.2. Nanopartikel

Ein Nanopartikel ist ein kleines Stückchen Materie, das vielleicht aus ein paar hundert oder weniger Atomen (zumeist einer Sorte) besteht. Chancen und die Schwierigkeiten der Nanopartikel haben einen gemeinsamen Grund: Sie sind äußerst reaktionsfreudig und verbinden sich rasch mit allem, was in der Nähe ist, z. B. mit anderen Nanopartikeln – sie verklumpen rasch und werden als Nanopartikel unbrauchbar. Für diese „Reaktionsfreudigkeit“ sind die bei Nanopartikeln äußerst zahlreichen Oberflächenatome verantwortlich, die ihre Bindungsarme in die Welt strecken. (Selbst bei einem kugeligen Nanopartikel aus hundert Atomen sind davon noch über 50 Atome Oberflächenatome!) Trotz dieser grundsätzlichen Schwierigkeiten bei der Handhabung sind die Nanopartikel auf dem Vormarsch. Allein in der Humanmedizin und der Pharmazie setzt man große Hoffnungen in sie. Mit Nanoverkapselungen ließen sich, etwa zur Bekämpfung von Hirntumoren, „trojanische Pferde“ bauen, die auch die sonst unpassierbare Blut-Hirn-Schranke überwinden können. Wiederum könnten andere Nanopartikel gezielt in ein Tumorgewebe gespritzt werden – die reaktiven Partikel lagerten sich an den Tumor an und könnten ihn punktgenau zerstören. (Physikalisches Bundesamt, 21.11.2003)

8.3. Nano-Roboter auf DNA Spuren aus wenigen Moleküle

Nano-Roboter gibt es seit rund einem Jahrzehnt - es handelt sich dabei um Laufmaschinen in Molekülgröße. Bisher konnte sie nicht programmiert werden. Nun ist es gelungen neben der bloßen Fortbewegung auch elementare Roboteraktionen wie "gehe eine Kurve", "bleib stehen" oder "nehme eine bestimmte Fracht auf" auszuführen. Allerdings wird nicht der Roboter, sondern seine Umwelt nach dem Rasenmäherprinzip programmiert.

Die Nano-Roboter bestehen aus der Erbsubstanz DNA, die an Spinnen erinnern. Ihre Körper bestehen aus einem Protein, an dem vier fadenförmige Beinchen aus DNA hängen, von denen die Spinne drei zum Laufen benutzt. Mit DNA-Molekülen markierten die Forscher auch den Weg. Schnipsel des Erbgutmoleküls ließen sie dazu senkrecht aus einer ebenen Unterlage herausstehen wie winzige Grashalme, die einen kurvigen Rasenweg markieren. Weil Halme und Beine zueinander passen, wie Schlüssel und Schloss, neigen sie dazu, sich miteinander zu verkleben. Damit die Spinne nach vorne, also entlang des Weges, schreitet, sollen die Laufbeine, bestehend aus speziellen DNA-Molekülen, so genannten DNA-Enzymen (DNAzyme), die Halme auf der Unterlage abschneiden, kurz nachdem sie sich mit ihnen verbunden haben. An den abgemähten Halmen bleiben die Beinchen nicht lange haften, sondern suchen sich den nächsten Halm oder, falls dieser schon abgeschnitten ist, den übernächsten. Auf diese Weise mähen sie den vorgezeichneten Weg ab. Eine Kurve wird einfach so programmiert, dass der Weg aus DNA-Halmen Bogenförmig angeordnet wird. Da Forscher mittlerweile recht geübt darin sind, zweidimensionale Blätter, sog. DNA-Origami herzustellen, lässt sich die Form des Weges und der daraus hervorragenden Grashalme genau kontrollieren. Das vierte Beinchen der Maschinchen arbeitet als Ankertau und verhindert unkontrolliertes Losziehen. Es haftet nach dem gleichen Prinzip an, kann sich jedoch nicht von allein lösen. Das Startkommando gab eine DNA-Sequenz, die das Ankertau kappte. Auch Stopp-Signale können so programmiert werden: Bestimmte DNA-Halme am Ende des Weges, die sich von den DNAzymen nicht spalten lassen, bringen den Roboter zum Stehen. Mit Hilfe von rasterkraftmikroskopischen Aufnahmen zu verschiedenen Zeitpunkten können die Bewegung von DNA-Robotern entlang des programmierten Weges verfolgt werden. Viele von ihnen erreichen tatsächlich die Endposition und zwar mit einer Geschwindigkeit von einigen Nanometern (Millionstel Millimeter) pro Minute. Die Verwirklichung der Assemblertheorie nach Eric Drexler ist dadurch wieder ein wenig näher gerückt. (Meier, 14.05.2010)

8.4. Selbstorganisation

Das Phänomen Selbstorganisation ist auf den ersten Blick schwer zu verstehen. Eine Ahnung können vielleicht neuartige Wölbstrukturen aus der Makrowelt vermitteln. Ein Waschmaschinenhersteller wendet dieses Prinzip für die Blechformgebung an. Die Selbstorganisation, die in der Natur seit Tausenden von Jahren bekannt ist, erzeugt regelmäßige, hexagonale Strukturen nach dem Beispiel der Bienenwabe, die auch sehr dünnen Materialien eine hohe mechanische Stabilität und weitere positive Eigenschaften verleihen. Es verformt sich quasi von selbst in die dritte Dimension. Dadurch wird die gesamte Materialdicke geringert (Thema Ressourcen-Knappheit) und trotzdem höchste Schleuderzahlen erreicht. Derartige Vorgänge, die ab einer bestimmten Rahmenbedingung wie von selbst ablaufen, finden auch und gerade auf nanoskaliger Ebene ab. (Dornau & Hörmannsdorfer, 2006)

