Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *99(2008), 295-310*

Rolf Löther

Wechselbeziehungen zwischen Erkenntnis der Lebewesen und Technik

Ist die Natur, sind die Lebewesen vollkommen und Vorbild für die Technik? Trägt die Technik zur Erkenntnis der Lebewesen bei? Wie hängen Technikwissenschaften und Biowissenschaften zusammen? Fragen dieser Art wird im Folgenden nachgegangen. Dabei zeigt sich, dass sich in der Entwicklung der Beziehungen zwischen Naturauffassung, einschließlich der Auffassung von den Lebewesen, und Technik und Technologie verschiedene Perioden unterscheiden lassen.

1 Von Daidalos bis Descartes

„[…] liegt es doch im Wesen der Dinge, die an das Wirken der Natur gebunden sind, möglichst vollkommen zu sein“, schrieb der altgriechische Philosoph Aristoteles (384 – 322 v. u. Z.) in der „Nikomachischen Ethik“ (Aristoteles 2006, S. 22; 1099b). Vollkommen ist etwas, wenn es nicht besser sein kann.

Als vollkommen und nachahmenswert galten auch Lebewesen. Im Mythos von Daidalos und Ikaros (vgl. Jürß 1988, S. 142f.) entzog sich Daidalos mit seinem Sohn Ikaros, die der kretische König Minos im von Daidalos angelegten Labyrinth eingesperrt hatte, der Gefangenschaft durch die Flucht auf dem Luftweg. Er hatte für sich und seinen Sohn Flügel aus Federn und Wachs nach dem Vorbild von Vogelflügeln gebaut, um von Kreta nach Sizilien zu fliegen. Ikaros kam unterwegs der Sonne zu nahe, so dass das Wachs schmolz und er abstürzte. Früher hatte Daidalos u. a. eine Statue der Aphrodite mit durch Quecksilber bewegliche Gliedmaßen geschaffen, quasi einen künstlichen Menschen, und bei der Zeugung des menschenfressenden Tiermenschen Minotauros, einer Kreuzung von Stier und Menschenfrau, technische Hilfe geleistet. Daidalos galt als mythischer Ahnherr aller Künstler und Baumeister, im 20. Jh. nahmen Biologen wie John Burdon Sander-

son Haldane (1892 –1964) und Francois Jacob (geb. 1920) auf diese ziemlich zwielichtige Gestalt als Erfinder auf biologischem Gebiet Bezug (vgl. Löther 2003, S. 120f.).

Im Altertum und Frühmittelalter wurde von der Technik kein erheblicher Beitrag zur Erkenntnis der Naturdinge erwartet. Seit dem Spätmittelalter aber wurden das Universum und die Lebewesen zunehmend als Maschinen betrachtet. Die Maschine wurde als Gleichnis für die Vollkommenheit des göttlichen Schaffens genommen. Nach Erfindung der mechanischen Uhren gewann dabei die Uhrenmetaphorik an Bedeutung und trat seit dem 17. Jh. in den Vordergrund. Zu Beginn dieses Jahrhunderts behauptete der Astronom Johannes Kepler (1571 – 1630), das Universum gleiche einem Uhrwerk. Ein anderer, der diesen Vergleich ebenfalls anstellte, war der englisch-irische Naturforscher Robert Boyle (1627 – 1691). Er meinte, dass sich die Existenz Gottes nicht durch Wunder, sondern durch die vorzügliche Struktur und Symmetrie der Welt offenbare. Das Universum sei keine Marionette, an deren Fäden gelegentlich gezogen werden müsse, erklärte er. Er schrieb: „Es gleicht [vielmehr] einer seltenen Uhr, etwa der des Straßburger Münsters, in der alle Dinge so klug ersonnen sind, dass sie, nachdem die Maschine einmal in Gang gesetzt ist, nach dem ursprünglichen Entwurf des Erbauers von alleine funktionieren und die Bewegungen [...] keine besonderen Eingriffe von seiten des Erbauers oder irgendeines von ihm beauftragten, vernunftbegabten Wesens erfordern. Sie erfüllt vielmehr ihre Aufgabe zu bestimmten Zeiten, wie dies in dem allgemeinen und primitiven Entwurf der Maschine vorgesehen ist“ (zit. nach Whitrow 1999, S. 189).

