



Zeitschrift für Sozialwissenschaften

Journal for Social Science

Revista de Ciencias Sociales

Vol. II, Nr. 1, Art. 8; 15. 05. 2006



Wenn die Gnome aufmarschieren

Auswirkungen der Nanobiotechnologie

Cuando los gomos vienen marchando

Implicaciones de la nanobiotechnologia

**Guillermo Foladori &
Noela Invernizzi**



Zeitschrift für Sozialwissenschaften - Revista para ciencias sociales

Vol. II; N° 1; 1. Oktober 2006

Technologie und Gesellschaft - Gesellschaft und Technologie.

Tecnología y sociedad - Sociedad y tecnología

ISSN 2013-9160

www.dia-e-logos.eu formerly www.dia-e-logos.com

Wenn die Gnome aufmarschieren	343
Cuando los Gnomos vienen marchando	365
Literatur/ Bibliografía	385

Wenn die Gnome aufmarschieren

Auswirkungen der Nanobiotechnologie

Guillermo Foladori & Noela Invernizzi
Universidad Autónoma de Zacatecas, Mexiko

übersetzt von
Karsten Krüger & Silke van der Locht

© Copyright: Foladori, Guillermo & Noela Invernizzi, 2006

© Copyright: dia-e-logos 2006.

Spanische Erstveröffentlichung:

Foladori, Guillermo & Noela Invernizzi (2005) Cuando los Gnomos vienen marchando. Implicaciones de la nanotecnología. Revista Theomai. Estudios sobre Sociedad, Naturaleza y Desarrollo. Nº 12, 2º semestre 2005 [<http://revista-theomai.unq.edu.ar>] [ISSN: 1515-6443]

Bibliografische Angabe:

Foladori, Guillermo & Noela Invernizzi (2006) Wenn die Gnome aufmarschieren. Auswirkungen der Nanobiotechnologie. In *dia-e-logo - Zeitschrift für Sozialwissenschaften. Universidad de Barcelona*, Vol. II, Nr. 1, 15. Oktober 2006 [<http://www.dia-e-logos.eu>].

Zusammenfassung:

Nanotechnologie wird als ein der nächsten technologischen Revolutionen angesehen, die im erheblichen Maße alle Wirtschaftsbereiche beeinflussen wird. In der Medizin verspricht die Nanobiotechnologie: Systeme der Monitorisierung innerhalb des eigenen Körpers, die es erlauben die Entstehung von Krankheiten in Echtzeit zu beobachten; Medikamente direkt in die betroffenen Zellen zu schicken; hybride Systeme zur Korrektur von Hör- und Sehstörungen; an die genetische Verfassung des Patienten angepasste Medikamente; sowie die Verlängerung des Lebens. Kritiker dagegen warnen vor unvorhersehbaren Folgen für die Gesundheit. Aber es wird wenig über die Möglichkeiten der Kontrolle der Patienten gesprochen, welche die Nanotechnologie den Laboratorien und Unternehmen bereitstellt. In diesem Artikel wird aufgezeigt, dass die Nanotechnologie in dem sozialen Zusammenhang, in dem es geschaffen wurde (Sarewitz, et al., 2004), bewertet werden muss, und dass in Folge ihrer Anwendung die Abhängigkeit der Patienten von den pharmazeutischen Unternehmen vertieft wird.

Einführung

Die Palette nanotechnologischer Produkte reicht schon heute von Schuhen bis zu Kosmetika und von Produkten für die Luftfahrt bis zu Radfelgen für PKW (Forbes, 2004). Im medizinischen Bereich wartet man auf Laboratorien in Chipformat (Lab-on-a-chip), die Blutproben schnell analysieren können; auf automatische Verteilungsmechanismen von Anti-Krebs-Substanzen im Körper sowie auf Insulinpumpen, genetische Therapien oder Implantate und Prothesen aus Materialien mit Nanostrukturen (Malsch, 2002). Wenn sich diese Technologie in den nächsten Jahrzehnten so ausbreitet und vorherrschend wird, wie von ihren Fürsprechern angekündigt, dann zeichnen sich Veränderungen in den Wirtschaftsbeziehungen zwischen den Ländern, in den alltäglichen Beziehungen und im Verhältnis der Gesellschaft zur Natur ab (Roco y Bainbridge, 2001). Solche Veränderungen bedeuten aber nicht, dass sich die Erwartungen erfüllen, die von Visionären der Nanotechnologie verbreitet werden: nämlich, dass es sich um eine Technologie handelt, die, wenn schon nicht die Mehrzahl der Probleme in der Welt, so aber zumindest die der Energie- und der Trinkwasserversorgung, das Abfallproblem und Gesundheitsprobleme lösen wird, was nicht gerade wenig wäre.¹

Auf Grund der jüngsten Erfahrungen mit unerfüllten Versprechungen von Technologien wie z.B der Kernenergie oder den genetisch veränderten Organismen hat sich auch schon um die Nanotechnologie eine grosse Kontroverse entspannt. Kritik richtet sich gegen mögliche Auswirkungen der Nanopartikel auf die Gesundheit und auf die Umwelt. (ETC Group, 2003). Zugleich regt sich Besorgnis über die Folgwirkungen, die diese Technologie für die armen Ländern und auf die Reichstumsverteilung haben wird (Foladori & Invernizzi, 2005). Und es wurden bereits zahlreiche Artikel geschrieben über die enorme Besorgnis die deren militärischen Anwendungen hervorruft. (Altmann & Gubrud, 2004). Dasselbe gilt für die mögliche Nutzung nanotechnologischer Sensoren und Kommunikationsgeräte zur Personenkontrolle (Mehta, 2002).

Obwohl es noch Stimmen gibt, die Technologie als neutral und für verschiedene Zwecke nutzbar ansehen, erkennt doch die Mehrzahl der Technikforscher die Koevolution von Technik und Gesellschaft sowie die Wechselbeziehungen zwischen beiden an (Sarewirt & Woodhouse, 2003). Wenn z.B. die ETC-Gruppe (2004a) die Meinung vertritt, dass von der nanotechnologischen Revolution nicht viel zu erwarten ist, da sie sich in den Händen der großen multinationalen Unternehmen befindet, spiegelt sich darin die Idee wider, dass die Technologie durch diejenigen gesellschaftlichen Verhältnisse und Machtbeziehungen bedingt wird, in denen sie entstanden ist.

Die Argumentation unseres Artikels geht dahin, dass die Nanotechnologie in ihrem eigenen Entwurf die "Gene" des gesellschaftlichen Umfeldes trägt, in dem sie entstanden ist, und so die vorherrschenden gesellschaftlichen Verhältnisse stärkt

¹ WiredNews, 09/09/2002.

(Sarewitz et al., 2004). Am Beispiel der Nanotechnologie wird argumentiert, dass die Nanoprodukte darauf ausgerichtet sind, die Abhängigkeit des Verbrauchers vom Markt zu stärken.

2. Die Neutralität der Technologie ist höchstens relativ, wenn überhaupt

Es heißt, Heron von Alexandria habe im Jahr 1 n.C. die Aeolipile (Heronsball), die erste Dampfmaschine, erfunden. Sie wurde entworfen und vorgeführt, um die Pforten eines Tempels zu öffnen, aber nie produziert. Er erfand ebenso hydraulische Maschinen und andere Instrumente. Wahrscheinlich kamen nur die für den Krieg bestimmten Maschinen zur Anwendung. Die Technikforscher unterscheiden zwischen Erfindung und Innovation. Letztere verlangt die praktische Anwendung der Erfindung in verschiedenen Wirtschaftsbereichen. Die antiken Griechen brachten viele Erfindungen, aber wenige Innovationen hervor. Die großen Philosophen wie Platon und Aristoteles erklärten das einfach damit: es entspräche nicht der Würde, Instrumente zu schaffen, die dann Sklaven benutzten. Technologischer Fortschritt war unvereinbar mit Sklavenarbeit. (Anderson, 1979, Dierckxsens, 1983)².

Keiner zweifelt an dem ungeheuren Einfluss der Technologie auf die Gesellschaft. Es ist jedoch normal, sich Technologie als etwas von der Gesellschaft Getrenntes vorzustellen, als etwas, das sie von außen beeinflusst. Da viele wissenschaftliche Fortschritte heutzutage in öffentlichen Institutionen gemacht werden, erwecken sie den Anschein, sie könnten in jedem sozialen Umfeld genutzt werden oder sie seien zumindest politisch und wirtschaftlich neutral. Das gilt auch für die Nanotechnologie. Bis Anfang 2005 wurde die nanotechnologische Forschung zum größten Teil aus öffentlichen Quellen finanziert (NonocChange, 2004). Das scheint darauf hinzuweisen, dass es sich hier weder um ein Bedürfnis der Menschen, noch um eine Nachfrage des Marktes (*market pull*), sondern um einen wissenschaftlichen Anstoß (*science push*) handelt. Selbst Studien zur sozialen Folgenabschätzung der Nanotechnologie wurden von oben nach unten durchgesetzt (Bennett & Sarewitz, 2005).

Gleichwohl kann das Bild dieser Technologie als etwas Neutrales und als Forschungsergebnis gutwilliger Erfinder nicht aufrechterhalten werden. Die antiken Griechen entwarfen plumpe und schwere Arbeitsgeräte, weil die Sklaven keinerlei Interesse daran hatten, sie instand zu halten, sie schlecht behandelten und zerstörten. Am Entwurf der Geräte konnten die Merkmale der gesellschaftlichen Verhältnisse

² "For a number of writers, technical advance is accompanied by moral and a suspicion that intellectual and technical progress (actually causes the moral decline) may lead to opposition to the progress made." (writes Beagon) "Seneca can see and approve advances in pure science but applied science is harmful. He criticizes any discovery made by a mind whose gaze is directed towards the earth, as implicit contrast to the celestial observations of the philosophers. (Beagon 1992: 57)

abgelesen werden, in denen sie geschaffen wurden. Die Verhältnisse der Sklavenhaltung verhinderten, dass die Erfindungen sich als technische Innovationen verallgemeinerten und bremsten die Produktivkraftentwicklung. Technologie und Gesellschaft koevolutionieren nicht nur, sondern Technologie trägt in ihrem Entwurf die „Gene“ der gesellschaftlichen Verhältnisse, in denen sie entstanden ist.

Zudem irren diejenigen, die glauben, dass Technologie neutral ist und unabhängig von gesellschaftlichen Widersprüchen existiert, nicht völlig. Viele Gründe sprechen dafür, dass Technologie sich unabhängig vom sozialen Kontext entwickelt und, einmal verallgemeinert, die Gesellschaft verändert. Zu Beginn ist es hilfreich, sich die Herstellung von Werkzeugen in ihrer spezifischen Form vorzustellen, als Vergegenständlichung eines Teils der äußeren Natur zum Zweck einer zukünftigen Nutzung .

Während andere Lebewesen Natur unmittelbar annehmen, indem sie die Ressourcen je nach Bedarf verwenden, verändert der Mensch die Natur für seine zukünftige Nutzung. Auf diese Weise entfernt sich das Produkt der Arbeit vom Produzenten und gewinnt Autonomie. Das, was vorher Natur war, vergegenständlicht sich. Der Mensch wird zum Subjekt der Natur, welche sein Objekt ist. Dieser Prozess der Vergegenständlichung besitzt verschiedene Facetten:

- Das Arbeitsprodukt oder -objekt trennt sich in Zeit und Raum von demjenigen, der es geschaffen hat. Eine Sache ist die Herstellung und eine andere der Gebrauch. Das erlaubt den permanenten Vergleich des geistigen Entwurfs mit dem Endergebnis. Der Produzent denkt ständig über die Unvollkommenheit des Werkzeuges in seiner funktionellen Anwendung nach. Das ist der historische Ausgangspunkt der schrittweisen Vervollkommnung des Werkzeuges in Bezug auf seine Nützlichkeit.
- Die Vergegenständlichung wird in idealer Weise auf die unberührte Natur ausgeweitet. Der Mensch distanziert sich in reflexiver Form vom Rest der Natur und beginnt, sie als ein „Baukastensystem“ (*“juego de armar”*) zu betrachten, das je nach Belieben neu geordnet werden kann.
- Der Gegenstand stellt Bedingungen an den Nutzer, sowohl in Hinsicht auf Materialien, als auch auf Funktion und auf Anwendungsmöglichkeiten. Damit bekommen die Werkzeuge ein gewisses Eigenleben. Zunächst wird die Handlungssituation reproduziert, in der das Hilfsmittel genutzt wird. So impliziert z.B. der Transport mittels Lasttieren einen Umgang mit Zeit, Wegen, Erholungszeiten usw., der vollkommen verschieden ist zu dem des Wagentransportes. Zweitens werden bestimmte gesellschaftliche Verhältnisse reproduziert. Die technische Arbeitsteilung z.B. ist durch den Maschinentyp und das Rohmaterial für den jeweiligen Arbeitsprozesses vorgegeben, in ihrer Anwendung aber reproduziert sie bestimmte Hierarchien und Kontrollmechanismen unter den Arbeitern. Drittens beeinflussen die Werkzeuge die physische Konditionierung der Personen, was in den verschiedenen

arbeitsbedingten Krankheiten deutlich zum Ausdruck kommt. Die Technik scheint auf die Gesellschaft wie eine übernatürliche Kraft einzuwirken.

- Das geschaffene Objekt ist ein neues Objekt, d.h. etwas das in dieser Form vorher noch nicht da war. Das generiert neue Verknüpfungen zum Rest der Natur und dem menschlichen Leben. Es handelt sich um Verknüpfungen, die in ihrer Gesamtheit vor der Herstellung nicht vorhersehbar sind. So entstehen unvorhergesehene Ergebnisse, aber auch neue Argumente, um die Technologie als ein Wesen mit einem Eigenleben zu verstehen.
- Das Objekt nimmt einen Gebrauchswert an und verliert dabei seine Natürlichkeit. Alle Nutzobjekte werden aus in der Natur vorkommenden Material geschaffen. Aber wenn der Mensch erst einmal dessen Form verändert und es in ein Nutzobjekte verwandelt hat, verliert seine natürliche Stofflichkeit an Bedeutung. Ein Holzstuhl ist vor allem ein Stuhl. Sobald er kaputt oder beschädigt ist und seine Nützlichkeit verliert, verliert auch das Material, aus dem er geschaffen ist, seine Bedeutung. Auf diese Weise haben die von den Menschen geschaffenen Objekte einen Lebenszyklus: zunächst werden sie von der Natur getrennt, aus der ihr Material gewonnen wurde; dann werden sie in Nutzobjekte verwandelt, um die menschlichen Bedürfnisse zu befriedigen; und schließlich, wenn sie ihre Nützlichkeit verlieren, werden sie zu Kadavern, in dem sie auch aus der menschlichen Gesellschaft, die sie geschaffen haben, entfernt werden. Dieser Lebenszyklus setzt die Technologie mit jedwedem Organismus gleich und stärkt so den Eindruck ihrer Autonomie.

Im Anschluss daran sollten wir uns mit der Technik in ihrer alltäglichen Anwendung und in dem uns umgebenden gesellschaftlichen Kontext beschäftigen. Auch in diesen Umfeldern tauchen Kräfte auf, die dazu veranlassen, sich Technik als etwas Selbständiges, quasi mit eigenem Leben Ausgestattetes, vorzustellen, das sich durchsetzt und die Gesellschaft formt.

- Das Werkzeug ist von dem Subjekt, das es benutzt, getrennt, so dass es personen- und kontextunabhängig gebraucht werden kann. Es stellt sich als etwas Eigenständiges dar.
- Ein erheblicher Anteil des wissenschaftlichen und technologischen Fortschritts, der neue Technologien ermöglicht, wurde nicht unbedingt in Privatunternehmen, sondern in Universitäten oder öffentlichen Forschungszentren erzielt. Das veranlasst zu der Vermutung, dass es ausschließlich ein öffentliches Interesse an seiner Entstehung gab. Die Werkzeuge, Maschinen etc. können frei auf dem Markt gekauft werden, was die Idee stärkt, dass jedwede Person aus deren Möglichkeiten Nutzen ziehen kann.
- Unabhängig von den Eigentumsverhältnissen oder der Nutzung der Werkzeuge oder Prozesse, betrifft ein Großteil der unvorhergesehenen und nachteiligen Folgewirkungen wie z.B. Umweltkatastrophen, die Bevölkerung in ihrer Gesamtheit. Selbst die diskrete Technologie schließt ein globales Risiko mit ein (Beck, 1992). Das verweist auf den externen und verallgemeinernden Charakter der Technologie.