9. Dimension und Bedeutung der Nanotechnologie

Die Begriffe Nanotechnologie oder Nanotechnik sind nicht so leicht scharf zu fassen. So wird darunter heute alles subsumiert, was noch gar keine Technik, sondern noch Grundlagenforschung über Strukturen zwischen einem und einigen hundert Nanometern ist. Manchmal sind die Nanoobjekte noch so groß, dass sie eigentlich in den Mikrometerbereich gehören – alles eine Frage des Bezugssystems, ob man tausend Nanometer oder ein Mikrometer sagt. Erschwerend kommt noch hinzu, dass einige Dinge aus unserem täglichen Leben sozusagen schon immer „nano“ waren (obwohl das nur die wenigsten gewusst haben dürften) – Rußpartikel z. B., die von Beginn des Automobils an ein wichtiges Additiv in den Gummimischungen unserer Reifen waren und es weiterhin sind. Das „Nanofieber“ hängt sicher auch damit zusammen, dass heute nahezu jede Organisation zur Forschungsförderung Geldmittel für dieses Gebiet zur Verfügung stellt. Das heißt eine Goldgräberstimmung an, jeder will ein Stück vom Kuchen. Mehr denn je steht auch die Wissenschaft im Wettbewerb nicht nur in Bezug auf den Wissenszuwachs, sondern auch um die Fördertöpfe; da gehört das Klappern zum Handwerk. (Dornau & Hörmannshöfer, 2006)

10. Wirtschaft und Fördermittel

Die Nanotechnologie gehört ohne Zweifel zu den aussichtsreichsten Technologie- und Forschungsfeldern des 21. Jahrhunderts." Auf dem Gebiet der Nanotechnologie ist Deutschland die Nummer 1 in Europa, weltweit die Nummer 3 hinter den USA und Japan. Das ist das Ergebnis der konsequenten Förderpolitik der Bundesregierung. Insgesamt wurden 2001 210 Mio. Euro für die Nano-Förderung und 2006 bereits 330 Mio Euro dafür ausgegeben. (BMBF, Nano Initiative Aktionsplan verfügbar unter.http://www.bmbf.de/pub/nano_initiative_aktionsplan_2010.pdf [Zugriff am 18.05.2010]

Die EU gibt rund 740 Millionen Euro an öffentlichen Fördermitteln für die Nanotechnologie aus. Das ist fast genauso viel wie die USA. Deutschland steht 2010 mit rund 345 Millionen Euro für Forschung und Entwicklung in die Nanotechnologie an der Spitze in Europa. Durch diese Forschungspolitik wachsen Zahl und Ansehen der auf Nanotechnologie-Produkte ausgerichteten Firmen. Grob geschätzt besitzen die USA und Europa etwa gleich viele Unternehmen, die Nanotechnologie nutzen. Etwa die Hälfte der europäischen Firmen produzieren in Deutschland. Das hat gravierende Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt. In Deutschland sind schon heute rund 700 innovative Unternehmen mit der Entwicklung, Anwendung und dem Vertrieb nanotechnologischer Produkte befasst. Schon heute hängen 50.000 industrielle Arbeitsplätze in der Bundesrepublik von Entwicklungen auf diesem Gebiet ab. Das Potenzial nanotechnologisch basierter Produkte schätzen Fachleute für das Jahr 2015 auf weltweit über eine Billion Euro. Im Rahmen ihrer Hightech-Strategie hat die Bundesregierung den "Nano-Initiative-Aktionsplan 2010" gestartet. Der Plan soll dabei helfen, Forschungsergebnisse schnell in Produkte umzusetzen. Außerdem will die Bundesregierung dadurch noch mehr Unternehmen und junge Menschen in der Ausbildung an die Nanotechnologie heranführen. Ziel der Initiative ist es, bestehende Märkte zu sichern und auszubauen sowie neue Wachstumsfelder zu erschließen. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unterstützt weiterhin branchenübergreifende Innovationsallianzen, in denen Wirtschaft und Wissenschaft zusammenarbeiten. (BMBF, Nano Initiative Aktionsplan verfügbar unter.http://www.bmbf.de/pub/nano_initiative_aktionsplan_2010.pdf [Zugriff am 18.05.2010]