Mit dem französischen Philosophen, Mathematiker und Naturforscher René Descartes (Cartesius; 1596 – 1650) wurde die Maschinenmetaphorik der Lebewesen zur theoretischen Konzeption, zur Maschinentheorie der Lebewesen (vgl. Steinmüller 1977; Sutter 1988). Sachkundige wissen, „wie viele verschiedenartige *Automaten* oder bewegungsfähige Maschinen die Geschicklichkeit der Menschen zustande bringen kann, wobei sie nur recht wenige Stücke verwenden, im Vergleich zu der großen Vielheit der Knochen, Muskeln, Nerven, Arterien, Venen und all der anderen Teile, die in dem Körper jedes Tieres vorhanden sind. Diese werden daher diesen Körper als eine Maschine ansehen, die, als ein Werk der Hände Gottes, unvergleichlich besser angeordnet ist und in sich bewunderungswürdigere Bewegungen hat als irgendeine von denen, die die Menschen erfinden können“, schrieb er 1637 in seiner „Abhandlung über die Methode“ (Descartes 1980, S. 48; vgl. Specht 1989, S. 108ff.). Mit Descartes wurde zum Forschungsprogramm,

Strukturen und Prozesse der Lebewesen vom Nichtlebenden her und zugleich in technischen Analogien und Modellen zu verstehen. Dabei blieb den göttlichen Maschinen der Ruf der Vollkommenheit.

Da die Lebewesen als Maschinen aufgefasst wurden, wurde die mechanische Physik zu ihrer Erklärung herangezogen. Wie das begann, zeigt die Schule der Jatromechanik (auch Jatrophysik oder Jatromathematik genannt). Ihr Begründer, der italienische Mediziner und Mathematiker Giovanni Alfonso Borelli (1608 – 1679), erklärte: „Das nämlich der Körper der Tiere oder ihre Betätigungen immer mit Bewegung verknüpft sind, unterliegen sie der Mathematik; und ihre wissenschaftliche Betrachtung wird eine vorwiegend geometrische sein. In gleicher Weise hängen die Ursachen, die Mittel und Gesetze der tierischen Handlungen mit der Mechanik zusammen, das heißt mit den Begriffen von Pfund, Stütze, Flaschenzug, Heberad, Keil, Schnecke usw.“ (Borelli 1927, S. 2).

Allerdings genügten Mechanik und mechanisch-technische Modelle nicht zur Erklärung der Lebewesen, ihr Anspruch wurde als Mechanizismus kritisiert und führte zum Mechanizismus-Vitalismus-Streit, in dem der Vitalismus die nicht-mechanische Spezifik der Lebewesen betonte (vgl. Löther 1967, S. 82ff.). „Man verschone uns ein für allemal mit jenen Triebfedern und Hebeln, jenen Knäueln von Gefäßen, jenen Fäserchen und Druckpumpen […] Hämmern und so vielen kleinen Einrichtungsgegenständen der mechanischen Werkstätten – Gegenständen, mit denen der menschliche Körper ausgefüllt wurde und die sozusagen das Spielzeug unserer Väter bildeten“, erklärte der französische Mediziner und Experimentalphysiologe Théophile Bordeu (1722 – 1776) (zit. nach Lücke 1961, S. 263). Bordeu, der den Vitalismus in der Humanmedizin begründete, hatte experimentell gezeigt, dass die Drüsen wie Muskeln und Nerven spezifisch biotische Funktionen haben, die nicht jatromechanisch (und auch nicht mit der damaligen Jatrochemie) erklärbar sind. Doch gelangte der Vitalismus nicht zu einer begründeten Alternative zum Mechanizismus, sondern verblieb mit seinen postulierten Lebensprinzipien in der Sphäre spekulativer Naturphilosophie. Die dem Mechanizismus-Vitalismus-Streit zugrundeliegende Problematik wurde wissenschaftsgeschichtlich im immer noch andauernden Diskurs darüber, ob die Biologie auf Physik und Chemie reduzierbar bzw. das Leben letztlich durch Physik und Chemie erklärbar sei, fortgeführt.