Aber so wie es Argumente gibt, die dafür sprechen, dass Technik ein mit einer eigenen Dynamik und einem Eigenleben ausgestattetes äußeres Wesen ist, so gibt es auch Argumente dafür, dass sich in dem der Technik zu Grunde liegenden Entwurf, die gesellschaftlichen Verhältnisse reproduzieren, aus denen die Technik hervorgegangen ist. Das geschieht in jeder Wirtschaftsepoche mehr oder weniger deutlich. Es handelt sich um einen Selektionsprozess, den viele Autoren mit dem natürlichen Selektionsprozess vergleichen (Hodgson, 1995). Gleichwohl gibt es wichtige Unterschiede. Zunächst liegt ein Unterschied darin, wer die Auswahl trifft. Während Evolution in der Natur das Resultat von Reproduktionen der Arten in einer Umwelt ist, die von Kampf und Kooperation zwischen den Arten und innerhalb derselben Art, sowie von der abiotischen Umwelt und den Naturgewalten geprägt ist, so sind es im Fall der technologischen Selektion vor allem die gesellschaftlichen Verhältnisse – im Kapitalismus der Markt – die, wenn auch nie auf unmittelbare oder absolute Weise, sondern als Tendenz, ausfiltern, welche Technologien sich schließlich in einer technologischen Trajektorie bzw. wissenschaftlich gesprochen paradigmatisch (Kuhn 1962) durchsetzen. Ein weiterer Unterschied liegt in der Schärfe des Selektionsprozesses. Während der natürliche Prozess nicht in maximalistischer (Gould, 1993, Hodgson, 1995),³ sondern in tolerierender Form selektiert, ist der Kapitalismus gnadenlos und bricht alle produktiven Pfade ab, die nicht seiner Dynamik entsprechen (Luxemburg, 2003). Dieser letzte Unterschied ist für die Analyse der Nanotechnologie von größter Bedeutung, da einige Autoren davon ausgehen, dass die Hybridisierung der menschlichen Körpers mit Nanoprodukten einen weiteren Schritt in der Evolution bedeutet, mit dem sich die Gesetze der kapitalistischen Ökonomie auf das biologische Verhalten ausweiten (García- Rill, 2002; Llinás & Makarov, 2002). Während die natürliche Evolution ein langsamer Prozess ist, kann die Technologie sich sprunghaft entwickeln, wie es z.B. mit den so genannten destrukturierenden Technologien (disruptiven Technologien) geschieht, die wettbewerbsfähige Technologien zu obsoleten Trajektorien machen. Die Nanotechnologie verspricht eine solche Technologie zu sein. Schließlich münden in dem natürlichen Evolutionsprozess die Divergenzen (die Artentrennung) nicht in einem Zusammenschluss. In der technologischen Evolution tendieren die verschiedenen Entwicklungszweige dazu, sich zu verbinden. Die Nanotechnologie ist ein paradigmatisches Beispiel für solche Zusammenschlüsse, da sie Computerwissenschaften, Kognitionswissenschaften, Biologie, Chemie, Physik und andere Wissenschaften miteinander verbindet (Carroll, 2001).

Wenn wir unsere Aufmerksamkeit auf die Merkmale kapitalistischer Technologie richten, dann sehen wir einige Konstanten, die dazu tendieren, sich zu wiederholen und sogar zu vertiefen. Es handelt sich um Elemente, die die Filter passiert haben und die in jeder erfolgreichen Technologie vorhanden sind. Diese Elemente sind die Indikatoren

³ Die ultradarwinistische Schule in der Biologie und der neoklassischen Ökonomie sehen jeden Evolutionsprozess als maximalistisch an. Zum vergleichenden Überblick der Evolutionstheorien in der Biologie und der Ökonomie siehe Hodgson (1995) und Foladori, (2005).

des "Markenzeichens", die jede Technologie trägt und den gesellschaftlichen Verhältnissen entspricht, in denen sie entstanden ist.

- Eines dieser Elemente ist der Grad, in dem sich der Entwurf an die Anforderungen des Marktes anpasst. Es gibt immer verschiedene Wege, um ein allgemeines Ziel zu erreichen, aber derjenige Entwurf, der sich am Besten an den Markt anpasst, hat Vorteile. Um im Wirtschaftskreislauf einen Vorteil zu haben, muss das Objekt in zahllosen Merkmalen besser sein als seine Mitbewerber. Hierzu gehört: es muss als verkaufbares Objekt angeboten werden, so dass der Konsument selber auf dem Markt das finden kann, was seinen Bedürfnissen entspricht. Es muss so klein wie möglich sein, um so die Transport- und Lagerkosten zu senken. Es muss so lang wie möglich haltbar sein, um so die Vermarktung zu erleichtern. Es darf nicht leicht reproduzierbar sein, um so die Eigenherstellung oder das Kopieren zu verhindern. Offen dargelegt werden darf lediglich die Form, in der die Ware konsumiert oder verwendet wird, aber nicht die Herstellungsweise oder die dafür notwendigen technischen Anlagen und Geräte, so dass der Kunde in Bezug auf Reparatur, Umtausch, Ersatzteile etc. an den Verkäufer gebunden ist. Es muss sich schnell abnutzen, um so die Produkte schnell durch neue Produkte ersetzen zu können und damit die Kapitalzirkulation zu beschleunigen. All dies muss außerdem einen gewissen Effizienzgrad haben, um den angekündigten Nutzen zu ermöglichen.
- Patentierte Produkte stellen ein Gewinnmonopol dar und sind besser als nicht patentierbare Produkte. Dieser Unterschied ist bei den pharmazeutischen Produkten von größter Bedeutung. Jeder Wirtschaftszweig hat seine Besonderheiten, die an die Objekte gebunden sind, mit denen dort gearbeitet wird. Das führt dazu, dass die Merkmale, die sich am Besten an den Markt „anpassen“, ihre spezifischen Besonderheiten haben. Die allgemeine Mechanisierung der Landwirtschaft folgt z.B. auf die Automobilindustrie aus dem einfachen Grund, dass es notwendig war, Autos in Traktoren zu verwandeln und Erstere an unebene Oberflächen und verschiedene Widerstände anzupassen, sowie gleichzeitig die Urbarmachung des Bodens, die Aussaat, die Bereinigung und die Ernte an die Besonderheit jeder Pflanze anzupassen. Die Medizin hat viele Besonderheiten. Unter diesen ist die allgemeinste die, dass jeder Organismus sich von den restlichen sowie in den verschiedenen Lebensstadien und sogar von Minute zu Minute unterscheidet. Außerdem ist besonders zu beachten, dass jeder Organismus gegenüber Krankheiten mit der Bildung von Antikörpern reagiert, so dass sich die Medizin einem internen Wettbewerber gegenüber sieht, der über eine jahrhundertlange Erfahrung verfügt: den eigenen Organismus. Im Vergleich zu den personenbezogenen Heilmitteln und persönlichen Dienstleistungen, sind - aus merkantiler Sichtweise – trotzdem die Medikamente besser, die sich in Maßen und direkt an den Verbraucher verkaufen lassen. Wir werden diese Besonderheit bei dem Vergleich zwischen klinischer Medizin, Homöopathie und Akupunktur sehen.

In der klinischen Medizin kann das Heilmittel deutlich von den medizinischen Dienstleistungen getrennt und vom Kranken auch direkt gekauft werden. Die Medizin ist standardisiert und der Kranke kann unabhängig vom Arzt direkt erstehen. In der Akupunktur gibt es keine Medikamente und die persönliche Dienstleistung des Mediziners kann nicht umgangen werden. Die Homöopathie ist zwischen diesen beiden Feldern angesiedelt: Die Arbeit des Mediziners ist notwendig, da das Heilmittel personenbezogen ist, so dass die Möglichkeiten des Kranken, die Heilmittel direkt zu kaufen, nicht so groß sind wie in der klinischen Medizin.⁴ Außer diesen Unterschieden gibt es noch das Problem der Patente. Einmal bekannte Medikamente können nicht patentiert werden. Daher kann es weder in der Akupunktur noch in der Homöopathie Patente wie in der klinischen Medizin geben. Tabelle 1 verdeutlicht diese Unterschiede:

Tabelle 1				
Beziehung zwischen Therapie und Marktfähigkeit				
Therapietyp	Endprodukt	Produktmerkmal	Erforderliche wissenschaftliche Kenntnisse über Produkteigenschaften liegen beim	Patente
klinische Medizin	merkantil	Massenprodukt	Pharmazeutiker und geringfügig beim Mediziner	ja
Homöopathie	merkantil	personengebunden	Pharmazeutiker und stark beim Mediziner	nein
Akupunktur	Dienstleistung	als Dienstleistung personengebunden	Mediziner	nein

Die Tabelle zeigt die verwickelten Beziehungen zwischen dem Prozess der Produktion-Zirkulation-Konsumtion und den kapitalistischen Gesellschaftsverhältnissen. Die holistische Philosophie der komplementären und alternativen Medizin stehen nicht wegen ihrer zweifelhaften Effektivität im zweiten Glied, sondern es ist der Markt, der technisierte Bahnen wählt, die sich leicht in seine Funktionsweise integrieren lassen. Der Markt ist nicht neutral.

Eine andere Wettbewerbsarena stellen die Therapiemethoden an sich dar. Auch die Methoden werden vom Markt einer Prüfung unterzogen. Im Allgemeinen kann von zwei Philosophien gesprochen werden, die hinter den verschiedenen Therapieansätzen stehen. Die eine stützt sich auf die Stärkung der körpereigenen Abwehrkräfte. Die andere versucht, unabhängig vom Immun- und Abwehrsystem die Krankheit zu bekämpfen. Die Homöopathie und die Akupunktur sind Beispiele für die erste, die moderne klinische Medizin ist ein Beispiel für die zweite Philosophie.

⁴ Diejenigen Homöopathischen Schulen, die verschiedene Heilmittel in einem vereinen, erreichen leichter den Markt.

Nehmen wir den Fall der Antibiotika, der Standarte der modernen klinischen Medizin. Diese sind weder darauf ausgerichtet, Antikörper zu entwickeln, noch das interne Immunsystem zu stärken, sondern sie bekämpfen die die Krankheit verursachenden Bakterien. Selbst die Terminologie der klinischen Medizin, die heute allgemein verwendet wird, ist kriegerisch: die Krankheiten werden bekämpft; die wesentlichen Waffen sind die Antibiotika, die Krankheiten müssen angegriffen werden, bevor sie zu Epidemien werden. Es gibt kein besseres Beispiel für eine Methode des Widerstandes! Akupunktur und Homöopathie erinnern - auf Grund der Ähnlichkeiten - dagegen eher an Zauberkraft, da ihre Methoden das innere Gleichgewicht stärken und Antikörper entwickeln.

Bei den Impfstoffen, ebenfalls ein Produkt der modernen klinischen Medizin, verhält es sich anders und widersprüchlich. Zwar wird versucht, Antikörper zu entwickeln, aber durch die Einführung genetischen Materials anderer Spezies werden abweichende und unvorhergesehene Resultate erzeugt. In jedem Fall sind die Impfstoffe jedoch nicht die Speerspitze der klinischen Medizin, weil sie der Anlage nach nicht vollständig mit den Interessen des Marktes übereinstimmen. Obwohl die Impfstoffe einen gewinnträchtigen Markt darstellen, wenn ein Staat eine Massenimpfung verordnet, werden die Impfstoffe nur einmal oder wenige Male im Leben einer Person eingesetzt. Dagegen sind Medikamente, die regelmäßig genommen werden müssen, rentabler. "Das wirklich Bedeutsame an AIDS-Medikamenten ist, dass sie immer genommen werden müssen" [The great thing about AIDS drugs is you have to keep taking them] berichtet ein Manager eines bedeutenden pharmazeutischen Unternehmens. (Gellman, 2000). Dabei sind noch nicht einmal die Schwierigkeiten der Lagerungen und des Transportes vieler Impfstoffe angesprochen, die ebenfalls nicht mit merkantilen Ansprüchen übereinstimmen.

Antibiotika ihrerseits haben sich in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts zum Stützpfiler der Medizin entwickelt. Das geschah aus dem einfachen Grund, dass ihr Konzept stärker als die anderen Medikamente und Therapien den kapitalistischen Interessen entspricht.⁵ Fast alle ihrer Merkmale entsprechen dem merkantilen Ideal: sie sind allgemein genug, dass einige wenige heilende Grundstoffe eine große Bandbreite von Krankheiten bekämpfen, oder anders gesagt, sie erleichtern sowohl die Rezeptausstellung als auch den Konsum enorm. Es ist möglich, dass der Patient sie direkt einnimmt, indem er sie in der Apotheke kauft, ohne vorher einen Gesundheitsexperten zu konsultieren. Sie sind leicht zu transportieren, zu lagern und einzunehmen. Falls ein Antibiotikum kein Ergebnis erzielt, gibt es eine große Bandbreite von Alternativen. Es besteht immer die Möglichkeit, auf eine Erhöhung der Dosierung zurückzugreifen oder ein anderes Antibiotikum mit einem größeren Spektrum einzusetzen. Aber außer diesen sehr pragmatischen Gründen gibt es noch einen

⁵ Es ist eindeutig, dass die Mehrzahl der Gesundheitsexperten die Meinung vertreten, dass der Erfolg der Antibiotika auf seinen Heilerfolg zurückgeht. Das ist jedoch nicht bewiesen, da es nur sehr wenige vergleichende Studien über den Heilerfolg verschiedener Therapien gibt. Und die Existierenden verweisen im Allgemeinen die Antibiotika auf den letzten Platz.

Weiteren, der schwer ins Gewicht fällt: die indirekten Auswirkungen auf den Organismus. Es ist heute allgemein anerkannt, dass der systematische Konsum von Antibiotika die Immunität des Organismus schwächt. Der Verlust an Immunität zwingt die Personen dazu, mehr und mehr Antibiotika zu konsumieren. Das ist zum Nutzen der pharmazeutischen Industrie ein Rennen ohne Ende.

Die Resistenz von Mikroben gegen Antibiotika ist seit über 50 Jahren bekannt, als der gegen Penicillin resistente *Staphylococcus aureus* auftauchte (NIAID, 2000). Der Herstellungs- und Anwendungsboom von Antibiotika sowohl für Tiere als auch für Menschen hat die Resistenz erhöht und Mitte der 1990er Jahre weltweit öffentliche Warnungen ausgelöst. Am 7. März 1994 veröffentlichte die Zeitschrift Newsweek einen Artikel mit dem Titel "*The End of Antibiotics?*" (Begley und Brant, 1994). Die Titelseite der Nummer 12 des Time Magazine vom 12.09.1994 trug die Überschrift: *Revenge of the killer microbes*; in einem der Artikel wurde auf die Herausforderung durch die multiresistenten Bakterien verwiesen. Schon im Jahr 1993 starben in den USA 13.300 Krankenhauspatienten auf Grund von multiresistenten Bakterien (whyfiles). Heute gibt es für alle wichtigen Krankheiten Stämme, die gegen Antibiotika resistent sind (ACP, 2003; NIAID, 2000). Die pharmazeutischen Unternehmen reagieren darauf, indem sie immer stärkere Antibiotika mit einem weiteren Wirkungsspektrum herstellen - cephalosporins und fluoroquinolones – womit sie wiederum immer stärkere und resistenter Supermikroben schaffen (Wise, et al, 1998).

Dieses Rennen ohne Ende hat jetzt seine impliziten Grenzen erreicht. Die Anzeichen, dass sich der technologische Trajektorie der Antibiotika sich seinem Ende nähert, kommen direkt von den pharmazeutischen Unternehmen. Nur zwei Antibiotika mit neuen Wirkmechanismen sind seit 1998 genehmigt worden. Einige Unternehmen wie Eli Lilly and Co. oder Roche Holding AG geben die Antibiotika-Herstellung auf. Andere kürzen ihre Investitionen. Der Grund liegt in der schnellen Anpassung der Mikroben an Antibiotika (Hirschler und Pierson, 2004). Die Entwicklungskosten für ein neues Medikament können mehr als 500 Millionen Dollar betragen (Kettler, 2002), die in den 20 Jahren der Patentgültigkeit wieder hereingeholt werden muss. In den ersten 12 Jahren deckt das Unternehmen seine Kosten. Die letzten 8 Jahre sind Gewinnjahre (Grabowski und Vernon, 1994). Die Probleme entstehen, wenn die Mikroben sich in den ersten 12 Jahren an die Antibiotika anpassen. Und ist das Medikament einmal nutzlos geworden, verkauft das Unternehmen es nicht und erzielt keinen Gewinn oder deckt sogar die Kosten nicht mehr. Das scheint die normale Situation zu sein, da sich die Mikroben immer schneller anpassen. Außerdem erhöht der zu starke Gebrauch von Antibiotika den mikrobiellen Selektionsrhythmus, die Mutationen und die Resistenz. Es bildet sich ein *Circulus vitiosus*: die pharmazeutischen Unternehmen müssen mehr Antibiotika verkaufen, ihr erhöhter Konsum beschleunigt die Resistenz der Mikroben und die Resistenz macht die Antibiotika nutzlos. Dieser Umstand ist so bekannt, dass die Pharmaindustrie schon unruhig die genetische Medizin erwartet, die sich an die Umstände jedes Individuums anpasst.

Es ist eindeutig, dass sowohl die Behandlungsmethode, als auch die Medizin in ihrem Entwurf die Merkmale der gesellschaftlichen Verhältnisse tragen, in denen sie entstanden sind. Das Ergebnis ist eine eindeutig klassenorientierte Medizin. In Nordamerika, Japan und Europa, die zusammen 23% der Weltbevölkerung darstellen, ist 80% des Medikamentenmarktes konzentriert. Dagegen existiert in der Mehrheit der Länder mit geringerem Einkommen keine gute Medikamentenversorgung, sei es, weil kein Geld für deren Ankauf vorhanden ist, sei es weil es keine Medikamente für die wichtigsten Krankheiten der armen Länder gibt. (MSF/DND, 2001). Die pharmazeutischen Unternehmen haben kein Interesse daran, die Krankheiten der Armen zu erforschen. Laut einem Bericht von "Ärzte ohne Grenzen" (Médecins Sans Frontières), wurden von 1972 bis 1997 ungefähr 1.450 neue Arzneimittel (neue chemische Zusammensetzungen) kommerzialisiert. Aber von diesen waren nur 13 darauf ausgerichtet, tropische Infektionskrankheiten zu behandeln, die von der Weltgesundheitsorganisation als bedeutend eingestuft werden. Zwei von diesen dreizehn waren aktualisierte Varianten von schon bekannten Arzneimitteln, zwei waren das Ergebnis militärischer Forschung, fünf waren das Ergebnis von Tierforschungen, eines war das Derivat chinesischer Pharmakopöe. In anderen Worten heißt das, dass nur drei als genuine Produkte der Forschungs- und Entwicklung okzidentaler pharmazeutischer Unternehmen angesehen werden können. (Trouiller, et al., 1999).