11. Nanotechnik als Schlüsseltechnologischer Innovation

Der Nanotechnik wird die die Eigenschaft einer Schlüsseltechnologie mit weit reichenden sozioökonomischen Implikationen zugeschrieben (Paschen, 2003 zit. in Meier, 2009) *Schlüsseltechnologien* (auch *Basisinnovation* genannt) sind Technologien, die eine Erschließung neuer Technikbereiche ermöglichen und bereits einen gewissen Bekanntheitsgrad erreicht haben. Diese Technologien befinden sich im Wachstum und sind daher entscheidend für die Wirtschaft der Zukunft. Aus Schlüsseltechnologien werden Basistechnologien wenn sie zum Standard geworden sind. Historische Beispiele für Schlüsseltechnologien sind die Dampfmaschine im 18. Jh. und die Kunststofftechnik oder die Petrochemie im 20. Jh. Technologien werden als *Basistechnologien* bezeichnet, sobald sie allgemein erprobt, anerkannt und standardisiert sind. Sie bilden die Grundlage der meisten Produktions- und Dienstleistungsvorgänge und sind prägend für eine Epoche oder Kultur. Basistechnologien haben meistens nur noch wenig Entwicklungspotenzial, da sie oft ausgereift sind. Deswegen spielen sie im Wirtschaftswachstum eine geringe Rolle, in der Wirtschaft an sich hingegen eine große Rolle. Beispiele: Flaschenzug, Galvanisierung, Otto-Motor. (Wikipedia, 13.07.2010). Von Wirtschaftswissenschaftlern wird die Nanotechnik als eine weitere, vermutlich bedeutende, neue und einen wirtschaftlichen Strukturwandel und Aufschwung mitstützende Innovation mit großen zivilisatorischen Folgen angesehen. Beobachter der wissenschaftlichen und unternehmerischen Pioniere der Nanotechnologie vergleichen den Eintritt in das Zeitalter der Nanotechnik mit einem Umbruch der menschlichen Entwicklung. Als möglicherweise radikale Innovation, kann sie völlig neue Geschäftsfelder erschließen und eine große „schöpferische Zerstörung“ verursachen und sie bewirkt nicht nur die Entwicklung neuer Produkte sondern auch Verbesserungs- und Folgeinnovationen. (Meier, B., 2009, S. 12) Bernd Meier bezieht sich auf Hullmann (2001, S. 156), der die Bedeutung der Nanotechnologie vor allem im Einfluss auf die Erweiterung des menschlichen Wissen sowie auf die wirtschaftliche, ökologische und gesellschaftliche Entwicklung sieht. Weiter wird von ihm die Arbeit von Stiller herangezogen, der die Nanotechnologie als Basisinnovation behandelt: „Sie besteht aus einem Technologiebündel, vom Nanokosmos gehen erhebliche volkswirtschaftliche Impulse aus und sie führt zur Reorganisationen der Wirtschaft und Gesellschaft.“ (Stiller, 2005, S. 287f. zit. in Meier, 2009, S. 13)

12. Philosophie der Techno-Wissenschaft

Auf verschiedene Art und Weise reflektiert und beeinflusst Wissenschaftsphilosophie stets die Entwicklung der Wissenschaften. Sie taucht inmitten von theoretischen und methodischen Streitfragen auf. Nanotechnologie ist weder Wissenschaft noch Ingenieurkunst. Der Wissenschaftsansatz der Nanotechnologie geht von einer Orientierung der Forschung aus, in der grundlegende Fertigkeiten im Kontext finanzierter Projekte mit einem mehr oder weniger konkreten technischen Ziel erworben werden. Dies kann als ingenieurwissenschaftliche Art, Wissenschaft zu betreiben betrachtet werden. Auch wenn ein großer Anteil wissenschaftlichen Wissens und wissenschaftlicher Erfahrung in den Erwerb solcher Fertigkeiten und in die Untersuchung neuer Phänomene eingeht, handelt es doch nicht so richtig um „Wissenschaft“, da das Ziel dieser Untersuchungen normalerweise weder das Infragestellen bestehender Auffassungen und das Etablieren neuer Wahrheiten, noch das Aufstellen und Falsifizieren neuer Vermutungen oder das Schließen wichtiger Lücken unseres Weltverständnisses ist. Nanotechnologische Forschung befindet sich in einem Zwischenraum. Sie benutzt keine Modelle, um den Anwendungsbereich einer abgeschlossenen Theorie oder eines allgemeinen Gesetzes zu erweitern und sie sind auch nicht damit beschäftigt, die Theorie an die Realität anzupassen und umgekehrt die Realität an die Theorie. Nanoskalige Phänomene werden als Teile eines hochkomplexen Miniaturkosmos, der zwischen der klassischen Physik und der Quantenmechanik angesiedelt ist verstanden. Nanotechnikforscher wissen, dass die ihnen überlieferten abgeschlossenen Theorien für klarer definierte Phänomene unter wesentlich leichter zu kontrollierenden Laborbedingungen formuliert wurden. Komplexe Phänomene des Nanobereichs können nicht so beschrieben werden, dass sich die Konzepte der abgeschlossenen Theorien unmittelbar auf sie anwenden lassen. Daher werden abgeschlossenen Theorien eklektisch heran gezogen und über den intendierten Bereich gedehnt. Beispielsweise kann die Messung des Stromflusses durch einen organisch-anorganischen Molekülkomplex entweder quanten-chemikalisch oder in den klassischen Begriffen der Elektrotechnik nachvollzogen werden. Die anwendbaren Theorien, bezüglich der Nanotechnologie sind abgeschlossen. Nanotechnologieforscher können aus einer Vielzahl von Theorien aus dem klassischen wie auch aus dem Quantenbereich wählen, um Erklärungen für neue Eigenschaften, Verhaltensweise und Prozesse zu gewinnen. Die Theorien sind weitgehend unangemessen, aber hinreichend. Die Quantenphysik sagt, dass