Die mechanischen Aspekte der Lebewesen allerdings wurden Bestandteil des Gegenstandsbereiches der Biologie. Bei aller Kritik am Mechanizismus sollte nicht unter den Tisch fallen, dass Technik und Mechanik immer noch

ein Schlüssel sind, um Strukturen und Funktionen der Lebewesen zu verstehen. „Natürlich liegt es nahe, die mechanische Technologie der Natur als ersten Schritt sowohl zur Erzeugung als auch zum Verständnis der menschlichen Technologie zu untersuchen – zumindest um den Bereich der Möglichkeiten abzustecken. Wer könnte leugnen, dass die Natur zuerst hier war? Doch in Wirklichkeit sieht es ganz anders aus. Der Biomechaniker erkennt den Nutzen einer raffinierten Konstruktion in der Natur erst, wenn der Techniker ihm ein Modell davon gegeben hat. Mit anderen Worten, die Biomechanik untersucht im Wesentlichen immer noch, wie, wo und warum die Natur genau das macht, was die Techniker machen“, konstatiert der US-amerikanische Zoologe und Biomechaniker Steven Vogel (Vogel 2000, S. 4).

Descartes aber begründete, über die Mechanik hinausführend, mit seiner Maschinentheorie der Lebewesen zugleich allgemein die Erklärung des Lebens der Organismen aus der Wechselwirkung ihrer Teile, nicht mehr wie Aristoteles und seine Nachfolger durch eine belebende Seele. Damit schlug er den reduktionistischen Weg ein, der schließlich zur Molekularbiologie führte.

2 Biologie und Biotechnologie

Die Biologie als eigenständige Naturwissenschaft bildete sich im Verlauf des 19. Jh.s heraus und trat neben Physik und Chemie, mit denen sie eng verbunden ist (vgl. Höxtermann/Hilger 2007). Ihr Gegenstandsbereich erstreckt sich von den molekularen Grundlagen des Lebens bis zur Biosphäre des Planeten Erde, in der das Biostroma, das Gewebe des Lebenden, den Planeten einhüllt. Theoretisches Fundament für das Begreifen des Lebenden in seiner Eigenart wurde die von dem englischen Naturforscher Charles Darwin (1809 – 1882) begründete biologische Evolutionstheorie. Darwin wies nach, dass die Lebewesen, einschließlich der Menschen, nicht durch göttliche Schöpfung, sondern durch natürliche Entwicklung entstanden sind. Ausgehend von gemeinsamen Vorfahren, fand ihre Evolution durch die Abwandlung von Körperbau und -leistung auf sich verzweigenden Wegen statt. Als wesentliche bewegende Kraft dieses Vorganges entdeckte er die natürliche Auslese im Ringen der Lebewesen um ihre Existenz. Dabei haben die erblich bedingt individuell verschiedenen Lebewesen unterschiedliche Fortpflanzungschancen. Die natürliche Auslese kann dazu führen, dass aus kleinen Unterschieden zwischen einzelnen Lebewesen im Laufe der Zeit

große Unterschiede zwischen Gruppen von Lebewesen werden. Neben der Entstehung getrennter Arten und Artengruppen auf sich verzweigenden Evolutionswegen (Segregatiogenese) gibt es eine weitere Gruppe von Evolutionsvorgängen, die Entstehung von Arten und Artengruppen durch die Vereinigung von organismischen Strukturen und Funktionen distinkter Arten und Artengruppen (Symgenese). Dazu gehören die aus dem Pflanzenreich bekannte Erscheinung der Synthesogenese von Arten aufgrund der Vervielfachung von Chromosomensätzen in Artbastarden (Allopolyploidie) und die Symbiogenese (vgl. Voronzov 1984, S. 34ff.). Beispielsweise ist heute weitgehend akzeptiert, dass die kernhaltigen Zellen mit ihren Organellen, die Eukaryontenzelle, wesentlich durch Symbiogenese entstanden ist. Die stammesgeschichtlichen Vorgänger der Mitochondrien, der „Kraftwerke" der eukaryontischen Zellen und der pflanzlichen Chloroplasten, der Organellen der Photosynthese, waren freilebende Bakterien. Sie wurden zu symbiotischen „Gästen" im Inneren von „Wirts"zellen und schließlich zu Teilen neuer einzelliger Organismen, so „Blaualgen" (Cyanobakterien) zu Chloroplasten (vgl. Geus/Höxtermann 2007). „Nothing makes sense in biology except in the light of evolution, *sub specie evolutionis*", lautet der zum geflügelten Wort gewordene Satz des russisch-US-amerikanischen Evolutionsgenetikers Theodosius Dobzhansky (1900 – 1975) (Dobzhansky 1964, p. 449). Cartesianisch-reduktionistisches und darwinianisch-kompositionistisches Herangehen verbinden sich in der Biologie.