Die komplementären und alternativen Heilmittel passen sich nicht auf gleiche Weise an den Markt an und können daher trotz der Nachfrage der Verbraucher (Fisher & Ward, 1994; Eisenberg et al., 1998) oder der Medizinstudenten (Lundberg et al, 1998) nicht gewählt werden. Die unermüdliche Opposition gegen alternative Heilmittel durch Politik, Jurisprudenz und Forschung der vorherrschenden klinischen Medizin überrascht nicht, ebenso wenig wie der Umstand, dass das *National Center for Complementary and Alternative Medicine* (Institut für komplementäre und alternative Medizin) im Jahr nur über 0,42% des Budget des *National Institutes of Health* der USA verfügt (AAAS, 2003). Trotz der Kluft, die zwischen Forschung und Entwicklung von Arzneimitteln für Reiche und solcher für Arme besteht, und trotz des Bankrotts der Antibiotika, wird sich neue technologische Entwicklungen in der klinischen Medizin nur dann durchsetzen, wenn die neuen Technologien größeren Gewinn als die alten versprechen: die Nanotechnologie ist hier der Hoffnungsträger.

3. Die Nanotechnologie trägt in seinem Entwurf die Marke der kapitalistischen Marktwirtschaft eingeprägt

Die Nanotechnologie ist die unmittelbare Manipulation von Atomen und Molekülen zur Herstellung von Produkten (RS&RAE, 2004). Diese Manipulation schafft funktionale Systeme mit neuen Qualitäten, die sich auf die kontrollierte Kombination ihrer Subeinheiten gründet (Schmid et al, 2003). Die Eigenschaften der auf Nanoebene

bearbeiteten Materie sind nicht dieselben wie diejenigen derselben Materie auf der Makroebene. Das erklärt, warum die Nanotechnologie nicht einfach die Weiterführung der früheren Trends hin zur Miniaturisierung und Robotisierung ist, sondern den Beginn eines neuen Technologiepfades bedeutet, deren Zukunft noch unsicher, aber viel versprechend ist. Bei Anwendung einer bestimmten Technologie kommt die Miniaturisierung an ihre Grenzen. Zum Beispiel kann die wachsende Zahl von Schaltkreisen, mit denen Prozessoren ausgerüstet werden zu von der Miniaturisierung hervorgerufenen Veränderungen der Materialeigenschaften führen, die Stromfluss schwächen können. Es ist daher notwendig, Materialien mit neuen Eigenschaften zu verwenden, und die Nanotechnologie kann dies bieten, indem sie die herkömmlichen physisch-technischen Verbindungen überwindet. Im Unterschied zu den bisher herkömmlichen Verfahren, die das von der Natur vorgegebene physische Material und die ihnen eigenen Verbindungsstrukturen nutzt, um sie auf die Größe des benötigten Objektes zu verkleinern – der Top-down Prozess-, liegt der Ansatz der Nanotechnologie darin, vom Kleinsten (Atome und Moleküle) hin zum Größten (Endprodukt) zu arbeiten – der Bottom-up-Prozess.

Ein anderes Unterscheidungsmerkmal der Nanotechnologie leitet sich aus der atomaren und molekularen Ebene ab, auf der gearbeitet wird. Auf dieser Ebene gibt es keinen Unterschied zwischen belebter und unbelebter Materie, so dass es potenziell möglich wäre, biologische Verfahren auf materielle Prozesse anzuwenden, oder Materialien in lebenden Körper einzuführen, um letztere an bestimmte Zielvorgaben anzupassen bzw. ihnen besondere Vorteile anzubieten, oder auch künstliches Leben zu schaffen, das spezifische Funktionen erfüllen soll. Diese Besonderheit veranlasst die Befürworter der Nanotechnologie zu der Annahme, dass die Implantierung von synthetischen Nanopartikeln in den Organismus keine Reaktionen oder Abwehrmechanismen auslöst.⁶

Obwohl es theoretisch möglich wäre, einen Toaster Atom für Atom zu bauen, so ist es doch praktisch wegen der benötigten Zeit undurchführbar, zumindest so lange bis die Nanotechnologie es nicht schafft, sich selbst replizierende oder sich selbst reproduzierende Maschinen herzustellen, aber das ist nicht eines der unmittelbarsten Ergebnisse dieser neuen technologischen Revolution. Unter praktischen Gesichtspunkten wäre daher die beste Anwendungsform der Nanotechnologie die Kombination von Nanoprodukten mit konventionellen Produkten oder auch die direkte Anwendung der Nanoprodukte, dort wo es möglich ist. Die Nanotechnologie ist eine fruchtbare Feld, da viele ihrer Ergebnisse in Nanogröße verwendet werden, wie bei der Integration von unbelebten Materialien in lebende Organismus mit dem Ziel,

⁶ “La Nanobiotecnología es definida como el campo que aplica los principios y técnicas de la nanoescala para entender y transformar biosistemas (vivos y no vivos) y que usa principios y materiales biológicos para crear nuevos dispositivos y servicios integrados desde la nanoescala” (Roco, 2003, 337).

„ Die Nanotechnologie wird als das Feld definiert, in dem Grundsätze und Techniken auf Nanoebene angewandt werden, um so (lebende und nicht lebende) Biosysteme zu verstehen und zu verändern. Die Nanotechnologie nutzt diese Grundsätze und biologisches Material, um neue integrierte Instrumente und Anwendungen von der Nanoebene aus zu schaffen“ (Eigene Übersetzung)

Medikamente zu verabreichen oder die Blutchemie zu überwachen; bei der Herstellung von synthetischen Materialien mit biologischen Komponenten, wie z.B. bei den hydriden Stoffen; oder bei der Schaffung künstlichen Lebens, das industrielle Funktionen erfüllt (wie die Mikroorganismen die sich von Abfallstoffen oder den Treibhauseffekt verursachenden Gasen ernähren usw. (Gruppe ETC, 2004b).

Tabelle 2		
Nanotherapien hoher Priorität in der klinischen Medizin		
Technologien	Nutzung	Ergebnisse
Nanobioprocessor	Systeme, die das menschliche Verhalten simulieren, um auf spezifische Biomarker ausgerichtete Medikamente auszuprobieren.	Spezifische Arzneimittel für die betroffenen Zellen Kontrolle von Krankheiten von ihrem ersten Auftreten an.
Selbstkontrolle der Funktionen und Dysfunktionen der Nanoanwendung und Nanoimplantate	Erlaubt die Erprobung und Überwachung von biologischen Funktionen auf molekularer Ebene. Es kann an molekulare Prothesen gedacht werden, die defekte Zellkomponenten reparieren und ersetzen. Eine andere Funktion ist das bildgebende Verfahren auf Einzelzellniveau (intracellular imaging), mit dem das schlechte Funktionieren spezifischer Biomarker dargestellt werden kann. Dieses Verfahren kann standardisiert werden und so die Selbstkontrolle durch den Patienten ermöglichen.	Den Verlauf von Krankheiten stoppen, bis hin zur Umkehrung von dysfunktionalen biologischen Prozessen. Anzeige von Veränderungen in den Biomarkern als Mittel zur täglichen Kontrolle. Verlangsamung des Alterungsprozesses und Verlängerung des Lebens.
Forschung und Interventionen in Monitoring und Nanoroboter	Multifunktionale Roboter die Funktionen, z. B. des Gehirns überwachen können. Nanoroboter die chirurgische Interventionen und post-chirurgische Maßnahmen vornehmen.	Überwachung der biologischen Funktionsweise und Korrektur von Dysfunktionalitäten mittels Nanoroboter. Verringerung des Risikos und der Nebeneffekte der Eingriffe auf Grund der für den Körper weniger aggressiven Verfahren.
Multimodalitäten für das Seh- und Hörvermögen	Anwendung mit denen Hör- und Sehvermögen korrigiert, ersetzt und komplementiert werden. .	Erhöhung der Kapazität von Personen, mit Hör- und Sehproblemen .
Hirn-Hirn-Schnittstelle und Hirn-Maschine-Schnittstelle	Die Inkorporation der Nanomaschinen in den ‚neuronalen Raum‘, so dass die Anwendung wie ein Teil desselben Körpers und der Sinnesorgane funktioniert. Möglichkeit Hirnstörungen zu diagnostizieren.	Erhöhung der Sensibilität der motorischen, kognitiven und kommunikativen Entwicklung Implantierte Anwendungen, anstelle der traditionellen peripheren Geräte, die zur Verbesserung des Gedächtnisses, der Wahrnehmung und der Gefühle beiträgt.
Virtuelle Räume	Technologien, mit denen die biologischen Grenzen überschritten werden, so dass die virtuellen Räume genau wie die realen empfunden werden können.	Findet in der Ausbildung der Medizinstudenten Verwendung, aber auch in der Tourismus- und Freizeitindustrie. .
Quelle: Eigene Ausarbeitung auf Grundlage von Bonadio <i>et al</i> , 2001.		

Die *National Science Foundation* der USA (2000) hat ein interdisziplinäres Panel zusammengestellt, um das Potential und die möglichen Folgewirkungen der Nanotechnologie zu studieren. Die Arbeitsgruppe "Improve the Human Health and the physical Capabilities" stellt fest, dass die folgenden 6 Nanotechnologien hohe Priorität besitzen. Eine Zusammenstellung findet sich in der Tabelle 2.

Von den drei großen Interessenbereichen der Nanobiotechnologie (Diagnose, Arzneimittel und Prothesen und Implantate) (Malsch, 2002) sind Arzneimittel und Implantate personenbezogen. Wenn es einen gemeinsamen Nenner für diese Technologien und deren therapeutische Nutzung gibt, ist es die individuelle Behandlung des Patienten (Pilarski et al, 2004). In allen Fällen wird versucht, den Patienten mit bestimmten, Nanokomponenten enthaltenden Produkten zu behandeln oder in Einzelfällen mit Nanobiotechnologie zu experimentieren. Bonadio, ein glühender Verfechter der genetischen Medizin schreibt:

"Drug therapy could truly be personalized: once individual disease patterns are established (e.g., via sensor technology), the patient and physician could work together to develop a rational, personalized regimen of small molecule administration that would be expected to yield improved compliance and better control of disease; this in turn should lessen the cost of disease to U.S. society." (Bonadio, 2002, 204)

Diese Behandlung unterscheidet sich radikal von denen, die auf den traditionellen Arzneimitteln basieren, die man in Apotheken kauft und die in Massen konsumiert werden. Es handelt sich um einen Wechsel von der Massenmedizin hin zur personenbezogenen Medizin, die die genetischen Merkmale, aber auch diejenigen Merkmale mit einbezieht, die sich aus dem jeweiligen körperlichen Entwicklungsprozess ergeben.⁷

Einer der größten Defekte der modernen klinischen Medizin ist ihr generalisierender Charakter⁸, und dort liegt auch der Grund für das Aufkommen der alternativen Heilmethoden wie der Homöopathie oder der Akupunktur, die personenbezogen sind. Obwohl wir uns an den Gedanken gewöhnt haben, dass die Medizin eine Krankheit heilt, ist die Wirklichkeit eine ganz andere. Trotz der Ähnlichkeit zu seinesgleichen, ist jeder Organismus verschieden, was soweit führen kann, dass für eine Krankheit, die als gleich eingestuft wird, unterschiedliche Medikamente benötigt werden. Aber die Ursache für die Verwirrung liegt noch tiefer. Da die klinische Medizin auf dem Prinzip des

* Die pharmazeutische Therapie kann wirklich personalisiert werden: ist einmal das individuelle Muster des Krankheitsverlaufes festgestellt (z.B. mittels Sensortechnologie), können der Patient und der Arzt zusammenarbeiten, um ein rationales und personalisiertes Verfahren zur Verabreichung kleiner Moleküle zu entwickeln, damit, so die Erwartung, bemerkbare Verbesserungen und eine bessere Krankheitskontrolle möglich werden. Das wiederum wird die gesellschaftlichen Kosten der Krankheiten in den USA senken. (eigene Übersetzung)

⁷ Die Marke Bionova stellt personenbezogene Kosmetika her, die vermeintlich auf das Alter, die ethnische Zugehörigkeit, das Geschlecht, den Hauttyp und die physische Aktivitäten abgestellt sind. (Forbes, 2004).

⁸ Pharmazeutiker vertreten die Meinung, dass die Giftigkeit eines Arzneimittels von der individuellen genetischen Ausprägung abhängt und versuchen über genetische Arzneimittel die Behandlungen zu individualisieren (Heller, 2002).

Widerstandes funktioniert, sind wir an den Gedanken gewöhnt, Krankheit sei etwas dem Organismus Äußeres, das diesen angreift. Ist der "Feind" einmal identifiziert, wird versucht ihn zu entfernen, zu töten oder unschädlich zu machen. Gleichwohl ist der Organismus in einer koevolutiven Dynamik voll von Mikroben. Wenn nun der Gesundheitszustand in ein Ungleichgewicht gerät, dann können Bewohner, die bisher friedlich waren, aggressiv werden. Aber jeder Organismus reagiert auf andere Weise und kann andere Arzneimittel benötigen. Die Behandlungsverfahren, die ab dem Moment des Auftretens der Krankheit auf der Verabreichung homogener Arzneimittel gründen, konnten nur wegen des fast ausschließlichen wissenschaftlichen, administrativen und politischen Monopols der klinischen Medizin in den okzidentalen Ländern und der Propaganda aufrechterhalten werden. Die pharmazeutischen Unternehmen wissen das offensichtlich und setzen ihre Hoffnung auf die genetische Medizin um so einen Sprung nach vorne machen und personenbezogene Behandlungen durchführen zu können. Das vom Chefredakteur des The Independent stammende, lange Zitat ist der Erwähnung wert:

Dr. Allen Roses, worldwide vice-president of genetics at GlaxoSmithKline (GSK), Britain's giant pharmaceutical company, acknowledged at a scientific meeting in London that fewer than half of the patients prescribed some of the most expensive drugs actually derived any benefit from them: "The vast majority of drugs - more than 90 per cent - only work in 30 or 50 per cent of the people," Dr Roses said. ...

It is an open secret within the drugs industry that most of its products are ineffective in most patients but this is the first time that such a senior drugs boss has gone public. ...

Drugs for Alzheimer's disease work in fewer than one in three patients, whereas those for cancer are only effective in a quarter of patients. Drugs for migraines, for osteoporosis, and arthritis work in about half the patients, Dr Roses said. Most drugs work in fewer than one in two patients mainly because the recipients carry genes that interfere in some way with the medicine, he said.

"I wouldn't say that most drugs don't work. I would say that most drugs work in 30 to 50 per cent of people. Drugs out there on the market work, but they don't work in everybody." This goes against a marketing culture within the industry that has relied on selling as many drugs as possible to the widest number of patients - a culture that has made GSK one of the most profitable pharmaceuticals companies, but which has also meant that most of its drugs are at best useless, and even possibly dangerous, for many patients (Connor, 2003).

Die Besonderheit und die Hoffnung der Nanotechnologie ist die Personenbezogenheit der Therapien. Gerade dieser Aspekt hat schon Kritik von verschiedenen Seiten ausgelöst, denn die Kluft zwischen denen, die Zugang zu einer solchen Technologie haben und denen, denen sie verschlossen bleibt, könnte sich vergrößern (Sarewitz & Woodhouse, 2003). Insoweit es bedeutet, dass man nicht nur die Ressourcen hat, sondern auch an den Orten wohnt, wo man Zugang zu diesen Behandlungen hat, ist die

große Mehrheit der Weltbevölkerung weit von ihr entfernt. Heute sprechen wir von der *“digitalen divide”*, und morgen von der *“nano divide”* (Yonas & Picraux, 2001, 42-43).

Ebenso liegt ein Problem in der Methode zur Einführung von Nanopartikel in Personen, die im Prinzip vom Körper nicht als fremd erkannt werden. Sogar synthetische Apparate können in hybrider Form funktionieren. Wenn nun aber der Organismus mit der Zeit reagiert, wer entfernt sie dann? Werden die Gegenmittel ebenso schnell wie die Therapien entwickelt? Sind die Anti-Nanopartikel ohne eine Personenbezogenheit effektiv? Oder sind wir in einer Phase, in der die Arzneimittel personenbezogen, aber die Gegenmittel generalisiert sind, so dass das Gegenmittel nur in 30 bis 50% der Fälle wirkt, wenn ein Fehler auftritt?