Quanten verschiedene Zustände gleichzeitig einnehmen und scheinbar erst durch unsere Beobachtung auf eine bestimmte Wirklichkeit festgelegt werden. Auch in diesem unvorstellbar kleinen Bereich scheint der Mensch, sobald er erkennend in ihn vor dringt, Wirklichkeit zu schaffen. Zwei sich gegenseitig ausschließende, unabhängig von uns Menschen existierende Wirklichkeiten können wir uns nicht gleichzeitig existierend vorstellen. Man kann nur gedanklich darauf schließen, dass es aus verschiedenen geistigen Blickwinkeln verschiedene, einander ausschließende Wirklichkeiten gibt, die gleichzeitig, oder zeitlos, vorhanden sind. Wenn nun jemand sagt, wir Menschen könnten zwar nicht überall entscheiden, ob es so oder so ist, aber einen wie auch immer gearteten tatsächlichen eindeutigen Zustand müsse das Sein und seine einzelnen Bestandteile ja nun mal haben, dann schließt er von seinem Denken auf das Sein. Unser Verstand funktioniert so, dass es überall und immer einen eindeutigen Zustand geben muss, ob wir ihn nun kennen oder nicht. Wahrscheinlich denken wir so, weil wir in unserem praktischen Leben eindeutige Tatsachen als Handlungsgrundlage brauchen. Derrida dagegen ging von dem Grundgedanken aus, dass es keine absolute Wahrheit gebe. Unterschiedliche sich widersprechende Deutungen sah er gleichzeitig als wahr an und auf die Quantentheorie bezogen, kann seine Aussage sogar bestätigt werden. Die Folge ist, dass eine Annäherung an die Wirklichkeit über den naturwissenschaftlichen, physikalischen Weg der Quantentheorie und die philosophische Annäherung über das *Präsensdenken* Derridas zum gleichen Ergebnis kommen, dass zwei Wirklichkeiten parallel existieren. Die eine Theorie bedient sich der Raumkrümmung, die andere der Dekonstruktion. (Derrida, 2005)

Die tiefe Differenz zwischen der klassischen Physik und der Quantenphysik macht deutlich, was den Nanokosmos so besonders und interessant macht. Eine Reihe beschreibender oder programmatischer Begriffe für nanoskalige Phänomene strecken und recken sich deshalb über ihre eigentliche Bedeutung hinaus. Ein Beispiel hierfür ist der Begriff „selective surface“, der einer völlig passiven Sache Aktivität zuschreibt: So können sich Zellen auf unterschiedliche Weise an einer Oberfläche anlagern, aber es ist nicht die Oberfläche selbst, die bestimmte Zellen bevorzugt oder benachteiligt; sondern die Auswahl liegt beim Ingenieur, der die Oberfläche auswählt, um eine bestimmte Funktionalität zu erzeugen. Dasselbe gilt für „selbst-reinigende Oberflächen“, „intelligente Materialien“, „autonome (selbst-angetriebene) Bewegung“, die verschiedenen Spielarten von „self-assembly“ oder „weicher Maschinerie“. Alle diese Begriffe haben eine konkrete Bedeutung und beziehen

sich gleichzeitig auf etwas visionäres, genuin „nanotechnologisches“. Diese Begriffe stammen aus der Alltagssprache, die dann bekannte Theoriezusammenhänge übersteigen. (Nordmann, 2009)

Der erkenntnistheoretische Weg über die Rolle von Theorien und Modellen in der Nanoforschung führt dazu, dass Reflexionen über die Grenzen von Verstehen und Kontrolle notwendig werden. Ansatzpunkt könnte das Beispiel der implizierten Nanotoxikologie sein, die jedoch mit den physikalisch-chemische Messgrenzen der Bestimmung sich entziehen, da sie schlicht nicht ausreichend erfasst werden können. Folglich werden Nanopartikel nicht in den Einzugsbereich der Chemikalienverordnung REACH (verfügbar unter: www.reach-info.de) gebracht – denn selbst die besten Methoden zur Bewertung chemischer Substanzen sind nicht dehnbar genug, um eine Gefährdungs- und Risikoanalyse von Nanopartikeln zu leisten. Für den Aspekt der chemischen Zusammensetzung allerdings gelten allgemeine Regeln, die angewendet werden können. In Bezug auf die Oberflächenmerkmale oder die Gestalt von Partikeln einer bestimmten Größe gibt es keine toxikologischen Werte, sondern es kann nur auf bestehende Erfahrungen, wie z. B. mit Asbest zurückgegriffen werden. Da es keine besseren Ansätze gibt, wird zunächst von der chemischen Toxikologie ausgegangen. Diese einseitige Betrachtungsweise der vielen Strukturen gibt auch nur eine einseitige Auffassung der Welt wieder und ist Kennzeichen der Metaphysik und gipfelt laut Heidegger in der modernen Technik. (Heidegger, 2003).

Mehr oder minder zuversichtlich werden die ihr verfügbaren Theorien und Methoden so weit wie möglich auf den Nanobereich ausgedehnt, während die mit der Feststellung möglicher Gefährdungen oder gar einer vollwertigen Risikoabschätzung verbundenen Schwierigkeiten eher unterschlagen werden. Die mit den Nanotechnologien verbundenen Möglichkeiten und Hoffnungen werden alles als möglich betrachtet, was mit den abgeschlossenen Theorien oder den bekannten Naturgesetzen vereinbar ist. Theorien dienen der Nanoforschung somit als Ressource für Zwecke der Erklärung und Modellierung von Phänomenen. Die Theorien dienen nicht der Bestimmung und Begrenzung des Geschehens in der Nanowelt. Daraus ergibt sich das mangelhaft entwickelte Verständnis für die Grenzen des Verstehens und der Kontrollierbarkeit auf der Nanoebene und es entsteht der Eindruck, es gäbe unbegrenzte Möglichkeiten.