Mit der Erforschung der Strukturen und Prozesse des Lebenden wurde die Verwissenschaftlichung jener technischen Prozesse gefördert, in denen seit alters Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen eingesetzt werden. Landwirtschaftliche Pflanzen- und Tierproduktion, Pflanzenproduktion in Gartenbau und Forstwirtschaft, Tierproduktion in der Fischerei, Versuchstierzucht und -haltung, Pflanzen-, Tier- und Humanmedizin, industrielle Biotechniken und Umwelt- und Naturschutz wurden zu Gebieten angewandter Biologie mit spezifischen Technologien, mit Biotechnologien (vgl. Klämbt/Kreiskott/Streit 1991; Löther 2001; Primack 1995). Mitte der 1970er Jahre begann eine von der molekularbiologischen Genforschung ausgehende Revolutionierung der industriellen wie der landwirtschaftlichen Biotechnologie, die biotechnische Revolution. Die Gentechnik ist ihre zentrale innovative Komponente. Sie besteht aus einem Komplex von Methoden und ihnen zugrundeliegenden Kenntnissen, die der Analyse, gezielten Veränderung und Neukombination von Genen sowie deren Einschleusung in Zellen die-

nen. Mit der Gentechnik wird auf neuartige Weise auf den Genbestand von Lebewesen Einfluss genommen.

Seit Jahrtausenden beeinflussen Menschen mit der Züchtung von Haustieren und Kulturpflanzen sowie in jüngerer Zeit auch von biotechnisch genutzten Mikroorganismen vermittels künstlicher Zuchtwahl (Selektion). Es ist von Menschen gesteuerte und kontrollierte Evolution. Im Unterschied zu solcher Einflussnahme auf die vertikale Weitergabe der Gene in der Generationenfolge findet durch die Gentechnik ein horizontaler Gentransfer zwischen gleichzeitig, nebeneinander existierenden Lebewesen statt, eine künstliche Symgenese. Dabei können Gene zwischen den verschiedensten Organismengruppen übertragen und dadurch neue Lebensformen geschaffen werden (vgl. Böhme/Löther 2003; Die biotechnische Revolution 2003; Löther 2002, 2003; Reiprich/Tesch 2000; Verband Deutscher Biologen 2003).

Heute ist viel von „Lebenswissenschaften" (life sciences) die Rede. Unter dieser Bezeichnung werden recht heterogene Wissenschaftsgebiete zusammengefasst, nicht nur biologische Disziplinen, sondern auch das weite Gebiet der industriellen Biotechnologie, agrarwissenschaftliche Disziplinen und Biomedizin. Die Herausbildung des Komplexes der Lebenswissenschaften in Verbindung mit der Biologie weist deutliche Parallelen zur Entwicklung der mit Physik und Chemie verbundenen technisch-technologischen Wissenschaften auf, mit physikalischer und chemischer Technologie. Der Begriff der Biotechnologie wurde übrigens von dem ungarischen Agraringenieur Karl Ereky 1917 in bewusster Analogie zur chemischen Technologie geprägt. In seiner Schrift „Biotechnologie der Fleisch-, Fett- und Milchproduktion im landwirtschaftlichen Großbetrieb" (1919) wies er „alle die Arbeitsgänge, bei denen aus Rohstoffen mit Unterstützung lebender Organismen Konsumartikel erzeugt werden, dem Gebiet der Biotechnologie zu" (zit. nach Bude 1995, S. 35). Schon in den 1920er Jahren wurde der Begriff „Biotechnologie" von der Landwirtschaft auf die mikrobiologische Industrie übertragen und die Landwirtschaft außen vor gelassen, wie es heute in der Regel der Fall ist. Physikalische, chemische und biologische Technologie gehören aber nicht zur Physik, Chemie und Biologie, sondern zu den Technikwissenschaften bzw. den Agrarwissenschaften und der Medizinwissenschaft. Moderne Tier- und Pflanzenzüchtung z.B. sind in hohem Maße angewandte Genetik (einschließlich einerseits Molekulargenetik/Gentechnik, andererseits Populationsgenetik) und Evolutionstheorie (Mikroevolution), gehören aber nicht selbst zur Biologie.