Eine andere Ungewissheit bezieht sich auf die mögliche *“panoptische”* Kontrolle der Menschen, womit Bezug auf das Gefängnisssystem genommen wird, wie es von Jeremy Bentham entworfen und durch die Arbeiten von Foucault bekannt wurde (Mehta, 2002). Mehta (2002) verweist darauf, dass die neue Medizin eine Kombination der Miniaturisierung der Datenprozesstechnologie, der Datensuche mit Sensoren - einschließlich der im Blutkreislauf zirkulierenden Fluidsensoren - und der notwendigen personenbezogenen Analyse verlangt. Damit wiederum kann die personenbezogene Information zu einem Instrument werden, das für ungewisse Zwecke genutzt wird. Es kann zum Beispiel zu einem Mechanismus genetischer Diskriminierung auf einer angeblichen wissenschaftlichen Basis werden. Es kann in den Händen der Versicherungsgesellschaften zu einem Instrument werden, um Patienten mit hohen Behandlungskosten abzulehnen oder um Kriterien für eine personenbezogene Bezahlung zu schaffen, was die schon in der Bevölkerung vorhandenen Unterschiede im Zugang zu Gesundheitsdienstleistungen noch mehr verstärken würde (Crow & Sarewitz, 2000; Sarewitz & Woodhouse, 2003). Es könnte noch andere Arten von Folgewirkungen haben, wie die Generierung von Wissen, das unter psychologischen Aspekten für Patienten und Beteiligte nachteilige Effekte hat (*toxic knowledge*) (Tenner, 2001) oder von Informationen, die psychologische Risiken bei den Patienten hervorrufen.

Nehmen wir das Beispiel Krebs, eines der für die Nanotechnologie viel versprechendsten Felder. Eines der Probleme sowohl bei der Diagnose als auch bei der Behandlung von Krebs ist, dass die Merkmale eines jeden Krebstypus sehr unterschiedlich sein können, wie auch die Merkmale eines Krebses in den verschiedenen Entwicklungsstadien sehr unterschiedlich sein können (Pilarski, et al, 2004). Gerade hier kommt den Nanorobotern eine herausragende Rolle zu. Eine Überwachung wäre mit einem wenig aggressiven (*invasivem*) Verfahren in Realzeit und auf Zellebene möglich, ebenso wie eine Therapie, die je nach Fall spezifische Arzneimittel einsetzt. Aber das bedeutet eine personenbezogene Kontrolle jedes Patienten und wirft eine Reihe von Fragen und sozialen Risiken auf. In dem Grad, in dem die Gesundheitsversicherung oder das Laboratorium die genetische Karte und die klinische Geschichte eines jeden Patienten vorliegen haben, können sie auch wissen, in welchem Grad existierende Arzneimittel in dem jeweiligen Fall wirken oder nicht, oder

ob sie Sekundäreffekte hervorrufen können. Auf Grund dieser Informationen können sie den Versicherten ausschließen, es sei denn, es existierte ein Organisation, in der Gesellschaft, die dies verhinderte.

In dem Grad, in dem sich die Nanobiotechnologie in der Praxis der Laboratorien und in den Heilmethoden generalisiert, verstärkt sich der Eindruck, dass Gesundheitsprobleme technisch gelöst werden könnten. Der genetische Determinismus als Ideologie und Praxis könnte zu einem verringerten Verständnis der Gesundheitsparameter führen (Keller, 2001; Morange, 2001, zitiert nach Pilarski et al, 2004). Allein die Tatsache, über eine personenbezogenen Behandlungsmethode des Patienten zu verfügen, und über eine Möglichkeit für die Inkorporation einer automatisierten Überwachung in den Organismus, stellt eine bedrückende Neuheit dar. Eine unausweichliche Konsequenz ist die Stärkung des auf technischen Lösungen basierenden Gesundheitsmodells – des medizinischen Modells. Aber Gesundheitsprobleme sind nicht notwendigerweise nur medizinische oder technische Probleme, sondern auch, bzw. zuallererst soziale Probleme – die eines sozialen Modells.

Nehmen wir das Beispiel Infektionskrankheiten. Der Siegeszug neuer Technologien wie der Klimaanlage hat die Entwicklung der Bakterie Legionella gefördert, der Wandel in der Nahrungskette von Vieh und Menschen hat den "Rinderwahn" Bovine Spongiform Encephalopathy und deren menschlichen Variante, die Creutzfeldt-Jakob-Krankheit ermöglicht. Veränderungen in der Umwelt und Bodennutzung, wie z.B. die Nutzung von neuen Arealen durch Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Bergbau hat die Ausbreitung von Ebola-Fieber und Lassa-Fiebers gefördert. Die Verschmutzung von Wasserläufen und -quellen erleichterten die Ausbreitung von Kryptosporidiosis Die erhöhte internationale Mobilität von Menschen und Waren kann zur Ausbreitung von Malaria, Dengue-Fieber, Sars, Meningitis und anderen Krankheiten beigetragen haben. Auch der Klimawandel hat die Emigration von Krankheitsüberträgern in neue Gebiete und somit die Übertragung von Malaria, Dengue- und Gelbfieber ermöglicht. Gewisse Veränderungen im menschlichen Verhalten, wie z.B. in den Sexualbeziehungen oder im gestiegenen Konsum gespritzter Drogen oder Tätowierungen haben zur Verbreitung von bestimmten Infektionskrankheiten beigetragen. Die Lockerung von Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit aus ökonomischen Gründen oder der Glaube, dass bestimmte Krankheiten ausgerottet wären, erlaubten das schnelle Wiederauftreten von Krankheiten wie Diphtherie, Cholera usw. Kriege zerstören die Ökosysteme, vergiften die Umwelt, zerstören die Infrastrukturen und Dienstleistungen und sorgen damit für ideale Bedingungen für die Ausbreitung von Infektionskrankheiten . Das urbane Wachstum, Ballungszentren in den Städten ohne effiziente Abwassersysteme, ohne Trinkwasser und Abfallentsorgung sowie die wachsende Armut im Allgemeinen stellen die ideale Grundlage für die Ausbreitung von Infektionskrankheiten dar. In all diesen Fällen liegen die letztendlichen Ursachen des Ausbruches von Epidemien nicht im neuen Auftauchen einer Mikrobe, sondern im sozi-ökonomischen Wandel und auch im Wandel des individuellen Verhaltens begründet. In Situationen extremer Armut werden zum Beispiel die durch medizinisch technische Maßnahmen wie Schutzimpfungen und

Antibiotika ausgerotteten Krankheiten schnell durch andere ersetzt (Evans, et al, 1994). Bei bestimmten Krankheiten ist sogar der Erfolg der medizinischen Methode auf sozialer Ebene zweifelhaft. Außer bei Polio und Pocken, sind die Infektionskrankheiten in den USA – und den meisten entwickelten Ländern – schon vor der Massenschutzimpfung um mehr als 90% zurückgegangen, was den Fortschritten in den hygienischen Bedingungen, in der Ernährung und der Wohnsituation geschuldet ist.

Es gibt viele Beispiele, die zeigen wie die Bevölkerungsorganisation und der Prozess des sozialen Empowerments nicht nur für Maßnahmen der Gesundheitsvorsorge entscheidend ist, sondern auch als Form der psychologischen Unterstützung, die den Wiedergenesungsprozess der Patienten beschleunigt (Stoneburner & Low-Beer, 2004; Shin et al, 2004, Harpham, et al, 2002).

Der medizinische Ansatz trägt außerdem dazu bei, technische Unterscheidungen zwischen normal und pathologisch zu treffen. Das Ziel des medizinischen Ansatzes ist die Heilung der Krankheit, daher gewinnt aus dieser Perspektive die Bestimmung, was normal und was pathologisch ist, an Bedeutung. Die Identifizierung einer Beziehung zwischen HIV (Humane Immundefizienz-Virus) und AIDS (Acquired Immuno Deficiency Syndrome - Erworbenes Immundefekt-Syndrom) hat zu einer sozialen Segregation, Vorurteilen gegenüber den Infizierten und einer Risikokultur geführt. Nur mit großen öffentlichen Kampagnen und besonderen politischen Anstrengungen war es möglich, die Segregation wieder umzukehren und die Erkrankten in das gesellschaftliche Leben zu integrieren. Jetzt kann Ähnliches mit physischen Mängeln geschehen. Wenn die Bionanotechnologie erst einmal dazu benutzt wird "genetische Mängel zu korrigieren", könnte sich das Konzept des Normalen auf all die ausweiten, die "korrigiert" werden können und so die Grundlagen für eine neue soziale Diskriminierung schaffen (Wolbring, 2002). Und selbst die Neubestimmung der Normalität kann zu einem endlosen Prozess werden, wenn wir an die Möglichkeit der hybriden Implantate denken, um das Gedächtnis, das Gehör, die Sehfähigkeit und andere physische Qualitäten zu verbessern⁹. Werden diejenigen anormal sein, die nicht über den Chip, der das implantierte Gen der Fledermaus *Glossophaga soricina* in Gang setzt, die eine ultraviolette Sicht ermöglicht? Falls es nicht parallel ablaufende gesellschaftliche Prozesse der Bewusstseinsbildung zu den Grenzen der Technologie gibt, kann sich das medizinische Modell behaupten und sogar die Ausweitung der Segregations- und Differenzierungsmechanismen ermöglichen, die auf der Grundlage dieses neuen Konzeptes von Normalität funktionieren.

Dass die Bionanotechnologie das Siegel des Kapitalismus trägt, manifestiert sich dadurch, dass alles auf eine neue höhere Abhängigkeit der Patienten von den Laboratorien und der pharmazeutischen Industrie hindeutet. Ein Großteil dieser

⁹ „It is clear that recent advances in nanotechnology could significantly impact the development of brain-machine interfaces and neuroprosthetic devices. By establishing direct links between neuronal tissue and machines, these devices could significantly enhance our ability to use voluntary neuronal activity to directly control mechanical, electronic, and even virtual objects as if they were extensions of our own bodies.“ (Nicoletis, 2002 p-251).

Technologie bedeutet das Einführen von Nanopartikeln in den Patienten. Das geschieht z.B. bei der Kontrolle des Arzneimitteltransports in bestimmten Zellen und Organen, bei Nanooperationen, Ersatz oder Hybridisierung synthetischer mit biologischen Körpern, der Wiedergewinnung von Gewebe usw. Wird der Patient gegen die verschiedenen Mediziner und Laboratorien, die ihm ein Implantate eingesetzt haben, klagen können wegen der unvorhergesehen Folgewirkungen der Aktivitäten von bestimmten Nanopartikeln, die sich mit seinem eigenen Körper vermischt haben? Wenn die Nanopartikel tatsächlich im Organismus integriert sind, wie kann dann der Patient begründen, dass es gerade sie waren, die die negative Reaktion hervorgerufen haben? Können die Laboratorien den Patienten wegen Verleumdung vor Gericht bringen, da keine Spuren der Nanopartikeln im Organismus mehr nachweisbar sind? Und wenn die Reaktion unerwartet nach 10 oder 20 Jahren auftreten? Die dahinter stehende Frage lautet in jedem Fall: Wie kann sich der Patient von dem Genom wieder befreien?

Die in den Körper inkorporierten Nanosensoren werden als die letzten Fortschritte in der Nanobiotechnologie angesehen. Diagnosegeräte, die durch biomikroelektronische Mechanismen (bioMEMS) an den genauen Punkt der Therapie gelangen, können Sensoren, Nano-Analyselaboratorien (lab-on-a-chip) beinhalten und realisieren ihre Aktivität auf der Grundlage einer mechanischen und elektronischen Siliziumstruktur. Über die damit verbundenen Vorteile hinaus, haben diese Geräte den merkantilen Vorteil, dass sie einen großen Teil der Arbeit der Mediziner unnötig macht (Berry, 2002) und viele Tätigkeiten vereint, die bisher auf verschiedene Institutionen und Analyselaboratorien verteilt sind. Auch unter diesem Gesichtspunkt trägt die Nanotechnologie das Wasserzeichen derjenigen Marktbeziehungen, in denen sie entstanden ist.

Weit entfernt sind wir vom Freiheitsgedanken der Französischen Revolution, der auf politischer Ebene die Freiheit widerspiegelt, auf dem Markt frei kaufen und verkaufen zu können, der von der Bourgeoisie dieser Epoche gegen die von den Großgrundbesitzern aufrechterhaltenen Beschränkungen erkämpft wurde. Im verstärkten Maße macht der Kauf eines Produktes den Käufer abhängig vom Produktvertreiber. Die Folgedienstleistungen sind ein Monopol des Verkäufers. So etwas Ähnliches geschah mit Computern und Software. Wenn ein Betriebssystem (Windows, Macintosh etc.) ausgewählt ist, ist der Kunde von den Up-dates abhängig. Das, was schon immer in mehr oder weniger und in Varianten geschehen ist, droht jetzt im Fall der Nanotechnologie zu einer absoluten Kontrolle zu werden, da der Gnom im Körper oder der Umwelt ist und sich mit ihnen mischt.

Die Anwendung der Nanosensoren im menschlichen Körper ermöglicht die frühzeitige Identifizierung von Veränderungen in den Bioindikatoren und somit die Behandlung der ersten Symptome einer Krankheit. Das schafft eine größere Nachfrage nach Methoden der Früherkennung und eine größere Abhängigkeit von Laboratorien und pharmazeutischen Unternehmen. Erkennung und Behandlung werden generalisiert, wobei viele davon unnötig sind, da der eigene Körper fähig wäre, die Mehrheit der Ungleichgewichte zu überwinden, wenn die ersten Symptome auftreten (Sarewitz &

Woodhouse, 2003, 69-70). Auf diese Weise wird nicht nur der Körper kontrolliert, sondern Schritt für Schritt werden die natürlichen Körperfunktionen durch künstliche auf den Markt käufliche Funktionen ersetzt. Und diese Prozesse tragen ebenso dazu bei, die Immunität zu schwächen und binden so den Patienten zunehmend an das System der klinischen Medizin.

Die Merkantilisierung hat mit der Substitution des von der Großmutter gefütterten Huhnes durch die tiefgefrorenen Hühner des Supermarktes begonnen. Später wurde die handgewobene und –genähte Kleidung durch die Sonderangebote in den Untergeschossen der Kaufhäuser ersetzt, und die Kutsche des Großvaters durch den Ford T. Später wurden organische Funktionen ersetzt, wie z.B. durch Abführmittel, die den natürlichen Prozess unterstützen oder durch Herzschrittmacher. Mit den Nanosensoren müssen Sie sich nicht mehr darum sorgen, etwas zu fühlen, ein Mitglied der IFPMA¹⁰ wird Ihnen ein Kontrollgerät verkaufen, das sie inkorporiert in der Armbanduhr tragen werden und das ein Rotlicht blinken lässt, wenn Sie sich ins Private zurückziehen müssen.

Es klingt tragikomisch, wenn nicht nur tragisch, wenn Verfechter dieser Technologie von gering invasiven oder benignen invasiven Verfahren sprechen in der Annahme, dass die Hybridisierung perfekt sein wird und die Körper nicht auf die Implantate reagieren. Tragisch ist es, da sie, auch wenn es gelingt, weniger invasiv auf den Körper zu wirken (auf individueller Ebene), sie doch stärker invasiv auf den Menschen (dem sozialen Wesen) wirken werden. Jetzt dringen die Laboratorien und die pharmazeutischen Unternehmen in die Personen, um sie mit Transplantaten an sich zu binden, von denen sie sich nicht ohne Einverständnis des Eindringlings befreien können.

Schlussfolgerungen

Die technische Revolution hat immer gegensätzliche Meinungen über ihre sozialen Folgen hervorgerufen. Für Viele ist der technische Fortschritt an sich ein Gewinn, aber das ist nur eine oberflächliche Meinung zu den Ereignissen. Die während der industriellen Revolution entwickelte Dampfmaschine unterwarf die Arbeiter einer langen Qual. Die Antibiotika haben vielen das Leben erleichtert, haben die Menschen aber auch anfälliger und die Mikroben stärker gemacht. DDT diente dazu, viele andere Mikroben zu töten, aber ist noch in der Umwelt vorhanden und hat Folgen für die Gesundheit der Menschen und anderer Lebewesen. Die Kernenergie wurde zur sauberen Lösung des Energieproblems erklärt, aber die Unfälle und nicht vorgesehenen Ereignisse haben sie schnell in die Kritik gebracht. Es gibt eine große Diskussion über die möglichen Folgewirkungen der genetisch modifizierten Lebensmittel auf die

¹⁰ International Federation of Pharmaceutical Manufacturers y Associations.

Gesundheit und die Umwelt. Heute steht die Welt vor dem Beginn einer neuen technologischen Revolution: der Nanotechnologie. Wie schon in den vorherigen Beispielen erklären die glühenden Verfechter sie zur Lösung der Probleme dieser Welt. Zur Lösung in Bereichen, zu denen in der Aktualität die Besorgnis groß ist, wie beim Umweltschutz, Wasser oder der Gesundheit. Indem sie Molekül für Molekül konstruiert, verspricht die Nanotechnologie, keinen Abfall zu verursachen. Die Kontrolle der Molekularebene verspricht die Atmosphäre und das Wasser zu reinigen. Da die Nanokomponenten in den menschlichen Körper eintreten und sich dort wie eine Virus bewegen, versprechen sie eine Verlängerung des Lebens (um bis zu 50%) über Mechanismen, die Schäden auf der Zellebene korrigieren, den Körper regenerieren und vieles mehr.

Das all dies und noch mehr möglich sein wird, ist vielleicht nur eine Frage der Zeit. Aber eine Technologie entsteht und entwickelte sich nicht im luftleeren Raum. Das soziale Umfeld drückt dem technischen Entwurf einen eigenen Stempel auf, der über die praktischen Ergebnisse der Technologie hinaus der Entwicklung der gesellschaftlichen Machtverhältnisse förderlich ist. Die in der Medizin zur Anwendung kommende Nanobiotechnologie hat die Besonderheit, dass die Hauptentwicklungslinien auf eine personenbezogene Behandlung der Patienten hinauslaufen. Das ist unter medizinischen Gesichtspunkten ein großer Fortschritt gegenüber den in Massen konsumierten Arzneimitteln wie den Antibiotika, ist aber gleichzeitig ein zweiseitiges Schwert. Zunächst, weil es die Kluft in der gesundheitlichen Versorgung auf der Welt leicht vertiefen kann. Nur die wirtschaftlich gut situierte Bevölkerung der reichen Länder wird diese Technologie nutzen können. Außerdem werden sich die besagten Patienten als Subjekte derjenigen sehen, die ihnen genome Komponenten in den Körper injizieren werden.