Wissenschaftstheorie die sich an der theoretischen Physik orientiert, reduziert hierbei auf den Voraussageerfolg quantitativer Wissenschaft. Quantitative Ansätze zeichnen sich durch prognostizierte numerische Werte aus, die mit durch Messung erhaltenen Werten verglichen werden. Die möglichst exakte Übereinstimmung zweier Zahlen verbürgt die Übereinstimmung von Theorie und Wirklichkeit. Zusätzlich kommt diese quantitative Übereinstimmung ausdrücklich ohne Bezug auf Ähnlichkeit aus. Die quantitative Forschung ist zufrieden, wenn sie verlässlich von gegebenen Ausgangsbedingungen zu akkuraten Vorhersagen gelangt. Es ist qualitativ betrachtet nicht nötig, dass alle Details des Begriffsapparats (alle Terme seiner Algorithmen und Modelle) eine Entsprechung in der Realität haben. Nanotechnowissenschaftliche Forschung sind qualitativ ausgerichtet, der erkenntnistheoretische Erfolg besteht in der Konstruktion von Ähnlichkeiten. Für Derrida sind dies metaphysische Handlungsweisen, da hier mit stabilen Entitäten operiert wird, die als per se mit sich identisch handhabbar erscheinen und erlauben, andere Dinge miteinander in Bezug zu setzen, etwa, indem zwei Individuen (nicht nur Menschen) unter einen identischen Gattungsbegriff subsumiert werden. (Derrida, 2005, S. 225)

Diese Verschiebung mag zunächst harmlos klingen, hat aber bedeutende Konsequenzen: Die Übereinstimmung von vorhergesagten und gemessenen Quantitäten wird durch die Übereinstimmung von errechneten und experimentell generierten Bildern ersetzt. Die letztere, qualitative Übereinstimmung setzt die Abwesenheit und somit die bewusste Unterdrückung visueller Hinweise voraus, die eine Simulation auf den ersten Blick von einem sondenmikroskopisch gewonnenen Bild unterscheiden würde. In der Tat vergleichen (Nano) Technowissenschaftler häufig zwei Displays oder Computerbildschirme. Das eine Display zeigt die visuelle Interpretation der Daten, die während einer Messreihe ermittelt wurden (beispielsweise mittels eines Elektronen- oder Rastersondenmikroskops), das andere zeigt die dynamische Simulation des Prozesses, der der Messreihe entsprechen soll. Damit die Simulation als solche überhaupt lesbar wird, erzeugt die Simulationssoftware eine visuelle Ausgabe, die aussieht wie die Ausgabe eines Elektronen- oder Rastersondenmikroskops. Die Übereinstimmung oder Nichtübereinstimmung der beiden Bilder erlaubt den Forschern Rückschlüsse auf mögliche kausale Prozesse. Die Ähnlichkeit der Bilder gilt als Garant für den Rückschluss vom simulierten Mechanismus auf den Mechanismus, der tatsächlich für die experimentell ermittelten Daten verantwortlich ist.

Wissenschaftsphilosophisch müsste also rekonstruiert werden, wie Nanowissenschaftler sich wechselseitig bestätigende Ähnlichkeiten erzeugen. Sind sie tatsächlich so beschaffen, wie das Bild das wir uns von ihnen machen? Man denke nur an die Farben der Natur und der vom Menschen geschaffenen Gegenstände. Tatsächlich sind sie farblos. Ihre Oberflächen sind jedoch aufgrund ihrer Beschaffenheit in der Lage die Farben des auftreffenden Lichtes in unterschiedlicher Weise zu brechen. Trifft kein Licht auf sind sie grau, z. B. in der Nacht. Ihre Farblichkeit entsteht nur im Gehirn des Betrachtes, an seinen im Auge befindlichen 3 Farbsehstäbchen wird die Information der Farbe aufgenommen und an das Gehirn transferiert und dort als neuronaler Prozess in das Farbbild umgesetzt. Ist der Prozess gestört, gibt es kein Farbsehen, z.B. bei der Rot-Grün-Farbsehschwäche. Was ist nun die Wirklichkeit? Wie Kant sagte: „Die Wirklichkeit der Objekte der Erkenntnis sind dem Subjekt nur so zugänglich, wie es die subjektiven Voraussetzungen ermöglichen“ (http://de.wikipedia.org/wiki/Immanuel_Kant, Zugriff am 31.01.11) denn es werden Simulationen und Beobachtungen und visuelle Repräsentationen physikalischer Systeme aufeinander abgestimmt. Genauso werden auch die nanowissenschaftlichen Arbeiten mit der von anderen und aktuelle Ergebnisse mit Langzeitvisionen abgestimmt. Solche Studien würden auch noch einmal bestätigen, dass die Vereinheitlichung von Theorien nur eine geringe Rolle spielt, so lange ein Werkzeugkasten von Theorien verfügbar ist, der die Forschergemeinschaft eint. Anstatt Theorien sind es Instrumente (STM, AFM, etc.), Modelle, die zugehörige Software, Methoden und exemplarische Artefakte (Fullerene, Nanoröhrchen, molekulare Verbindungen). (Nordmann, 2009). Derrida warnt vor technisch hergeleiteten Entwürfen, die auf einer trügerischen Selbstsicherheit eines Subjektes bezüglich ihrer Selbstursprünglichkeit entwickelt worden sind. Derridas Analyse der Urteilsstruktur des ersten Signifikanten, formuliert aufgrund der Theorie des Anderen (Signifikant, der nicht zwangsläufig menschlich sein muss), besagt, dass niemals ein exakt Selbiges wiederholt wird, sondern die vermeintlichen Identitäten einer Bedeutung erzeugen nur Abweichungen von sich selbst, sofern erster und zweiter Signifikant unterschiedliche Urteils – und Zeit Stellen einnehmen. (Derrida, 2005). Insofern ist die Beweisführung der nicht messbaren und nicht sichtbaren materiellen Existenz der Nanopartikel und -roboter oder bestimmter anderer Strukturen über ein rein algorithmisch erzeugtes, vergleichendes Bildgebendes Verfahren in Bezug auf seine Wirklichkeit kritisch zu betrachten. Denn nicht nur die Referenz eines Zeichens, auch dessen Status als Zeichen selbst ist letztlich nicht gesichert, sondern hängt an Voraussetzungen, für die es selbst nicht aufkommen kann.