Der mit Physik und Chemie verbundene Komplex technisch-technologischer Wissenschaften bildete sich heraus, als erkannt wurde, dass mit ihren Erkenntnissen in der Industrie und anderen Wirtschaftszweigen (einschließlich der Medizin) Geld zu verdienen ist. Klassisches Beispiel für die Verbindung von Biochemie und Industrie ist die Liaison zwischen dem Biochemiker und Hormonforscher Adolf Friedrich Johann Butenandt (1903 – 1995) und dem Pharma-Unternehmen Schering-Kahlbaum AG bezüglich der Sexualhormonforschung (vgl. Gaudillière 2004; Gausemeier 2005). Inzwischen hat sich heuausgestellt, dass sich auch mit anderen biologischen Kenntnissen viel Geld gewinnen lässt bzw. Gewinne erwartet werden können. Das führt einerseits zur bevorzugten Förderung solcher biologischer Forschungen, die baldigen wirtschaftlichen Nutzen erwarten lassen (und zur Vernachlässigung anscheinend wirtschaftlich uninteressanter Forschungen wie Ökologie, Biosystematik und Evolutionsbiologie) und andererseits zur Entstehung von Gebieten, die zwischen Biologie und Technikentwicklung (Biotechnikentwicklung) vermitteln. Triebkraft dafür ist nicht bzw. nur in dienender Funktion das naturwissenschaftliche Erkenntnisinteresse, sondern das wirtschaftliche Gewinnstreben. Mit dieser Entwicklung ist die Privatisierung natürlicher Existenzgrundlagen der Menschheit verbunden. „Transnationale Konzerne aus dem Saatgut-, Pharma- oder Nahrungsmittelbereich versuchen, sich die biologische Vielfalt (Arten und ihre Gene) der Welt anzueignen. Dabei steht die Lebensgrundlage der gesamten Menschheit auf dem Spiel, denn die gewinnorientierte Privatisierung der biologischen Vielfalt zerstört sie immer weiter […] Ein solches neues Werkzeug der Aneignung ist derzeit die Anwendung des internationalen Patentrechts auf Lebensformen. Durch von Staaten gewährte Patente und andere sogenannte geistige Eigentumsrechte werden Pflanzen, Tiere und menschliche Gene zu privatem Eigentum, zur Ware, für die bezahlt werden muss. Kollektives Wissen von indigenen Gemeinschaften, von Bäuerinnen und Bauern im globalen Süden wird genutzt, um neue Medikamente für zahlungskräftige Kundschaft im Norden zu entwickeln, währenddessen lebensnotwendige Medikamente vieler Orts fehlen. Saatgut wird gentechnisch verändert und BäuerInnen das jahrhundertealte Recht auf die Wiederaussaat von Erntegut genommen“ (BUKO-Kampagne 2004, S. 1; vgl. BUKO-Kampagne 2005).

Gelegentlich wird gefragt, ob die Biologie zur technischen Wissenschaft bzw. Ingenieurwissenschaft wird. Das wird sie gewiss so wenig wie Physik und Chemie, aber wie an diese schließt sich eine Gruppe von Wissenschaften technisch-technologischen Charakters an. Eben sie werden heute

zusammen mit der Biologie als „Lebenswissenschaften“ bezeichnet. Aber sie haben einen anderen Charakter als die Grundlagenwissenschaft Biologie, auf die sie sich stützen, während sie Brücken zur Technik (Biotechnik) und Wirtschaft schlagen.

3 Von der Biologie zur Technik

Die Beziehungen von Biologie und Technik, die mittels angewandter Biologie realisiert werden, sind eine Seite dieser Beziehungen. Doch es gibt noch eine andere Seite. Sie kommt in der Kybernetik und der Bionik zum Ausdruck. „Cybernetics and bionics may be seen as the two sides of a coin: while in bionics one studies and realises physical systems by analogy with living systems, in cybernetics living systems are studied by analogy with physical systems”, konstatiert der französische Ingenieur Lucien Gérardin (Gérardin 1968, p. 22). Er betont, dass jede dieser beiden Wissenschaften die Biologen und Ingenieure interdisziplinär zusammenbringen, ihre eigenen besonderen Charakteristika, ihre eigenen Identität, haben. Die Synthese von Technikwissenschaft und Biologie kommt bereits im Buchtitel „Cybernetics, or control and communication in the animal and the machine“ (1949) des US-amerikanischen Mathematikers Norbert Wiener (1894 – 1964) zum Ausdruck.