Cuando los Gnomos vienen marchando

Implicaciones de la nanobiotecnología

Guillermo Foladori & Noela Invernizzi
Universidad Autónoma de Zacatecas, Mexico

Primera Publicación

Foladori, Guillermo & Noela Invernizzi (2005) *Cuando los Gnomos vienen marchando. Implicaciones de la nanotecnología*; en Revista Theomai. Estudios sobre Sociedad, Naturaleza y Desarrollo. N° 12, 2º semestre 2005 [ISSN: 1515-6443]

Ficha bibliográfica

Foladori, Guillermo & Noela Invernizzi (2006) Cuando los Gnomos vienen marchando. Implicaciones de lananotecnología. dia-e-logos. Revista de Ciencias Sociales. Vol. II, nº 2,. 15 de agosto de 2006 [<http://www.dia-e-logos.com>].

Resumen: Se piensa que la nanotecnología sea la próxima revolución tecnológica. Se argumenta que afectará todas las ramas de la economía. En medicina la nanobiotecnología promete, entre otras cosas, un sistema de monitoreo dentro del propio cuerpo que detecte el surgimiento de enfermedades en tiempo real, drogas enviadas directamente a las células afectadas, sistemas híbridos que permitan corregir problemas de audición y visión, fármacos adaptados a la constitución genética individual, y un alargamiento de los años de vida. Críticos prevén consecuencias imprevistas para la salud. Pero, poco se dice de los efectos de la nanotecnología en el control de los pacientes por los laboratorios y empresas de nanocomponentes. En este ensayo mostramos que la nanotecnología también obedece al contexto social en que fue creada (Sarewitz, et al., 2004), y sus resultados no pueden más que profundizar la dependencia de los pacientes respecto de las corporaciones farmacéuticas.

Introducción

Los productos de la nanotecnología ya abarcan desde el calzado hasta los cosméticos, y de productos para la aeronáutica a las llantas de automóviles (Forbes, 2004). En medicina se esperan laboratorios en chips (lab-on-a-chip) que con velocidad puedan hacer análisis de pruebas de sangre, mecanismos automáticos de distribución dentro del cuerpo de drogas anti-cáncer y bombas para suministrar insulina, terapias genéticas o implantes y prótesis con materiales nanoestructurados (Malsch, 2002). Si en las próximas décadas esta tecnología se difunde y vuelve hegemónica, como anuncian sus voceros, es posible que muchos aspectos de las relaciones económicas entre países, de la vida cotidiana, y de la relación de la sociedad con la naturaleza se modifiquen (Roco y Bainbridge, 2001). Pero, que existan cambios no significa que se cumplan las esperanzas que los visionarios de la nanotecnología divulgan, como una tecnología capaz de solucionar la mayoría de los problemas del mundo, al menos los relacionados con la alimentación energética, agua potable, basura y salud, lo que no es poca cosa¹.

Como resultado de recientes promesas no cumplidas, como las asociadas al supuesto beneficio de la energía nuclear o a los organismos genéticamente modificados, la nanotecnología ya ha despertado grandes controversias. Existen críticas sobre los posibles efectos de las nanopartículas sobre la salud o sobre el medio ambiente (ETC group, 2003). También hay preocupación sobre el efecto que tendrá esta tecnología en los países pobres y en la distribución de la riqueza (Foladori e Invernizzi, 2005). Las aplicaciones militares son de enorme preocupación, y han dado lugar a muchos artículos (Altmann y Gubrud, 2004); y también lo son los posibles usos de los dispositivos nanotecnológicos de sensoreamiento y comunicación para el control de los individuos (Mehta, 2002).

A pesar que todavía hay quienes consideran que la tecnología es una cosa neutra, que puede ser utilizada para diferentes fines, la mayoría de los estudiosos de la tecnología reconocen que tecnología y sociedad coevolucionan, existiendo una interdependencia entre ambas (Sarewitz y Woodhouse, 2003). Cuando el grupo ETC (2004a), por ejemplo, sostiene que no puede esperarse mucho de la revolución de la nanotecnología porque está en manos de las grandes corporaciones multinacionales, está reflejando la idea de que la tecnología está condicionada por las relaciones sociales y de poder de las cuales nace.

En este artículo argumentamos que la nanotecnología lleva en su propio diseño los "genes" del contexto social en que fue creada, reforzando las relaciones sociales prevalecientes (Sarewitz, et al., 2004). Ejemplificando con la nanobiotecnología, argumentamos que los nanoproductos están orientados a estrechar la dependencia del consumidor respecto del mercado.

¹ WiredNews, 09/09/2002.

2. La neutralidad de la tecnología es sólo relativa, si lo es

Se dice que en el año I d.c. Herón de Alejandría inventó la aeolipile, primera máquina de vapor. Fue diseñada y exhibida para abrir las puertas de un templo, pero no fue aplicada a la producción. También inventó máquinas hidráulicas y diversos instrumentos. Presumiblemente sólo los de guerra fueron aplicados. Los estudiosos de la tecnología distinguen el invento de la innovación; esta última requiere la aplicación práctica del invento a diversas ramas de la economía. Los antiguos griegos realizaron muchos inventos, pero pocas innovaciones. Los grandes filósofos, como Platón y Aristóteles explicaron esto de forma simple: no es digno crear instrumentos que van a ser usados por esclavos. El desarrollo de la tecnología era incompatible con el trabajo esclavo, (Anderson, 1979, Dierckxsens, 1983)².

Nadie duda que la tecnología tenga tremendos impactos en la sociedad. Es común, sin embargo, pensar que la tecnología es algo separado de la sociedad y que la impacta desde fuera. Como actualmente muchos avances científicos son desarrollados en instituciones públicas, pareciera que pueden ser utilizados en cualquier contexto social, o por lo menos que son política y económicamente neutros. Este es el caso de la nanotecnología. Hasta principios del 2005 el grueso del financiamiento para la investigación en nanotecnología provenía de fondos públicos (NanoxChange, 2004), por lo que parece no ser una necesidad de la gente, ni una demanda del mercado (market pull), sino una presión de la ciencia (science push) (Wilsdon y Willis, 2004). Inclusive los estudios de los potenciales impactos sociales de la nanotecnología han sido una imposición de arriba hacia abajo (Bennett y Sarewitz, 2005).

Sin embargo, la imagen de que la tecnología es algo neutro y resultado de inventores bienintencionados no se sostiene. Los antiguos griegos diseñaron instrumentos de trabajo toscos y pesados porque los esclavos no tenían ningún interés en conservarlos y los maltrataban y destruían. En el diseño de los instrumentos podía leerse la marca de las relaciones sociales que los crearon. Las relaciones de esclavitud impidieron que los inventos fuesen generalizados como innovaciones técnicas, y frenaron el desarrollo de las fuerzas productivas. No solamente la tecnología y la sociedad coevolucionan, sino que la tecnología lleva en su diseño los "genes" de las relaciones sociales que les dieron a la luz.

Aquellos que piensan que la tecnología es algo neutro y externo a las contradicciones sociales tampoco están totalmente desorientados. Hay muchas razones para pensar que la tecnología evoluciona independientemente del contexto social y, una vez generalizada, transforma la sociedad. Para comenzar es útil pensar la

² "Para varios escritores la mejora técnica está acompañada de declinación moral y una sospecha de que el avance intelectual y técnico lleva a la oposición al progreso [escribe Beagon]. "Séneca puede ver y aprobar los avances en la ciencia pura, pero la ciencia aplicada es perniciosa. Criticaba cualquier descubrimiento hecho por la mente dirigido hacia la tierra. Un contraste implícito a las observaciones celestiales de los filósofos" (Beagon, 1992, 57).

producción de instrumentos en su forma más genérica, como objetivación de parte de la naturaleza externa con fines de uso futuro.

Mientras el resto de los seres vivos asume la naturaleza de manera inmediata, utilizando los recursos en la medida de la necesidad, el ser humano transforma la naturaleza para usos futuros. De esta manera el producto del trabajo humano se distancia del productor y pasa a adquirir autonomía. Lo que antes era naturaleza, se objetiva. El ser humano se convierte en sujeto de una naturaleza que es su objeto. Este proceso de objetivación presenta varias facetas:

- El producto del trabajo u objeto se separa en el tiempo y en el espacio de quien lo creó. Una cosa es la producción, otra el uso. Esto permite la comparación permanente entre el diseño mental y el resultado final. El productor reflexiona permanentemente sobre las imperfecciones del útil en el cumplimiento de su función. Esta es la base histórica del creciente perfeccionamiento del útil en función de la necesidad.
- La objetivación se expande idealmente a la naturaleza no tocada. El ser humano se distancia reflexivamente del resto de la naturaleza, y la pasa a contemplar como un "juego de armar", posible de reordenar a voluntad.
- El objeto imprime condiciones a quien lo usa, tanto por los materiales, por la función, o la forma de manipularlo. Con ello los instrumentos adquieren una cierta vida propia. Primero, reproduciendo un estado de comportamiento con el medio. El transporte mediante animales de carga, por ejemplo, implica un tiempo, caminos, equipos de reposición, etcétera, totalmente diferentes al transporte carretero. Segundo, reproduciendo un estado de relaciones sociales. La división técnica del trabajo, por ejemplo, está impuesta por el tipo de maquinaria y de materia prima en cada proceso laboral, pero ella, al aplicarse, reproduce particulares jerarquías y medios de control entre los trabajadores. Tercero, influyendo en el condicionamiento físico de la persona, lo que queda claramente expuesto en las distintas enfermedades laborales. La técnica pareciera impactar a la sociedad como una fuerza sobrenatural.
- El objeto creado es un nuevo objeto, esto es, algo que no existía de esa forma con anterioridad. Ello genera nuevas interconexiones con el resto de la naturaleza y la vida humana. Se trata de interconexiones imposibles de prever en su totalidad antes de la fabricación. Surgen así resultados imprevistos y otro argumento para pensar en la tecnología como un ente con vida propia.
- El objeto se convierte en un valor de uso, perdiendo su naturalidad. Todos los objetos útiles son producidos a partir de materia brindada por la naturaleza. Pero una vez que el ser humano la cambia de forma, y convierte en un objeto útil, su materialidad natural deja de importar. Una silla de madera es, ante todo, una silla. Tan pronto se rompe o deteriora, y su utilidad desaparece, la materia de la cual se compone pierde interés. De esta forma los objetos producidos por el ser humano tienen un ciclo de vida: primero se separan de la naturaleza de donde su material fue obtenido, luego se transforman en un objeto útil para la satisfacción de necesidades humanas; luego, cuando dejan de ser útiles, se

convierten en cadáver, distanciándose ahora también de la sociedad humana que le dio a luz. El ciclo de vida identifica a la tecnología con cualquier organismo, reforzando la imagen de autonomía.

A seguir, es útil pensar la técnica en su aplicación cotidiana y en el contexto de la sociedad en que vivimos. También de estas determinaciones surgen fuerzas que hacen pensar que la tecnología es algo independiente, casi con vida propia, que se impone y moldea la sociedad.

- El instrumento está separado del sujeto que lo emplea, de manera que puede ser utilizado indistintamente por diferentes personas y en diferentes contextos. Se presenta con independencia propia.
- Buena parte de los avances en ciencia y tecnología que dieron lugar a nuevas tecnologías fueron inventados en universidades o centros públicos de investigación y no necesariamente en empresas privadas; esto permite suponer que sólo había un interés de utilidad pública en su creación.
- Los instrumentos, máquinas, etc., pueden ser libremente comprados en el mercado, lo cual refuerza la idea de que cualquier persona puede, eventualmente, beneficiarse de sus capacidades.
- Muchos de los resultados imprevistos perjudiciales, como las catástrofes ambientales, afectan a la población en su conjunto, con independencia de las relaciones de propiedad o uso de los instrumentos o procesos. La tecnología discreta encierra un riesgo global (Beck, 1992). Lo cual muestra el carácter externo y generalizador de la tecnología

Pero, así como hay argumentos para pensar que la tecnología es un ente externo, con una dinámica y vida propias, también hay argumentos para mostrar que en su propio diseño la tecnología está reproduciendo las relaciones sociales que le dieron origen. Esto ocurre en todas las épocas económicas, con mayor o menor claridad. Se trata de un proceso de selección, que muchos autores comparan con el propio proceso de selección natural (Hodgson, 1995). Hay, no obstante, importantes diferencias. Por un lado, está la diferencia de quién realiza la selección. Mientras en la evolución de la naturaleza la selección es resultado de la reproducción de las especies en un contexto de lucha y cooperación interespecífica, intraespecífica y con el medio abiótico y los elementos, en el caso de la selección de la tecnología son básicamente las relaciones sociales — y el mercado en el caso del capitalismo — quienes filtran, aunque como tendencia y nunca de manera inmediata o absoluta, aquellas tecnologías que terminan imponiéndose en una trayectoria tecnológica y expresándose científicamente de manera paradigmática (Kuhn, 1962). Por otro lado está la diferencia en la severidad de la selección. Mientras la selección natural no lleva a una actitud maximalista (Gould,

1993, Hodgson, 1995)³, sino solamente tolerante, el capitalismo, en su caso, es despiadado en cancelar las trayectorias productivas que no se ajustan a su dinámica (Luxemburgo, 2003). Esta última distinción es de la mayor importancia para el análisis de la nanotecnología, ya que algunos autores suponen que la hibridación del cuerpo humano con nanoproduitos significa un paso en la evolución, con lo cual pasan a imponer leyes de la economía capitalista al comportamiento biológico (García- Rill, 2002; Llinás y Makarov, 2002). Mientras la evolución natural es un proceso lento, la tecnología puede dar saltos importantes, como lo que ocurre con las llamadas tecnologías desestructurantes (disruptive technologies) que convierten en obsoletas trayectorias tecnológicas competitivas. La nanotecnología promete ser uno de estos tipos de tecnología. Por último, en la evolución natural las divergencias (separación de especies) no tienen ulterior unión, en la evolución tecnológica las distintas ramas tienden a juntarse; la nanotecnología es un ejemplo paradigmático de esta unión entre ciencias de la computación, cognitivas, biológicas, químicas, físicas y otras (Carroll, 2001).

Si prestamos atención a las características de la tecnología capitalista, veremos algunas constantes que tienden a repetirse y hasta profundizarse, se trata de elementos que superan los filtros, y que las tecnologías exitosas conllevan. Estos elementos son indicadores de la “marca de origen” que la tecnología lleva y que responde a las relaciones sociales que le dieron origen.

- Uno de estos elementos es la medida en que su diseño se adapta al funcionamiento del mercado. Siempre existen varios caminos para un objetivo general, pero aquel cuyo diseño mejor se adapta al mercado corre con ventajas. Para favorecer el circuito mercantil el objeto debe ser mejor que su competencia en un sinnúmero de características, entre las cuales están: debe ofrecerse un objeto vendible, de manera de que el consumidor pueda, por sí mismo, obtener en el mercado lo que satisface su necesidad. Tiene que tener el menor tamaño posible, para abaratar el transporte y almacenamiento. Tiene que ser lo menos perecedero posible, para facilitar su distribución. No debe ser fácil de reproducir, para impedir la auto-producción o las copias. Sólo la forma de consumo o uso de la mercancía debe divulgarse, nunca la forma de su fabricación o dispositivos internos, de manera que el cliente esté atado a quien le vendió el producto para fines de reparación, reposición, partes, etc. Tiene que desgastarse rápido, para poder ser sustituido por nuevos productos, y agilizar así la rotación del capital. Todo esto, además, de tener algún grado de eficiencia para cumplir con el uso prometido.
- Productos que poseen patente representan ganancias monopólicas y son mejores que productos que no pueden patentarse. Esta diferencia es de la mayor importancia en los productos farmacéuticos. Toda rama de la economía

³ La escuela ultradarwinista en biología y la neoclásica en economía suponen que todo proceso de evolución es maximalista. Véase Hodgson (1995) y Foladori, (2005) para una revisión comparativa de las teorías de la evolución en biología y en economía.

tiene sus particularidades, derivadas del objeto con el cual trabaja. Lo cual hace que las características de mejor “adaptación” al mercado tengan su especificidad. La mecanización agrícola generalizada, por ejemplo, es posterior a la industria automotriz, por la simple razón que necesitó transformar autos en tractores, y adaptar los primeros a una superficie irregular y de diferente resistencia, al mismo tiempo que acondicionar el trabajo de roturación del suelo, siembra, limpia o cosecha a las peculiaridades de cada vegetal. La medicina tiene muchas particularidades, siendo la más general el hecho de que cada organismo es diferente al resto, y diferente a si mismo en distintas etapas y hasta minutos de su vida. Pero, además, tiene la particularidad de que el organismo reacciona frente a las enfermedades desarrollando anticuerpos, de manera que la medicina se enfrenta a un competidor interno con siglos de experiencia evolutiva, el propio organismo. Sin embargo, los medicamentos que pueden ser vendidos masiva y directamente al consumidor son mejores — mercantilmente hablando — que los remedios individualizados y que los servicios personales. Veamos estas particularidades en la comparación entre la biomedicina, la homeopatía y la acupuntura.