Insbesondere sind Bedeutungserzeugende Verfahren und Entscheidungen vorhanden, die in kontextspezifischen Bedingungen des jeweiligen Verstehens selbst liegen. Dazu kann man etwa implizit zugrunde gelegte Bildschemata, Normen oder Sehgewohnheiten, oder im Falle der Nanotechnologie mit zugrunde gelegten, algorithmischen Bildgebern zählen. Die Aufnahme Heideggers Vorstellung, die methodischen Verschränkung von Konstruktion und Dekonstruktion führt dazu, das Verstehen und Sinnhaftigkeit, sinnkritisch untersucht, zur Analyse ihres Verstehens und ihrer Geltungsbedingungen. werden. (Derrida, 2005). Heidegger sah diesen Zusammenhang so: „Aus der Relativitätstheorie der Physik erwächst die Tendenz, den eigenen Zusammenhang der Natur selbst, so wie er „an sich“ besteht, herauszustellen.“ (Heidegger: 1972, S.12) *denn* die Quantenphysik sagt, dass [Quanten](#) verschiedene Zustände gleichzeitig einnehmen und scheinbar erst durch unsere Beobachtung auf eine bestimmte Wirklichkeit festgelegt werden! Auch in diesem unvorstellbar kleinen Bereich scheinen wir, sobald wir erkennend in ihn vordringen, Wirklichkeit zu schaffen. Unser Verstand funktioniert so, dass es überall und immer einen eindeutigen Zustand geben muss, ob wir ihn nun kennen oder nicht. Wahrscheinlich denken wir so, weil wir in unserem praktischen Leben eindeutige Tatsachen als Handlungsgrundlage brauchen.

Ein weiterer Anhaltspunkt für die Dehnung bestehender Theorien zur Passung an Nanotechnologiesche Größen findet man bei der Betrachtung chemischer Substanzen. Diese werden in größeren Verbänden sog. „bulk“-Substanzen und auf Grund einer physikochemischen Beschreibung registriert und bewertet. Wenn eine Substanz zugelassen ist, kann sie in unterschiedlichsten Produktions- und Konsumptionszusammenhängen zum Einsatz kommen. Im Nanotechnischen Zusammenhang ist ein Kohlenstoff-Nanoröhrchen (Fullarene) vielleicht doch nicht einfach ein Kohlenstoff-Nanoröhrchen. Was es ist, hängt von seiner Umgebung ab. In Wasser gelöst oder in einer Oberfläche gebunden, ob beschichtet oder unbeschichtet, ob funktionalisiert oder nicht – all das ist toxikologisch relevant. Eine umfassende physiko-chemikalische Charakterisierung von Nanopartikeln würde eine überkomplexe Taxonomie ergeben, wenn nämlich außer der chemischen Zusammensetzung auch Oberflächeneigenschaften, Größe und Form berücksichtigt werden müssten. Es würde so viele Arten von Partikeln geben, dass es letztendlich auf die Aufgabe hinauslaufen würde, jedes einzelne Partikel zu charakterisieren und toxikologisch zu bewerten. (Nordmann, 2009)

13. Nanovisionen

Der Nanokosmos bringt seine eigenen Visionäre hervor. Energiesorgen? Miniatur-Solarmodule erzeugen den Strom auf jedem sonnenbeschienenen Flecken. Massenkrankheit Krebs? Metastasen fressende Moleküle sind die Therapie der Wahl. Verdreckte Atmosphäre? Die Nanotechnologie bringt unsere Lufthülle wieder in den Zustand des Jahres 1800. So oder ähnlich lesen sich die gewagteren unter den Prognosen. Feynmans Prognose über das Potential der Nanotechnologie ist heute noch nicht eingelöst. Noch bedeutet Nanotechnologie oft, dass etablierte mikrotechnische Verfahren auf kleinere Strukturen angewendet werden. Wenn z.B. die Spitze eines Rasterkraftmikroskops einzelne Atome auf einem Substrat positioniert, dann ist dies der Eingriff eines Riesen in die Welt der Zwerge – ein äußerst unökonomisches Vorgehen – vergleichbar als würde man ein Legohaus mit einem Bagger bauen. Wirklich „nano“ wird die ganze Geschichte erst, wenn nicht nur die Objekte, sondern auch die Werkzeuge klein werden. „Molekulare Assembler“ setzen dann ein gewünschtes Produkt aus einzelnen Molekülbausteinen zusammen. Die Eigenschaften der Moleküle untereinander würden für die gewünschten Prozessabläufe hin zum fertigen Produkt sorgen. Dies wäre dann ein „Bottom-up“. (Physikalische Bundesanstalt, 21.11.2003)