Gilt 1949 als das Gründungsjahr der Kybernetik, so 1960 als das Gründungsjahr der Bionik. Der Begriff „Bionik“ wurde von Major Jack E. Steele von der Aerospace Division der US Air Force geprägt und auf einer Konferenz in Dayton, Ohio, im September 1960 öffentlich bekannt gemacht. An der Konferenz nahmen 700 Biologen, Ingenieure, Mathematiker, Physiker und Psychologen teil, darunter auch eine sowjetische Delegation. Steel definierte Bionik als „the science of systems whose function is based on living systems, or which have characteristics of living systems, or which resemble these” (zit. nach Gérardin 1968, p. 11). Der sowjetische Kybernetiker Leonid Pavlovic Kraismer gab folgende Definition: „Die Bionik […] ist die Wissenschaft, welche biologische Prozesse und Methoden mit dem Ziel untersucht, die sich ergebenden Erkenntnisse bei der Vervollkommnung alter und der Schaffung neuer Maschinen und Systeme anzuwenden. Man kann auch sagen, dass sie die Wissenschaft von den Systemen ist, die ähnliche Merkmale wie lebende Organismen aufweisen“ (Kraisner 1964, S. 12). Allerdings schränkte er dann ein, die Bionik untersuche nur die Fragen, die

mit den Prozessen der Steuerung und Signalübertragung zusammenhängen. Die Biophysiker Walter Beier und Karl Glaß lassen die Bionik letztlich auf die Schaffung von Geräten zielen, deren Funktionsweise bestimmten Organen oder Bauprinzipien von Tieren und Pflanzen nachgebildet ist, wobei sie vor allem an Geräte in der Medizinischen Elektronik dachten (vgl. Beier/ Glaß 1968, S. 5). Spätere Darstellungen der Bionik lassen diese anfänglichen Konzeptionen der 1960er Jahre keineswegs als falsch, aber als zu eng erscheinen (vgl. Blüchel 2006; Cerman/Barthlott/Nieder 2005; Heynert 1976; Nachtigall 1999), zumal, wenn man solche Teilgebiete der Bionik wie die Architektur-Bionik (vgl. Lebedew 1983; Patzelt 1974) oder die Evolutionsbionik (vgl. Rechenberg 1999) oder aber die Nanobionik in Betracht zieht. 1993 wurde auf einem vom VDI-Technologiezentrum veranstalteten Expertentreffen folgende seither weithin als gültig anerkannte Definition formuliert: „Bionik als Wissenschaftsdisziplin befasst sich systematisch mit der technischen Umsetzung und Anwendung von Konstruktionen, Verfahren und Entwicklungsprinzipien biologischer Systeme“ (zit. nach Cerman/Barthlott/Nieder 2005, S. 17).

Wie Steel auf das Wort „Bionik“ gekommen ist, weiß man nicht. Manche sehen in ihm eine Zusammenziehung der Anfangs- und Endsilben von „Biologie“ und „Elektronik“, andere von „Biologie“ und „Technik“, wieder andere bringen es in Zusammenhang mit dem griechischen Wort „bion“ (Lebenseinheit). Der Sache nach ist die Bionik ebenso wie die Kybernetik älter als ihre Etablierung als Wissenschaftsdisziplinen, so dass in der vorangegangenen Geschichte reichlich „Vorläufer“ zu finden sind. Bei der Bionik werden beispielsweise Leonardo da Vinci (1452 – 1519 mit seinen Entwürfen für Flugapparate und gar als mythischer Vorgänger Daidalos mit seinen Vogelflügelnachahmungen genannt.

Neue Dimensionen der Bionik zeichnen sich mit dem Vorstoß in die Nanowelt ab (vgl. Berry 2007, S. 212ff.; Boeing 2006, 2007). Physik-Nobelpreisträger Gerd Binnig bemerkt dazu: „Damit Nanotechnologie gelingt, müssen sich die Wissenschaften wieder vereinen. Die Anfänge dazu sind bereits klar sichtbar. In der Nanowissenschaft begegnen sich Chemiker, Biologen, Mediziner und Informatiker bereits heute viel intensiver als in irgendeinem anderen Bereich. Andere Wissenschaften, auch geisteswissenschaftliche Bereiche, werden später dazukommen. Durch die Entdeckung der Gene und Proteine – also durch den beginnenden Einblick in den Nanokosmos der belebten Natur – sind vor allem die Biologen nach den Physikern und Chemikern sehr intensiv mit Prozessen auf der Nanometerskala

beschäftigt. Nanowissenschaftler arbeiten eng mit Biologen zusammen. Hier begegnet die künstliche der natürlichen Nanotechnologie, dem Resultat der ersten Genesis, der Evolution des Lebens und der Intelligenz“ (Binning 2006, S. 7).