En biomedicina el remedio puede ser claramente separado del servicio del médico, y también comprado directamente por el enfermo. La medicina es estandarizada y el enfermo puede evitar al médico comprándola directamente. En la acupuntura no hay medicina. El servicio personal del médico no puede ser evitado. La homeopatía se ubica entre ambos: la práctica del médico es necesaria porque la medicina es individualizada, de manera que las posibilidades del enfermo de comprar los remedios directamente no son tan simples como en la biomedicina⁴. Aparte de estas diferencias está la cuestión de las patentes. Medicinas ya conocidas no pueden ser patentadas. Ni la acupuntura ni la homeopatía pueden tener patentes como sí la biomedicina. El cuadro 1 ilustra estas diferencias.

El cuadro muestra la intrincada relación entre el proceso de producción-circulación-consumo y las relaciones sociales capitalistas. Las filosofías holistas de la medicina complementaria y alternativa no son relegadas debido a su dudosa efectividad, es el mercado quien elige trayectorias tecnológicas que pueden ser fácilmente subsumidas a su funcionamiento. El mercado no es neutro.

Otra esfera de competencia ocurre a nivel del propio método terapéutico. También el método es sometido a escrutinio por el mercado. En términos generales puede decirse que existen dos filosofías de curación, por detrás de las distintas terapias. Una pretende apoyarse en las propias defensas del individuo, para fortalecerlas. La otra busca, de manera independiente a los sistemas de inmunidad y defensa, combatir la enfermedad. La homeopatía o la acupuntura son ejemplos de la primera filosofía, la moderna biomedicina es un ejemplo de la segunda.

⁴ Las escuelas homeopáticas que combinan varios medicamentos en uno llegan más fácilmente al mercado.

Cuadro 1				
Relaciones entre la terapia y la viabilidad de mercado				
Tipo de terapia	Producto final	Característica del producto	El conocimiento científico de las propiedades del producto queda en:	Patentes
Biomedicina	Mercantil	Masivo	La farmacéutica y débil en el médico	si
Homeopatía	Mercantil	Individualizado	La farmacéutica y fuerte en el médico	no
Acupuntura	Servicio	Individualizado como servicio	El médico	no

Tomemos el caso de los antibióticos, adalid de la biomedicina moderna. Éstos no están dirigidos a desarrollar los anticuerpos, ni a fortalecer la inmunidad interna, sino a combatir las bacterias causantes de la enfermedad. La propia terminología de la biomedicina, hoy en día generalizada, es totalmente bélica: las enfermedades se combaten; una de las principales armas son los antibióticos; hay que atacar las enfermedades antes que se conviertan en epidémicas. ¡Qué mejor imagen de un método por oposición! La acupuntura u homeopatía, al contrario, rememoran la magia por semejanza ya que en ambos casos el método tiende a fortalecer el equilibrio interno y desarrollar los anticuerpos.

El caso de las vacunas, un producto de la moderna biomedicina, es diferente y contradictorio; porque por un lado pretende desarrollar los anticuerpos pero, al introducir material genético de otras especies, desarrolla otro tipo de resultados imprevisibles. De cualquier manera las vacunas no son la punta de lanza de la biomedicina, porque su diseño no corresponde plenamente a los intereses del mercado. A pesar que cuando un Estado impone una vacunación de manera masiva, crea un jugoso mercado, la vacuna se da una o algunas veces en la vida de las personas, mientras los remedios que deben de ser tomados regularmente son más redituables: "La gran cosa sobre los fármacos contra el SIDA es que tienes que tomarlos permanentemente" [The great thing about AIDS drugs is you have to keep taking them] reportó un ejecutivo de una importante corporación farmacéutica (Gellman, 2000). Ello, sin contar con la dificultad de almacenamiento y transporte de muchas vacunas, elementos también contrarios a un diseño acorde con el espíritu mercantil.

Los antibióticos, por su parte, se han constituido en paladín de la medicina en la segunda mitad del siglo XX, por la simple razón de su diseño corresponder más estrechamente que el resto de las medicinas y terapias con los intereses capitalistas.⁵

⁵ Es claro que la mayoría de los profesionales de la salud argumentarán que el éxito de los antibióticos radica en su eficiencia curativa. Esto no está demostrado, ya que existen muy pocos estudios

Casi todas sus características corresponden al ideal mercantil: suficientemente genéricas como para que pocos elementos curativos combatan una amplia gama de enfermedades, o sea, facilitan enormemente tanto la receta como el consumo. Son posibles de ser tomadas directamente por el paciente, comprándolas en la farmacia, y con independencia de la consulta al profesional de la salud. Son fáciles de transportar, almacenar e ingerir. Existe una amplia gama de alternativas, de manera que si una no da resultado siempre hay el recurso de aumentar los miligramos ingeridos o probar con un antibiótico de más amplio espectro. Pero, además de estas características muy pragmáticas existe otra razón de gran peso: los resultados indirectos del consumo de antibióticos. Es hoy en día ampliamente aceptado que el consumo sistemático de antibióticos reduce la inmunidad del organismo. La pérdida de la inmunidad obliga a la persona a consumir más y más antibióticos, en una carrera sin fin, para bien de la industria farmacéutica.

La resistencia de los microbios a los antibióticos se conoce desde hace 50 años, cuando apareció el *Staphylococcus aureus* resistente a la penicilina (NIAID, 2000). El boom en la producción y uso de antibióticos, tanto para destino animal como humano, ha incrementado la resistencia y creado una alarma pública mundial a mediados de los noventa. El 7 de marzo de 1994 la revista *Newsweek* publicaba un artículo llamado *The End of Antibiotics?* (Begley y Brant, 1994). La portada del número 12 de setiembre de 1994 de la revista *Times Magazine* rotulaba *Revenge of the killer microbes*, y en uno de los artículos mencionaba el reto que las bacterias resistentes a las multidrogas significaba. Ya en 1992, 13 300 pacientes de hospitales murieron en los Estados Unidos por bacterias resistentes a las multidrogas (whyfiles). Hoy en día existen cepas resistentes a los antibióticos para todas las principales enfermedades (ACP, 2003; NIAID, 2000). Las corporaciones farmacéuticas reaccionan produciendo antibióticos más fuertes y de espectro más amplio — cephalosporins y fluoroquinolones —, con lo cual crean super-microbios cada vez más fuertes y resistentes (Wise, et al, 1998).

Esta carrera sin fin ha alcanzado sus límites intrínsecos. El signo de que la trayectoria tecnológica de los antibióticos está muriendo proviene directamente de las corporaciones farmacéuticas. Sólo dos antibióticos con mecanismos de acción novedosos han sido aprobados desde 1998. Algunas empresas, como Eli Lilly and Co., o Roche Holding AG están abandonando la producción de antibióticos. Otras están reduciendo sus inversiones. La razón es la rápida adaptación de los microbios a los antibióticos (Hirschler y Pierson, 2004). El costo de desarrollar una nueva droga puede ser más de 500 millones de dólares (Kettler, 2002). Esta suma debe ser recuperada durante la vida de la patente de 20 años. Durante los primeros 12 años la empresa recupera sus costos. Los últimos 8 son años de ganancia (Grabowski y Vernon, 1994). Los problemas surgen cuando los microbios se adaptan a los antibióticos durante los primeros 12 años. Una vez que la medicina no sirve, la empresa no vende y no obtiene ganancia, inclusive puede no recuperar sus costos. Esto parece ser la situación normal,

comparativos de curación a partir de diferentes terapias, y los que hay, por lo general, colocan a los antibióticos en el peor lugar.

ya que los microbios se están adaptando cada vez más rápido. Además, el sobre-uso de antibióticos incrementa el ritmo de la selección microbiana, la mutación y resistencia. Un círculo vicioso se forma: las corporaciones farmacéuticas necesitan vender más antibióticos, el incremento en su consumo acelera la resistencia por parte de los microbios y la resistencia hace a los antibióticos inútiles. A tal extremo es esto reconocido que la industria farmacéutica espera con ansiedad la medicina genética, ajustada a las características de cada individuo.

Es claro que tanto el método terapéutico, como el tipo de medicina llevan, en su diseño, el carácter de las relaciones sociales que le dieron origen. El resultado es una medicina con una orientación claramente clasista. Entre Norte América, Japón y Europa, que suman el 23% de la población mundial, está concentrado el 80% del mercado de drogas, mientras que la mayoría de los países de menores ingresos no tiene una buena cobertura de medicamentos, sea porque no tienen dinero para comprarlos, sea porque no existen medicamentos para las principales enfermedades que afectan los países pobres (MSF/DND, 2001). A las corporaciones farmacéuticas no les interesa investigar en enfermedades de los pobres; según un reporte de Médicos sin Fronteras, entre 1972 y 1997, cerca de 1450 nuevas drogas (nuevas entidades químicas) fueron comercializadas. Pero, de ellas, sólo 13 eran para tratar enfermedades tropicales transmisibles y consideradas como esenciales según el modelo de la Organización Mundial de la Salud. Dos de esas 13 eran versiones actualizadas de otras ya existentes, dos eran resultado de investigación militar, cinco fueron resultado de investigaciones veterinarias, una derivaba de la farmacopea China. De manera que sólo tres pueden ser consideraras como genuinos productos de investigación y desarrollo de las compañías farmacéuticas occidentales (Trouiller, et al., 1999).

Las medicinas complementarias y alternativas no se adaptan de igual forma al mercado y no pueden ser seleccionadas, a pesar de la demanda de los consumidores (Fisher y Ward, 1994; Eisenberg, et al., 1998) o de los estudiantes de medicina (Lundberg et al, 1998). No es de sorprender la infatigable oposición política, jurídica, y académica de la biomedicina hegemónica a las medicinas alternativas (Marwick, 1994); y tampoco que el Instituto de Medicina Complementaria y Alternativa sólo haya recibido el 0.42% del presupuesto de los National Institutes of Health de los Estados Unidos en 2003 (AAAS, 2003). A pesar de las brechas que existen entre la investigación y desarrollo en medicinas de pobres y de ricos, y a pesar de la bancarrota de los antibióticos, la nueva trayectoria tecnológica en materia biomédica sólo se impondrá una vez que las nuevas tecnologías rindan mayores ganancias que las viejas; la nanobiotecnología es la esperanza.

3. La nanobiotecnología lleva en su diseño la impronta del mercado capitalista

La nanotecnología es la manipulación directa de los átomos y moléculas para formar productos (RS&RAE, 2004). Esta manipulación crea sistemas funcionales con nuevas cualidades, debido a la combinación controlada de sus sub-unidades (Schmid, et al, 2003). Las propiedades de la materia trabajada a nanoescala no son iguales a las propiedades de la misma materia en el mundo macro; esto explica que la nanotecnología no sea una simple continuación de tendencias anteriores a la miniaturización o a la robotización, sino que implique el comienzo de una nueva trayectoria tecnológica, cuyo futuro es aún incierto pero promisorio. La miniaturización encuentra sus límites cuando se emplea una determinada tecnología. La impresión de cada vez más circuitos en los chips se enfrenta, por ejemplo, al cambio de propiedades de la materia que deviene de la miniaturización, con lo cual la corriente puede debilitarse. Es necesario contar con materiales con nuevas propiedades, y la nanotecnología puede ofrecerlo, superando la antigua traba físico-técnica. A diferencia del procedimiento hasta ahora convencional de comenzar por la materia física tal como viene dada en la naturaleza, según sus estructuras propias de unión, y reducirla al tamaño de los objetos de uso — proceso top-down, la nanotecnología propone construir de lo más pequeño (átomos y moléculas) a lo más grande (producto final) - proceso bottom-up.

Otra característica distintiva de la nanotecnología deriva del nivel atómico y molecular en que trabaja. A ese nivel no hay diferencia entre la materia biótica y la abiótica, de manera que resulta potencialmente posible aplicar procedimientos biológicos a los procesos materiales, o interferir con materiales en los cuerpos vivos, adaptando estos últimos a determinados fines u ofreciendo ventajas particulares, o también crear vida artificial para desempeñar funciones específicas. Esta peculiaridad hace que los entusiastas de la nanobiotecnología supongan que la implantación de nanopartículas sintéticas en el organismo no generará reacciones o defensas⁶.

A pesar que pueda ser teóricamente posible construir un tostador átomo por átomo, es prácticamente inviable por el tiempo que llevaría; al menos hasta que la nanotecnología alcance la producción de máquinas autoreplicables y autoproductoras, lo que no constituye uno de los resultados más inmediatos de esta nueva revolución tecnológica. De manera que, desde el punto de vista práctico, la mayor aplicación de la nanotecnología será en la combinación de nanoproducidos con productos convencionales, o bien la utilización de nanoproducidos directamente, allí donde es posible. La nanobiotecnología es un campo fértil, ya que muchos de sus dispositivos se utilizan en tamaño de nanoescala, como es la incorporación de materiales no vivos en organismos vivos con el propósito de suministro de medicamentos o monitoreo de la

⁶ “La Nanobiotecnología es definida como el campo que aplica los principios y técnicas de la nanoescala para entender y transformar biosistemas (vivos y no vivos) y que usa principios y materiales biológicos para crear nuevos dispositivos y servicios integrados desde la nanoescala” (Roco, 2003, 337).

química sanguínea, la creación de materiales sintéticos con componentes biológicos como en tejidos híbridos, o la creación artificial de vida para desempeñar funciones industriales (como los microorganismos que se alimentan de desechos, de gases de efecto invernadero, etc. (grupo ETC, 2004b).

La National Science Foundation de los Estados Unidos (2000) realizó un panel interdisciplinario para estudiar las potencialidades y posibles impactos de la nanotecnología. El grupo de trabajo llamado "Mejoramiento de la salud humana y las capacidades físicas" detectó las siguientes 6 nanotecnologías como de alta prioridad. Una síntesis puede verse en el cuadro 2.

Cuadro 2		
Nanoterapias de alta prioridad en el campo biomédico		
Tecnologías	Uso	Resultados
<i>Nano bio procesador</i>	Sistemas que semejan el comportamiento humano, para probar medicamentos dirigidos avbiomarcadores específicos.	Medicinas específicas para las células afectadas. Control de la enfermedad en sus primeras manifestaciones.
<i>Auto monitoreo de funciones y disfunciones con nano-aplicativos nanos-implantados</i>	Permite probar y controlar funciones biológicas a nivel molecular. Es posible pensar en prótesis moleculares que pueden reparar o reemplazar componentes defectuosos en células. Otra función es la imagen intracelular, que puede hacer resaltar el mal funcionamiento de biomarcadores específicos. Este proceso podría ser rutinario y auto-controlado por el paciente en su casa.	Frenar el desarrollo de enfermedades e inclusive revertir procesos de desfuncionamiento biológico. Advertir variaciones en los biomarcadores como mecanismo de control diario. Retardar el proceso de envejecimiento y alargar la vida.
<i>Investigación e intervención de monitoreo y nanorobots</i>	Nanorobots multifuncionales que pueden monitorear el funcionamiento, por ejemplo, del cerebro. Nanorobots que realicen cirugía y recuperación post cirugía.	Monitoreo del funcionamiento biológico y corrección de desfuncionalidades por medio de nanorobots. Disminución del riesgo y efectos secundarios de las intervenciones debido a procedimientos menos invasores del cuerpo.
<i>Multi-modalidades para vista y audición</i>	Aplicativos que corrijan, suplanten o complementen los procesos auditivos y visuales.	Incremento de las capacidades en personas con dificultades auditivas y visuales.
<i>Interfases cerebrocerebro y cerebro máquina</i>	Incorporación de nanomáquinas en el "espacio neuronal", de manera que el aplicativo funcione como una extensión del propio cuerpo y los sentidos. Posibilidad de diagnosticar desordenes cerebrales.	Aumento de la sensibilidad, el desarrollo motor, cognitivo y comunicativo. Aplicativos implantados, en lugar de los tradicionales "periféricos", que puedan incrementar la memoria, la percepción, los sentidos.
<i>Ambientes virtuales</i>	Mecanismos que trascienden las limitaciones biológicas para sentir ambientes virtuales igual que los reales.	Uso educativo, para estudiantes de medicina, pero también para industria del turismo y el ocio.
Fuente: elaboración propia a partir de Bonadio <i>et al</i> , 2001.		

De las tres grandes áreas de interés para la nanobiotecnología (diagnóstico, drogas y prótesis e implantes) (Malsch, 2002) las drogas y las prótesis e implantes son individualizados. Si existe un común denominador en las tecnologías y usos terapéuticos es el trato individualizado al paciente (Pilarski, et al, 2004). En todos los casos se trata de aplicar a un paciente determinados productos con nanocomponentes, o bien de experimentar con nanobiotecnología en características individualizadas. Bonadio, un entusiasta de la medicina genética escribe:

La terapia de fármacos puede ser realmente personalizada: una vez que los patrones individuales de enfermedad son establecidos (e.g. vía tecnología sensorial), el paciente y médico pueden trabajar junto en desarrollar un régimen racional y personalizado de pequeña administración molecular que se esperará que rinda confortables mejoras y mejor control de la enfermedad; esto a su vez bajará el costo de las enfermedades para la sociedad de los Estados Unidos" (Bonadio, 2002, 180).

Esta terapia es totalmente diferente de las tradicionales drogas que se compran en las farmacias y son de consumo masivo. Es un cambio de la medicina masiva a la medicina individualizada según las características genéticas y hasta características derivadas de una determinada historia de comportamiento físico⁷.