14. Fazit

Ob die Nanotechnologie tatsächlich wie von Wirtschaftswissenschaftlern im Sinne Schumpeters (Schumpeter, 1961 zit. in Meier, 2009) eine Innovation ist, die tatsächlich auch eine Schlüsseltechnologie ist, wird von Kritikern wie Woyke (2007, s. 343 zit. in Meier, 2009) bezweifelt, denn es gibt für ihn zwar eine Menge innovativer nanotechnologischer Produkte und Verfahren, aber sie rechtfertigen in keiner Weise die Rede von einer „industriellen Revolution“. Genauso wenig sieht er die Stilisierung der Nanotechnologie zur „Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts“ gerechtfertigt. Er schlägt vor, sich gänzlich von allen überzogenen Erwartungshaltungen an eine vermeintlich gänzlich neue Schlüsseltechnologie zu distanzieren und zwar ganz besonders deshalb, weil es sich eigentlich nicht um ein neues Technologiefeld, sondern um eine Fortentwicklung in den Feldern angewandter Chemie handele. (Woyke, 2007, S. 331 zit. in Meier, 2009, S. 13). Das BMBF befindet die Nanotechnologie neben 17 anderen Technologien in Deutschland für förderungswürdig. Daher findet sie im Rahmen verschiedener staatlicher

Programme Förderung (und –mittel). (BMBF, 2006b). Ebenso positiv schätzt der VDI (Verband der Ingenieure, 2004), der VDE (Verband der Elektroindustrie, 2007). Laut einer Expertenbefragung in Bereichen der Wirtschaft, Banken und Unternehmensberatungen werden die Potentiale der Nanotechnologie als „hoch“ angesehen (75,5 % im Vergleich weltweit: 92,2 %). Laut Meier (2009) steht jedoch die Bewährung der Nanotechnologie als Basisinnovation aus. Es gibt europaweit ca. 600 Nanoprodukte. Die vergleichsweise kleine Zahl deutet darauf hin, dass viele Markteinschätzungen bisher eher von Erwartungen getragen sind. (Meier, 2009, S. 14)

Kulturell und zivilisatorisch gesehen symbolisiert die Nanotechnik eine weitere bedeutende Etappe des technischen Fortschritts in der technischen Zivilisation. Jedoch liegt der Fokus des Fortschritts eher auf der Machbarkeit der Sachen“, wobei der Zweck die Mittel bestimmt und nicht mehr die zur Verfügung stehenden Mittel die Zwecke. Dies setzt die gesellschaftliche Haltung voraus, in der die Entwicklung und Umsetzung neuen Wissens zur dominanten Fortschrittsdeterminante geworden ist. Die Leitschnur des Handels ist die kontrollierbare Gestaltbarkeit des eigenen Lebens und der Umwelt über die bekannten biologischen Grenzen hinaus. (Meier, 2009, S. 21) Die neuen technischen Artefakte als *zweite Natur* werden mit ihren neuen Eigenschaften auf der atomaren und molekularen Ebene als vorerst letztes Produkt angesehen, mit deren Hilfe jedoch nahezu alle gewünschten Eigenschaften eines Stoffes willentlich erzeugt werden könnten. Technofuturistisch-transhumanistisch gesehen, lasse sie sich so gestalten, dass das Ziel die machbare Unsterblichkeit und Vollkommenheit des Menschen ist. (Deutsche Gesellschaft für Transhumanismus, 2008). Ein bedeutender Treiber für eine neue technische Nanoepoche ist der Technologiegetriebene Wettbewerb. Entsprechend der sog. Technologie Gap Hypothese kommt es für Volkswirtschaften darauf an, die neuen Machbarkeiten durch die Nanotechnik so frühzeitig wie möglich zu beherrschen, um Lead Märkte, sowie neue Arbeitsplätze im neuen Qualifikationserfordernissen zu schaffen. Die Wirtschaftsräume und die darin organisierten Nationen (z.B. USA/EU) befinden sich deshalb in einer rivalisierenden Situation, um technisch-ökonomische Führungsrollen zu einzunehmen. Dies geschieht ungeachtet der ungewissen technischen Zukunft (Technologie Push Effekt). Über die Notwendigkeit staatlicher Technologiepolitik bestehen keine Zweifel. Nach Joseph Schumpeter sollen Basisinnovationen die Grundlage für lange Wellen in der Konjunktur sein (Kondratjew-Zyklus). (Hedtke, 2008) Die

gesamtwirtschaftlichen Ziele des BMBF sind Vollbeschäftigung, Zahlungsbilanzausgleich, Wirtschaftswachstum und Preisniveaustabilität sowie der Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit. (Meier, 2009, S. 25).

Die Bundesregierung bewirbt ihr Nanoprojekt mit einem täglich tourenden Werbe – und Infomationsbus und es existieren bereits an den Fachhochschulen seperate Studiengänge der Nanotechnologie, sowie ein Nano-Kompetenzzentrum des Bundesministeriums. Hilfreich für die Vermarktung der Nanoprodukte ist der kürzlich eingesetzte Normungsprozess der Nanotechnologie, der Länderübergreifend stattfindet. (Meier, 2009, S. 76)

15. Literaturverzeichnis

Dreisholtkamp, Uwe, Jacques Derrida. (2005). *Andere(s) in Schriften, Gaben an Andere*; in: Jochem Hennigfeld/Heinz Jansohn (Hg.); *Philosophen der Gegenwart*, Darmstadt

Dornau, U. & Hörmannsdorfer, E. (2006) *Nanotechnologie*. Finanz Buchverlag: München

Esfeld, M. (2008). *Naturphilosophie als Metaphysik der Natur*. Suhrkamp: Frankfurt a.M.