4 Natürliche Technologie und menschliche Technologie

„Darwin hat das Interesse auf die Geschichte der natürlichen Technologie gelenkt, d.h. auf die Bildung der Pflanzen- und Tierorgane als Produktionsinstrumente für das Leben der Pflanzen und Tiere. Verdient die Bildungsgeschichte der produktiven Organe des Gesellschaftsmenschen, der materiellen Basis jeder besondren Gesellschaftsorganisation, nicht die gleiche Aufmerksamkeit“, vermerkte Darwins Zeitgenosse Karl Marx (1818 – 1883) im „Kapital“ (Marx 1971, S. 392). Die menschliche Technologie entsteht durch die entdeckende, erfindende, entwerfende, planende, konstruierende, gestaltende, kurz: bewusste menschliche Tätigkeit für menschliche Zwecke. Ihr wohnen Voraussicht, Versuch und Irrtum, Zweck und Ziel inne. Die Zweckmäßigkeit ihrer Resultate kommt durch die menschliche Zwecktätigkeit zustande. Die vordarwinsche teleologische Auffassung der Lebewesen als göttliche Maschinen deutete die natürliche Technologie in Analogie zur menschlichen Technologie. Mit Darwin waren die Lebewesen nicht nur keine göttlichen Maschinen mehr, sie hörten auch auf, vollkommene Maschinen zu sein (vgl. Dawkins 1990; Genz 2006; Gould 1987; Williams 1998; Zittlau 2007).

Die individuelle Entwicklung der Organismen ist nur als Teil der stammesgeschichtlichen Entwicklung der Arten zu verstehen. Sie erfolgt auf bestimmte Weise, weil sie Teil der Evolutionsspirale ist, die aus den individuellen Entwicklungen der Ahnen besteht, in der durch die Fortpflanzung die genetische Information weitergegeben wird. Organe in einem sich entwickelnden Organismus werden für den zukünftigen Gebrauch geformt, weil sie in der Evolution für den gleichzeitigen Gebrauch geformt wurden. Dobzhansky, der hier referiert wurde, fährt fort: „Ontogeny may be likened to building an automobile or some other complex machine on an assembly line. The automobile is not being used while on the assembly line, it is being prepared for future uses. Phylogeny is more like the gradual derivation of the present automobile models from the primitive ones, and eventually from coaches, chariots, and pushcarts. Natural selection performs the role of the

engineer – it devises both the ways too improve the models and the techniques of manufacturing them“ (Dobzhansky 1965, p. 211).

In der Geschichte der natürlichen Technologie kommen weder Plan noch Ziel vor. In der Evolution werden die Lebewesen durch die natürliche Auslese an ihre Umwelten angepasst, d.h. funktionell effektiv im Hinblick auf Überleben und Reproduktion gestaltet. „Die Natürliche Auslese ist von Anfang bis zu Ende opportunistisch; sie fördert die genetische Ausrüstung, die den reproduktiven Erfolg begünstigt, ganz gleich, wie er zustande kommt. Und sie hat die Vorteile wie auch die Schwächen aller Opportunisten – sie vergrößert die Chance des unmittelbaren Erfolges, allerdings oft um den Preis von Schwierigkeiten auf weitere Sicht. Denn der reproduktive Erfolg ist kein völlig adäquates Maß der Vortrefflichkeit der biotischen Organisation. Er fördert nicht notwendigerweise die Fähigkeit, an zukünftige Änderungen der Umgebung angepasst zu werden“ (Dobzhansky 1960, S. 42).