Una de las grandes fallas de la biomedicina moderna ha sido su carácter generalizante⁸; y es esta la causa del auge de las terapias alternativas como la homeopatía o acupuntura, que son individualizantes. Aunque nos hemos acostumbrado a pensar que una medicina cura una enfermedad, la realidad es muy otra. Cada organismo es diferente a sus semejantes, a tal extremo que para una enfermedad identificada como igual pueden ser necesarias diferentes medicinas. Pero, la confusión arranca de más atrás. Debido al funcionamiento por oposición de la biomedicina, estamos acostumbrados a pensar que la enfermedad es algo externo al organismo, y que lo ataca. Una vez identificado el "enemigo" se busca como extraerlo, matarlo o inutilizarlo. Sin embargo todo organismo está lleno de microbios en una dinámica de coevolución. Cuando ocurre un desequilibrio en el estado de salud lo que antes eran inquilinos inofensivos se pueden convertir en agresivos. Pero cada organismo reacciona de forma diferente y puede necesitar medicinas diferentes. Las terapias basadas en medicinas homogéneas administradas a partir de las manifestaciones de la enfermedad sólo se han sostenido por el casi completo monopolio científico, administrativo y político de la biomedicina en los países occidentales, y por la propaganda. Las corporaciones farmacéuticas lo saben claramente y depositan la esperanza en la medicina genética para poder dar el salto adelante y realizar tratamientos individualizados. Vale la pena esta larga cita del editor en jefe de *The Independent*.

⁷ La marca Bionova produce cosméticos personales, supuestamente ajustados a edad, raza, sexo, tipo de piel y actividad física (Forbes, 2004).

⁸ Las farmacéuticas consideran que la toxicidad de un fármaco depende de la variedad genética individual, y buscan mediante la genética farmacológica individualizar el tratamiento (Heller, 2002).

El Dr. Allen Roses, vicepresidente mundial de genética de GlaxoSmithKline (GSK), la gigante compañía farmacéutica británica, reconoció en un encuentro científico en Londres que menos de la mitad de los pacientes prescritos con algunos de los fármacos más caros no obtienen ningún beneficio: “La gran mayoría de los fármacos — más del 90 por ciento — sólo son efectivas en un 30 o 50 por ciento de la gente” dijo el Dr. Roses.

.....

Es un secreto a gritos dentro de la industria de las drogas que la mayoría de sus productos son inefectivos en la mayoría de los pacientes, pero esta es la primera vez que un alto jefe de los fármacos lo ha hecho público.

.....

Los fármacos para la enfermedad de Alzheimer funcionan en menos de uno en tres pacientes, mientras que los de cáncer sólo son efectivos en un cuarto de los pacientes. Los fármacos para migrañas, osteoporosis y artritis funcionan en cerca de la mitad de los pacientes, dijo el Dr. Roses. La mayoría de los fármacos funcionan en menos de uno en dos pacientes, principalmente porque quienes los reciben tienen genes que interfieren en alguna forma con la medicina, dijo.

“Yo no diría que la mayoría de los fármacos no funcionan. Diría que la mayoría funcionan en 30 a 50 por ciento de la gente. Los fármacos que están ahí fuera, en el mercado funcionan, pero no funcionan en cualquiera”. Esto va contra la cultura de mercado de la industria que ha descansado en vender la mayor cantidad de fármacos posibles al mayor número de pacientes — una cultura que ha hecho a GSK una de la compañías farmacéuticas mas rentables, pero que también ha significado que la mayoría de sus drogas son, en el mejor de los casos, ineficaces, y aún posiblemente peligrosas para muchos pacientes (Connor, 2003).

La peculiaridad y esperanza de la nanotecnología es la individualización de la terapia. Por cierto que este hecho ya ha desatado varias críticas. Puede llegar a darse una profundización de la brecha entre los que pueden acceder a este tipo de tecnología y lo que no pueden (Sarewitz y Woodhouse, 2003), lo que supone no sólo tener los recursos sino también vivir un en lugar donde se tenga acceso a este tipo de tratamiento; lejos está la gran mayoría de la población mundial. “Hoy hablamos de la “diferenciación digital”, mañana será la “diferenciación de lo nano” (Yonas y Picraux, 2001, 42-43).

También está el problema de los métodos, que suponen introducir en el individuo nanopartículas que, en principio, no serían reconocidas por el organismo como extrañas; podrían inclusive funcionar dispositivos sintéticos de forma híbrida. Pero, ¿y si con el correr del tiempo el organismo reacciona, quien se los quita? ¿Se están construyendo los antídotos en la misma velocidad que las terapias? ¿Serán las anti-nanopartículas efectivas sin individualización? ¿O, entraremos en una etapa en que la

medicina será individualizada, pero el antídoto será generalizado, de manera que cuando ocurra una falla el antídoto sólo funcionara en un 30 o 50% de los casos?

Otra incertidumbre tiene que ver con el posible control “panóptico” de las personas, para hacer referencia al sistema de reclusión ideado por Jeremy Bentham y divulgado en el trabajo de Foucault (Mehta, 2002). Mehta (2002) explica que la combinación de la miniaturización de la tecnología de procesamiento de datos, de captación de información por sensores, inclusive con bases de fluidos que pueden navegar por el torrente sanguíneo, y de la necesidad del análisis individualizado que requerirá la nueva medicina podría convertir a la información personal en un instrumento utilizado con fines inciertos. Podría convertirse, por ejemplo, en un mecanismo de discriminación genética, con bases supuestamente científicas. Podría ser un instrumento para que las aseguradoras rechacen pacientes costosos de curar, o para establecer un criterio de cobro personalizado, lo cual agudizará aún más la diferencia en el acceso a los servicios de salud por parte de la población (Crow y Sarewitz, 2000; Sarewitz y Woodhouse, 2003). También podría tener otro tipo de implicaciones, como la creación de conocimiento psicológicamente perjudicial para los paciente e implicados (toxic knowledge) (Tenner, 2001), o información que desarrolle riesgos psicológicos en los pacientes.

Tomemos el caso del cáncer, uno de los campos donde la nanotecnología más promete. Uno de los problemas en el diagnóstico y tratamiento del cáncer es el hecho de que las características de cada tipo de cáncer pueden ser muy diferentes, y también diferentes pueden ser las características de un mismo cáncer en diferentes etapas de su evolución (Pilarski, et al, 2004). Es aquí donde los nanorobots tienen un papel destacado. Sería posible monitorear, en tiempo real y a nivel celular, con un procedimiento poco invasor, y aplicar terapias con drogas específicas en cada caso. Pero, esto significa un seguimiento individualizado de cada paciente y una serie de interrogantes y riesgos sociales asociados. En la medida en que el seguro médico o el laboratorio tengan el mapa genético e historial clínico de cada paciente, también pueden saber en qué medida las drogas existentes pueden o no actuar sobre dicho caso, o podrían tener efectos secundarios. Basados en esta información pueden desechar al asegurado, si no existe una organización por parte de la sociedad que impida este tipo de desigualdad.

En la medida en que la nanobiotecnología se generalice en las prácticas de laboratorio y métodos terapéuticos, la imagen de que los problemas de salud pueden ser resueltos técnicamente va a reforzarse sustancialmente. El determinismo genético como ideología y práctica podrá reducir la comprensión de los parámetros de la salud (Keller, 2001; Morange, 2001, citados por Pilarski et al, 2004). El sólo hecho de tener un tratamiento individualizado de los pacientes, y de incorporar al organismo mecanismos de monitoreo automáticos, va a representar una novedad abrumadora. Como una consecuencia inevitable, el modelo de salud basado en las soluciones técnicas -modelo médico- se va a fortalecer. Pero los problemas de salud no son sólo ni necesariamente

problemas médicos o técnicos, son también, y en primera instancia problemas sociales -modelo social-.

Pongamos por caso las enfermedades infecciosas. El impacto de nuevas tecnologías como el aire acondicionado fomentó el desarrollo de la bacteria Legionella; el cambio en las cadenas alimenticias del ganado y las personas dieron base a la "vaca loca" Bovine Spongiform Encephalopathy, y a la variante llamada Creutzfeldt-Jakob en los humanos. Los cambios en el medio ambiente y en el uso del suelo, como la explotación de nuevas áreas agrícolas, forestales o mineras expandieron la fiebre de Ébola, o la fiebre Lassa. La contaminación de cursos o fuentes de agua facilitaron la expansión de la Cryptosporidiosis. El aumento del movimiento internacional de personas y mercancías puede haber expandido la malaria, el dengue, el SARS, la meningitis y otras. También el cambio climático permite la migración de vectores a nuevas áreas, transmitiendo la malaria, el dengue, o la fiebre amarilla. Ciertos cambios en el comportamiento humano, como en las relaciones sexuales, o el incremento en el consumo de drogas inyectadas, o el tatuaje pueden ayudar a la difusión de determinadas enfermedades infecciosas. El relajamiento de las medidas sanitarias por razones económicas o por considerar determinadas enfermedades erradicadas permite rápidos rebrotes, como la difteria, el cólera, etc. Las guerras devastan los ecosistemas, contaminan el ambiente, arrasan con los servicios de infraestructura y otros servicios creando las condiciones para la expansión de las enfermedades infecciosas. El crecimiento urbano, el hacinamiento en ciudades sin eficientes sistemas de drenaje, agua potable y recolección de desechos, y el crecimiento de la pobreza en general constituyen una situación propicia para la expansión de las enfermedades infecciosas. En todos los casos, las causas últimas del surgimiento de epidemias no están en la irrupción novedosa de un microbio, sino en cambios socio-económicos y también en el comportamiento individual. En situaciones de extrema pobreza, por ejemplo, una enfermedad erradicada por medios médico-técnicos como vacunas, o antibióticos, va a ser rápidamente reemplazada por otra (Evans, et al, 1994). Inclusive en lo que respecta a una enfermedad en particular el éxito del método médico es dudoso a nivel social. Excepto por la polio y la viruela, las enfermedades infecciosas en los Estados Unidos — y la mayoría de los países desarrollados — habían disminuido más del 90% antes de la vacunación masiva, y debido a mejoras en las condiciones sanitarias, de alimentación y de habitación (Dublin, 1948).

Existen muchos ejemplos de cómo la organización de la población y procesos de empoderamiento social son decisivos no solamente en medidas de salud preventiva, sino también como forma de apoyo psicológico que acelera la recuperación de los pacientes (Stoneburner y Low-Beer, 2004; Shin et al, 2004, Harpham, et al, 2002).

El enfoque médico, conlleva, además, una tendencia a establecer diferenciaciones técnicas entre lo normal y lo patológico. Siendo el fin último del enfoque médico la cura de la enfermedad, la determinación de qué es normal y qué es patológico es, desde esa perspectiva, importante. La identificación de una relación entre el VIH (Virus de la inmunodeficiencia humana) y el SIDA (Síndrome de inmunodeficiencia adquirida) ha

provocado una segregación social, prejuicios hacia los infectados y una cultura del riesgo. No sin largas campañas y políticas públicas específicas ha sido posible revertir la segregación para integrar a los enfermos a la vida en sociedad. Ahora puede suceder algo similar con las deficiencias físicas. Una vez que la bionanotecnología comience a ser utilizada para “corregir defectos genéticos”, el concepto de normalidad se podría extender a todos aquellos que puedan ser “corregidos” generándose las bases de una nueva discriminación social (Wolbring, 2002). Inclusive esta redefinición de la normalidad puede convertirse en un proceso sin fin, si pensamos en la posibilidad de injertos híbridos que mejoren la memoria, audición, visión y otras cualidades físicas⁹. ¿Serán anormales quienes no dispongan del chip que encienda el gen transplantado del murciélago *Glossophaga soricina* que permite la visión ultravioleta? De no existir un proceso paralelo de toma de conciencia por la sociedad respecto de los límites de la técnica, el modelo médico puede prevalecer, facilitando, inclusive, la proliferación de mecanismos de segregación o diferenciación en base a un nuevo concepto de normalidad.

Que la bionanotecnología lleva incorporada la impronta capitalista queda de manifiesto en lo que puede preverse sea una mayor dependencia de los pacientes respecto de los laboratorios e industria farmacéutica. Mucha de esta tecnología supone introducir en el paciente nanopartículas. Esto ocurre en el caso del monitoreo, de la distribución de drogas en determinadas células u órganos, de las nanooperaciones, de la sustitución o hibridación de cuerpos sintéticos con el biológico, de la recuperación de tejidos, etc. ¿Podrá el paciente reclamar a médicos y laboratorios diferentes a los que le hicieron el implante, por efectos imprevistos de la actividad de determinadas nanopartículas que están confundidas con su propio cuerpo? Si las nanopartículas efectivamente se confunden en el organismo, ¿cómo puede reclamar el paciente de que fueron éstas las que le causaron la reacción negativa? ¿Podrán los laboratorios llevar al paciente a juicio argumentando difamación, ya que no hay rastros de nanopartículas en su organismo? ¿Y si la reacción aparece recién 10 o 20 años después? En cualquier situación la pregunta que subyace es ¿cómo se va a librar la persona de los Gnomos?

Se considera que los nanosensores incorporados al cuerpo sean uno de los mayores avances de la nanobiotecnología. Dispositivos de diagnóstico que llegan hasta los puntos exactos de cuidado mediante sistemas bio-microelectromecánicos (bioMEMS) podrán contener sensores, nano laboratorios de análisis (lab-on-a-chip) y hasta realizar actividades a partir de estructuras mecánicas y electrónicas de silicón. Más allá de sus ventajas intrínsecas, estos dispositivos tendrán la virtud mercantil de hacer inútil buena parte del trabajo del médico (Berry, 2002), y centralizar actividades que hasta hoy son realizadas por distintas instituciones y laboratorios de análisis.

⁹ “Es claro que recientes avances en nanotecnología pueden impactar significativamente el desarrollo de las interfaces máquina-cerebro y dispositivos de neuroprótesis. Estableciendo lazos directos entre el tejido neuronal y las máquinas, estos dispositivos pueden expandir significativamente nuestra habilidad de usar actividad neuronal voluntaria para controlar directamente objetos mecánicos, electrónicos e inclusive virtuales como si fuesen extensiones de nuestros propios cuerpos” (Nicoletti, 2002).

También desde este enfoque la nanobiotecnología lleva la marca de agua de las relaciones de mercado que le dieron a luz.

Lejos estamos de la idea de libertad de la Revolución Francesa; que era el reflejo político de la libertad de comprar y vender libremente en el mercado, que la burguesía de la época conquistó sobre las restricciones que la clase terrateniente imponía. Cada vez más la venta de los productos hace dependiente al comprador de quien le suministra el producto. Los servicios sucesivos serán monopolio de quien vendió. Algo semejante ya ocurre con las computadoras y los softwares. Una vez que se seleccionó un sistema operacional (Windows, Macintosh etc.) el cliente quedó atado a sus updates. Esto, que siempre ha sucedido con mayor o menor libertad de variación, ahora con la nanotecnología tiende a ser un control absoluto, porque el Gnomo está dentro del cuerpo o del ambiente y se confunde con él.

La aplicación de nanosensores dentro del cuerpo humano permitirá la identificación temprana de modificaciones en los biomarcadores, con lo cual podrán tratarse las enfermedades en sus primeros síntomas. Esto creará una mayor demanda por análisis tempranos, y mayor dependencia de los laboratorios y las corporaciones farmacéuticas. Se generalizarán exámenes y terapias, muchas de las cuales serían innecesarias, ya que el propio cuerpo se hace cargo de superar la mayoría de los desequilibrios tan pronto surgen indicaciones. (Sarewitz y Woodhouse, 2003, 69-70). De manera que no sólo se controlará el cuerpo, sino se irá sustituyendo, paulatinamente, las funciones orgánicas naturales por funciones artificiales, compradas en el mercado. Por cierto que estos procesos harán disminuir aún más la inmunidad, y atarán crecientemente a los pacientes al sistema biomédico.

La mercantilización comenzó sustituyendo la gallina que criaba su bisabuela por los pollos congelados del supermercado. Luego sustituyó la ropa y los vestidos tejidos y cosidos a mano por los descuentos de sótano de las casas de Departamentos; o el carruaje de su abuelo por el Ford T. Posteriormente sustituyó funciones orgánicas, con laxantes que ayudan a la naturaleza, y marcapasos para el ritmo cardíaco. Con los nanosensores usted ya no tendrá que preocuparse por sentir, algún miembro de la IFPMA¹⁰ le venderá un controlador que llevará incorporado al reloj pulsera y le prenderá la luz roja cuando deba concentrarse en privado.

Resulta tragicómico, si es que nunca llega a ser sólo trágico, que los entusiastas de esta tecnología hable de procedimientos menos invasores o invasiones benignas (less invador, benign invasion) porque suponen que la hibridización será perfecta y el organismo no reaccionará a los implantes. Lo trágico resulta que aunque logren ser menos invasoras del organismo (nivel individual), son más invasores de la persona (ser social). Ahora, el laboratorio o la empresa farmacéutica invaden a la persona misma, para atarla con injertos internos de los cuales no podrá deshacerse sin la voluntad de su captor.

¹⁰ International Federation of Pharmaceutical Manufacturers and Associations.