Fischer, P. (2004). *Philosophie der Technik*. Wilhelm Fink: München

Feynman, R. (1959). *There's a plenty of room At The Bottom*. In: *Engineering and Science*. Februar 1960, S. 20ff

Habermas, M. (2001). *Die Zukunft der menschlichen Natur. Auf dem Weg zu einer liberalen Eugenik?* Suhrkamp: Frankfurt a. M.

Heidegger, M. (1972) *Sein und Zeit*, 12. Aufl. Max Niemeyer: Tübingen

Heidegger, M. (2003) 1935–1946: *Holzwege* in: Martin Heidegger Gesamtausgabe, Bd.5. 8. A. Klostermann, Frankfurt am Main,

Hullman, A. (2001). *Internationaler Wissenstransfer und technischer Wandel: Bedeutung, Einflussfaktoren und Ausblick auf technologiepolitische Implikationen am Beispiel der Nanotechnologie in Deutschland*, Göttingen.

Irrgang, B. (2008). *Philosophie der Technik*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft: Darmstadt

Lyre, H. (2009). *Ist theoretische Naturphilosophie normativ?* In Kummer, Ch. (Hrsg.): *Was ist Naturphilosophie und was kann sie leisten?* (S. 28 – 37). Karl Alber: Tübingen/München

Kummer, Ch. (2009). *Was ist Naturphilosophie und was kann sie leisten?* Karl Alber: Tübingen/München

Mutschler, H.-D. (2009). *Zur Metaphysik der Natur*. In: In Kummer, Ch. (Hrsg.): *Was ist Naturphilosophie und was kann sie leisten?* (S. 76 – 85).Karl Alber: Tübingen/München

Mainzer, K. (2009). *Naturphilosophische Forschungsperspektiven der modernen Naturwissenschaften*. In Kummer, Ch. (Hrsg.): *Was ist Naturphilosophie und was kann sie leisten?* (S. 109 – 126). Karl Alber: Tübingen/München

Meier, B. (2009). *Nanotechnologie – Sozioökonomische Dimensionen einer Schlüsselinnovation*. Deutscher Instituts-Verlag: Köln

Paschen, H. (2003), *TA-Projekt Nanotechnologie: Endbericht, Arbeitsbericht Nr. 92* des Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Berlin

Pokorny, J. (1959). *Indogermanisches etymologisches Wörterbuch*. Bern/München

Hedtke U. (2008): *Schumpeter und das Jahr 2008*. Verfügbar unter: <http://www.schumpeter.info/Garvy.pdf> [Zugriff am 31.01.2011]

Stiller, Olaf, (2005). *Innovationsdynamik in der zweiten industriellen Revolution – Die Basisinnovation Nanotechnologie*, Norderstedt.

Weber, M. (1980). *Wirtschaft und Gesellschaft. Grundriss der verstehenden Soziologie*. Tübingen

Woyke, A. (2007). „Nanotechnologie“ als neue „Schlüsseltechnologie“? – Versuch eines historischen und systematischen Vergleichs mit anderen Technologien, in: *Journal for General Philosophy of Science, Vol 38, No. 2, S. 329-345*

Internetquellen:

Bundesministerium für Bildung und Forschung. 2010. Wissen schafft Wohlstand. Nano Initiative Aktionsplan 2010. Verfügbar unter: http://www.bmbf.de/pub/nano_initiative_aktionsplan_2010.pdf [Zugriff am 18.05.2010]

Deutsche Gesellschaft

Meier, Ch. (14.05.2010). Nanotechnik: *DNA Roboter auf dem Vormarsch* in *Spectrum* direkt. Verfügbar unter: <http://www.wissenschaft-online.de/artikel/1031780> [Zugriff am 18.05.2010]

Nordmann, A. 2009. Philosophie der Nanotechnowissenschaft. (In: Stefan Gammel, Andreas Lösch, Alfred Nordmann (Hg.) *Jenseits von Regulierung: Zum politischen Umgang mit der Nanotechnologie*, Heidelberg: Akademische Verlagsgesellschaft, 2009, S. 122-148). Verfügbar unter: http://www.philosophie.tu-darmstadt.de/media/institut_fuer_philosophie/diesunddas/nordmann/dtschnanotechnowiss.pdf [Zugriff am 14.05.2010]

Physikalische Bundesanstalt. (21.11.2003). *Top-down-Prinzip*. Verfügbar unter: <http://www.ptb.de/de/publikationen/blickpunkt/nanowelten/topdownprinzip.html> [Zugriff am 18.05.2010]

Philosophische Fakultät der Universität Karlsruhe. (2005). *Ethische Fragen der Nanotechnologie*. Verfügbar unter: <http://www.philosophie.uni-karlsruhe.de/members.php?id=45&course=345>, [Zugriff am 17.05.2010]

Wikipedia: *Schlüsseltechnologien*. Verfügbar unter: <http://de.wikipedia.org/wiki/Technologie#Schl.C3.BCsseltechnologie>, [Zugriff am 13.07.2010]

Filmmaterial Nanotechnologie:

Unih<http://www.youtube.com/watch?v=S4CjZ-OkGDs&eurl=http://www.facebook.com/profile.php?id=765236459&v=info&viewas=765236459> 8 [Zugriff am 13.07.2010]