Conclusiones

Las revoluciones tecnológicas siempre han despertado posiciones encontradas respecto de sus implicaciones sociales. Para muchos el avance técnico es benéfico de por sí, pero esta es una visión superficial de los acontecimientos. La máquina a vapor, desarrollada durante la revolución industrial, sometió a un largo tormento a los obreros. Los antibióticos aliviaron muchas vidas, pero también hicieron a las personas más vulnerables, y a los microbios más fuertes. El DDT sirvió para acabar con otros tantos microbios, pero persistió en el ambiente impactando la salud de humanos y otros seres vivos. La energía nuclear se proclamó como la solución energética limpia, pero los accidentes y resultados imprevistos la pusieron rápidamente en entredicho. Existe una gran controversia sobre los posibles impactos en la salud y el ambiente de los alimentos genéticamente modificados. Hoy el mundo está viendo como se afianza una nueva revolución tecnológica. La nanotecnología. Como en casos anteriores sus entusiastas voceros la proclaman como la solución para los males del mundo. Solución en áreas de gran preocupación y actualidad, como el medio ambiente, el agua o la salud. Construyendo molécula a molécula la nanotecnología promete no generar desperdicio. Controlando a nivel molecular promete limpiar la atmósfera y el agua. Introduciéndose y navegando dentro del cuerpo humano como lo puede hacer un virus, los nanocomponentes prometen alargar la vida (¡hasta en un 50% más!) con mecanismos que corrigen los males a nivel celular, restituyen el cuerpo y mucho más.

Que todo esto, y mucho más, pueda llegar a ser posible es, tal vez, sólo cuestión de tiempo. Pero una tecnología ni nace si se desarrolla en el vacío. El contexto social imprime al diseño de la técnica una marca particular, que favorece el desarrollo de las relaciones sociales hegemónicas, más allá de los resultados prácticos de la técnica. La nanobiotecnología aplicada a la medicina tiene la peculiaridad de que sus principales desarrollos conducen a un tratamiento individualizado del paciente. Esto, que desde el punto de vista médico es un gran avance frente a las medicinas de distribución masiva como los antibióticos, constituye una espada de doble filo. Primero porque puede fácilmente llevar a una aún mayor profundización de la división de la salud a nivel mundial. Sólo la población acomodada económicamente en los países ricos podrá utilizar esta tecnología. Segundo porque aún esos pacientes dichosos se verán sujetos a quienes les insertaron los gnomo-componentes en su cuerpo.

Literatur/ Bibliografía

- AAAS (American Association for the Advancement of Science) (2003). *AAAS R&D Funding Update*. Available from: www.aaas.org/spp/rd. Consultado 17. Juni 1 2003.
- ACP (American College of Physicians) (2003). *Facts & Figures*. www.acponline.org/ear/factsfigs.htm. Consultado 19. Juni 2003.
- ALTMANN, Jürgen & GUBRUD, Mark (2004). Anticipating Military Nanotechnology. En *IEEE Technology and Society Magazine*. Número editado por E. J. Woodhouse. 23(4). (33-40).
- ANDERSON, Perry (1996). *Passages from Antiquity to Feudalism*. London, Verso.
- BEAGON, Mary (1992) *Roman Nature. The Thought of Pliny the Elder*. New York: Clarendon Press.
- BECK, Ulrich (1992). *Risk Society: Towards a New Modernity*. London, SAGE Pub.
- BEGLEY, S. & BRANT, M. (1994). *The end of antibiotics?* Newsweek, 07/03/1994.
- BENNETT, Ira & SAREWITZ, Daniel (2005). Too Little, Too Late?: Research Policies on the Societal Implications of Nanotechnology in the United States. (draft) January 2005. CSPO. ASU. www.cspo.org. Consultado 14. März 2005.
- BERRY, Suzanne (2002). *Honey I've shrunk biomedical technology!* Trends in Biotechnology, 20(1), (3-4).
- BONADIO, J. (2002). Gene Therapy: Reinventing the Wheel or Useful Adjunct to Existing Paradigms? en: ROCO, M. C. & BAINBRIDGE, W. S. (eds), *Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. NSF/DOC-sponsored report. Arlington: National Science Foundation. <http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/>. Consultado 14. März 2005.
- BONADIO, J. & CAULLER, L. & CHANCE, B. & CONNOLY, P. & GARCÍA-RILL, E. & GOLLEDGE, R. & HELLER, M. & JOHNSON, P.C. & KANG, K.A. & LEE, A.P. & LLINAS, R.R. & LOOMIS, J. M. & MAKAROV, V. & NICOLELIS, M.A.L. & PARSONS, L. & PEZ, A. & POPE, A.T. & WATSON, J. & WOLBRING, G. (2000). Improving Human Health and Physical Capabilities. Theme C. Summary. In: ROCO, M. C. & BAINBRIDGE, W. S. (eds). *Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. Arlington; Virginia: National Science Foundation. 2002. (179 ff).
- CARROLL, J. S. (2001). Social Science Research Methods for Assessing Societal Implications of Nanotechnology. In: ROCO, M. C. & BAINBRIDGE, W. S. (Eds). *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology*. Arlington; Virginia: National Science Foundation. (188-193). <http://www.wtec.org/loyola/nano/NSET.Societal.Implications>.
- CONNOR, Steve (2003) Our drugs do not work on most patients. en *The Independent*. 08 December, 2003. <http://www.ahrp.org/infomail/03/12/08.php>. Consultado 18. März 2005.
- CROW, M. & SAREWITZ, D. (2001) Nanotechnology and Societal Transformation. In: ROCO, M. C. & BAINBRIDGE, W. S. (eds) *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology*. Arlington; Virginia: National Science Foundation. (45-54). <http://www.wtec.org/loyola/nano/NSET.Societal.Implications>.
- DIERCKXSENS, Wim (1983) *Formaciones precapitalistas*. México D.F.: Editorial Nuestro Tiempo.
- DUBLIN, L. (1948) *Health Progress 1936-1945*. New York: New York Metropolitan Life Insurance Co.
- EISENBERG, D. & DAVIS, R. B. & ETTNER, S., & APPEL, S. (1998) Trends in alternative medicine use in the United States, 1990-1997: Results of a follow-up national survey. *JAMA*, 280. (1569-1575).

- ETC GROUP (2003) Green Goo: Nanobiotechnology comes alive. Winnipeg: ETC group. www.etcgroup.org. Consultado 3. Januar 2005.
- ETC GROUP (2004a) *Desde el Reino Unido, reporte sobre nanotecnología: más aciertos que errores*. Boletín de Prensa, Jueves, 29 de julio del 2004. www.etcgroup.org Consultado 18. März 2005.
- ETC GROUP (2004b) La inmensidad de lo mínimo: breve introducción a las tecnologías de nanoescala. www.etcgroup.com. Consultado 3. Januar 2005.
- EVANS, R. & BARER, M. & MARMOR, T. (Eds) (1994). Why are some people healthy and others not? The determinants of Health of Populations. New York: Aldine de Gruyter.
- FISHER, P. & WARD, A. (1994) *Medicine in Europe: Complementary medicine in Europe*. British Medical Journal, 309. (107-111).
- FOLADORI, Guillermo & INVERNIZZI, Noela: *Nanotecnología: ¿beneficios para todos o mayor desigualdad?* Revista REDES, Buenos Aires. (en prensa).
- FOLADORI, Guillermo: Una tipología del pensamiento ambientalista. In: FOLADORI, G. & PIERRI, N. *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable*. México D.F.: Miguel Ángel Porrúa editores.
- FORBES (2004). *Nanotech Report*. 3(12), (1-3). www.forbesnanotech.com
- GARCÍA-RILL, Edgar (2002) Focusing the Possibilities of Nanotechnology for Cognitive Evolution and Human Performance. In: ROCO, M. C. & BAINBRIDGE, W. S. (editors) *Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. Arlington; Virginia: National Science Foundation. (201-206). <http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/> Consultado 14. März 2005.
- GELLMAN, B. (2000) A turning point that left millions behind; drug discounts benefit few while protecting pharmaceutical companies' profits series: death watch: aids, drugs and Africa. en *The Washington Post*, 28/12/2000.
- GOULD, Stephen Jay (1993) «Brontosauros» y la nalga del ministro. Barcelona: Crítica, Drakontos.
- GRABOWSKI, H., & VERNON, J. (1994) Return to R&D on new drug introductions in the 1980s. en *Journal of Health Economics*, 13. (383-406).
- HARPHAM, T. Grant, E. & THOMAS, E. (2002) Measuring social capital in health surveys: Key issues" en *Health Policy & Planning*, 17(1), (106-111).
- HELLER, Michael (2002) The Nano-Bio Connection and its Implications for Human Performance. In: ROCO, M. C. & BAINBRIDGE, W. S. (editors), *Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. NSF/DOC-sponsored report. Arlington; Virginia: National Science Foundation. (169-171). <http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies>.
- HIRSCHLER, B. & PIERSON, R. (2004) *Lack of antibiotic research raises concerns*. Reuters. <http://www.healthypages.net/newspage.asp?newsid=3999>. Consultado 2. März 2004.
- HODGSON, Geoffrey. (1995). *Economía y Evolución. Revitalizando la Economía*. Madrid: Celeste.
- KELLER, E. F. (2001). *The century of the gene*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- KETTLER, H. (2002) *Updating the cost of a New Chemical Entity*. The Office of Health Economics. www.ohe.org/Updating.htm. Consultado 30. November.
- KUHN, T. S. (1962) *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: The University of Chicago Press.

- LLINÁS, Rodolfo & MAKAROV, Valeri (2002) Brain-Machine Interface via a Neurovascular Approach. In: ROCO, M. C. & BAINBRIDGE, W. S. (editors), *Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. Arlington; Virginia: National Science Foundation. (216-222). <http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies>.
- LUNDBERG, G., Paul, M. & FRITZ, H. (1998). A comparison of the opinions of experts and readers as to what topics a general medical journal (JAMA) should address. En *JAMA*, 280(3). (288-290).
- LUXEMBURG, Rosa (2003) *The Accumulation of Capital*. London, Routledge.
- MALSCH, Ineke (2002) Biomedical Applications of Nanotechnology. en *The Industrial Physicist*. June/Jul. (15-17). <http://www.aip.org/tip/INPHFA/vol-8/iss-3/p15.pdf>. Konsultiert 15. März 2005.
- MARWICK, C. (1994) Advisory group insists on 'alternative' voice. en *JAMA*, 272(16), (1239).
- MEHTA, Michael (2002) Privacy vs. Surveillance. How to avoid a nano-panoptic future. En *Canadian Chemical News*. Nov-Dec. (31-33).
- MORANGE, M. (2001) *The misunderstood gene*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2001.
- MSF/DND, (Medecins Sans Frontiers /Drugs for Neglected Diseases Working Group) (2001): *Fatal Imbalance. The crisis in research and development for drugs for neglected diseases*. Geneva. www.msf.org.
- NANOXCHANGE (2004) Nanoxchange. Lux Research Releases. en *The Nanotech Report 2004. Key Findings*. <http://www.nanoxchange.com/NewsFinancial.asp?ID=264>. Konsultiert 12. Februar 2005.
- NIAID (National Institute of Allergy and Infectious Diseases) (2000) *Fact Sheet. Antimicrobial Resistance*. www.niaid.nih.gov/factsheets/antimicro.htm. Konsultiert 20. Juli 2003.
- NICOLELIS, M. (2002). Human-Machine Interaction: Potential Impact of Nanotechnology in the design of Neuroprosthetic devices aimed at restoring or augmenting human performance. In: ROCO, M. C. & BAINBRIDGE, W. S. (eds). *Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. Arlington; Virginia: National Science Foundation. 2002. (251 ff).
- PILARSKI, Linda & MEHTA, Michael & CAULFIELD, Timothy; KALER, Karan; BACKHOUSE, Christopher (2004). Microsystems and Nanoscience for Biomedical Applications: A View to the Future. En *Bulletin of Science, Technology & Society*. 24(1), (40-45).
- ROCO, M. (2003) Nanotechnology: convergence with modern biology and medicine. en *Current Opinion in Biotechnology*, 14, (337-346).
- ROCO, M. C. & BAINBRIDGE, W. S. (eds) (2001). *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology*. Arlington; Virginia: National Science Foundation. <http://www.wtec.org/loyola/nano/NSET.Societal.Implications>.
- RS & RAE / Royal Society & The Royal Academy of Engineering (2004). *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. London: The Royal Society & The Royal Academy of Engineering. www.royalsoc.ac.uk/policy www.raeng.org.uk Konsultiert 12. Februar 2005.
- SAREWITZ, D., & WOODHOUSE, E. (2003). Small is powerful. en: *Living with the Genie*. (63-83). Washington D.F.. Island Press.
- SAREWITZ, Daniel & FOLADORI, Guillermo & INVERNIZZI, Noela & GARKINKEL, Michele (2004). Science Policy in its Social Context. En *Philosophy Today. Supplement*. (67-83).

- SCHMID, G. & DECAER, M. & ERNST, H. & FUCHS, H. & GRÜNWARD, W. & GRUNWALD, A. & HOFMANN, H. & MAYOR, M. & RATHGEBER, W. & SIMON, U. & WYRWA, D. (2003) *Small Dimensions and Material Properties. A Definition of Nanotechnology*. Europäische Akademie. Graue Reihe Nr. 35. <http://www.europaeischeakademie-aw.de>. Konsultiert 14. März 2005
- SHIN, S. & FURIN, J. & BAYONA, J. & MATE, K. & KIM, J. & Yong & Farmer, P. (2004). Community-based treatment of multidrug-resistant tuberculosis in Lima, Peru: 7 years of experience. en *Social Science & Medicine*. 59. (1529-1539).
- STONEBURNER, R. L. & LOW-BEER, D. (2004). Population-Level HIV declines and behavioral risk avoidance in *Uganda*. *Science*, 304. (714-718).
- TENNER, Edward (2001). Nanotechnology and Unintended Consequences. In: ROCO, M. C. y BAINBRIDGE, W. S. (eds). *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology*. Arlington; Virginia: National Science Foundation. (241-246). <http://www.wtec.org/loyola/nano/NSET.Societal.Implications/>.
- TIMES MAGAZINE: 12/09/1994. Titular: *Revenge of the killer microbes*.
- TROUILLER, P. & BATTISTELLA, C. & PINEL, J. & PECOUL (1999). "Is orphan drug status beneficial to tropical disease control? Comparison of the American and future European orphan drug acts". en *Tropical Medicine and International Health*. 4(6). (412-420).
- WHYFILES. (2003). *Whyfiles* <http://whyfiles.org/038badbugs/scope.html>. Konsultiert 26. Juni 2003.
- WILSDON, James & WILLIS, Rebecca (2004). *See-through Science. Why public engagement needs to move upstream*. London, DEMOS.
- WIREDNEWS (2002). *Cleaner Living Through Nanotech*. Wired News www.wired.com/news/technology/0,1282,55024,00.html. (09/09/2002, 8:55AM) Konsultiert 22. März 2005.
- WISE, Richard & HART, Tony & CARS, Otto & STREULENS, Marc; et al. (1998). Antimicrobial resistance: Is a major threat to public health. en *British Medical Journal*, 317. (609-617).
- WOLBRING, Gregor (2002). Science and Technology and the Triple D (Diseases, Disability, Defect). en: ROCO, M. C. & BAINBRIDGE, W. S. (Eds): *Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. Arlington; Virginia: National Science Foundation (232-243). <http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/> Konsultiert 14. März 2005.
- YONAS, G. & PICRAUX, S.T. (2001). National Needs Drivers for Nanotechnology. en: ROCO, M. C. & BAINBRIDGE, W. S. (Eds). *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology*. Arlington; Virginia: National Science Foundation. (37-44). <http://www.wtec.org/loyola/nano/NSET.Societal.Implications/> Konsultiert 14. März 2005.



Dia-e-logos war ursprünglich als mehrsprachiges Portal mit einer Zeitschrift für Sozialwissenschaften mit deutschen, englische und spanischen Artikeln und einem Dokumentationszentrum konzipiert. Diese Idee konnte sich leider nicht durchsetzen. Daher haben wir uns entschieden, die mehrsprachige Zeitschrift als auch das Dokumentationszentrum einzustellen und über das Portal dia-e-logos nur noch elektronische Bücher anzubieten, die zum großen Teil Ergebnisse europäischer Projekte sind. Damit die Artikel der sechs Ausgaben der Zeitschrift nicht verloren gehen, haben wir uns dazu entschlossen, sie sowohl einzeln als auch gesammelt in den folgenden Volumen zu veröffentlichen:

Dia-e-logos was conceived as a multilingual portal with a journal with articles in English, German and Spanish and a documentation centre. This idea was not sustainable. For this reason we decided to close the journal and the documentation centre maintaining only the part of the distribution of electronic book on social science issues. In its majority, the books are results of European projects. With the intention to preserve the articles published in the journal, we have decide to publish them separtely and also jointly in the following volumes as:

Dia-e-logos fue concebido como portal multilingüe con una revista y un centro de documentación. Sin embargo, esta idea se mostró insostenible en el tiempo. Por esta razón, se tomó la decisión de cerrar la revista y el centro de documentación del portal dejando abierto solo el apartado para la distribución de libros electrónicos. Estos libros son, en su gran mayoría, fruto de proyectos europeos. Para que los artículos publicados en los seis números de la revista no se pierdan, se ha tomado la decisión de re-publicarlos por separado y conjuntamente en los siguientes volúmenes:

- Vol. I. Nº 1 Sprache in den Sozialwissenschaften
 Language in Social Sciences
 El lenguaje en ciencias sociales
- Vol. II; Nº 1 Technologie und Gesellschaft – Gesellschaft und Technologie
 Tecnología y Sociedad - Sociedad y Tecnología
- Vol. III; Nº 1 Globalised Knowledge Society, New Social Risks and Higher Education
- Vol. III; Nº 2 Higher Education in European social models
- Vol. III; Nº 3 From education to learning: the case of higher education
- Vol. III; Nº 4: The function of Higher Education in the European knowledge society.