Für den fortschreitenden Vorgang der Anpassung ist wesentlich, dass es nirgendwo einen völligen Neubeginn der Entstehung von Strukturen und Funktionen gibt, sondern letztlich seit der Entstehung des Lebens vor einigen Milliarden Jahren stets von Vorhandenem ausgegangen, Vorhandenes variiert wurde. Ältere Strukturen anderer Funktion werden als Kompromisse zwischen innewohnender Vergangenheit und aktuellen Erfordernissen des Lebens für neue Aufgaben verändert. Wobei durch die Vergangenheit begrenzt wird, was aktuell möglich ist und die Evolution unumkehrbar ist. Darwin untersuchte in seinem Buch „On the Various Contrivances by Which British and Foreign Orchids are Fertilised by Insects, and on the Good Effects of Intercrossing“ (1862) die durch ihre bizarre Schönheit beeindruckenden Orchideenblüten, komplizierte Vorrichtungen für den von Insekten vermittelten Bestäubungsvorgang. Er zeigte die zweckmäßige Angepasstheit der Strukturen und Funktionen und deren relativen Charakter und kam zu dem allgemeingültigen Schluss: „Although an organ may not have been formed for some special purpose, if it now serves for this end we are justified in saying that it is specially contrived for it. On the same principle, if a man were to make a machine for some special purpose, but were to use old wheels, springs, and pulleys, only slightly altered, the whole machine, with all its parts, might be said to be specially contrived for that purpose. Thus throughout nature almost every part of each living being has probably served, in a slightly modified condition, for divers purposes, and has acted in the living machinery of many ancient and distinct specific forms“ (zit. nach Porter/Duncan 1993, p. 247). In der Technikentwicklung hingegen gibt es

Neuanfänge. Der Automotor beispielsweise verfügt zwar über Pferdestärken (PS), ist aber kein abgewandeltes Pferd.

Die Verschiedenheit von natürlicher und menschlicher Technologie bedingt, dass die Natur nicht Vorbild für menschliche Technologie in der Weise sein kann, dass ihre Objekte bloß nachzuahmen, zu kopieren, zu imitieren seien. Einerseits werden sie für die Biotechnologie durch Züchtung von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen, einschließlich des Einsatzes der Gentechnik, für menschliche Zwecke verändert. Andererseits ist die lebende Natur für die Bionik eine unerschöpfliche Quelle der Inspiration zu Ideen für technische Problemlösungen. Pflanzendornen regten zur Erfindung des Stacheldrahtes zunächst zum Einzäunen von Viehweiden an, Klettenfrüchte zur Erfindung des Klettverschlusses, für selbstreinigende technische Oberflächen stand die Heilige Lotusblume Pate (vgl. Barthlott/Cerman/Neinhuis 2002; Vogel 2000).

Darüber hinaus geht, was Gesellschafts- und Technikwissenschaften nach Kevin Kelly von der Biologie lernen und wie sie zusammenwirken können. Dem US-amerikanischen Journalisten und Internet-Experten geht es nicht um spezielle biologische Kenntnisse, sondern um etwas, was die Biologie miterarbeitet, wenn sie diese gewinnt: allgemeine Kenntnisse über komplexe Systeme, ihren Aufbau, ihr Verhalten und ihre Evolution (vgl. Kelly 1999). Mit solchen Systemen hat es die Biologie ständig zu tun – von den Zellen, aus denen alle Lebewesen bestehen, über Insekten-Sozietäten, Vogelschwärme und Ökosysteme bis hin zur Biosphäre, die den Planeten Erde umhüllt. Deshalb führt die Bezugnahme auf die vielfältigen Biosysteme und ihr Vergleich mit technischen und gesellschaftlichen Systemen zum Erkennen und Gestalten des Komplexen und des Umgangs mit ihm.

Der polnische Schriftsteller und Technikphilosoph Stanisław Lem (1921 – 2006) hat die natürliche und die menschliche Technologie vergleichend untersucht und stellte fest: „Einstweilen ist uns die Technologie des Lebens noch um viele Längen voraus. Wir müssen sie einholen, nicht um ihre Ergebnisse nachzuäffen, sondern um weiter zu gehen, als ihre nur scheinbar unübertreffliche Vollkommenheit reicht“ (Lem 1980, S. 5f.). Das gilt für die Nanowelt ebenso wie für die Biosphäre und alles, was größenordnungsmäßig dazwischen liegt.

Literatur

Aristoteles (2006): Nikomachische Ethik [335/323 v. u. Z.]. Stuttgart

Barthlott, W.; Cerman, Z.; Neinhuis, C. (2002): Der Lotus-Effekt: Selbstreinigende technische Oberflächen nach dem Vorbild der Natur. In: Beck, E. (Hg.): Faszination Lebenswissenschaften. Weinheim, S. 3-12

Beier, W.; Glaß, K. (1968): Bionik – eine Wissenschaft der Zukunft. Leipzig/Jena/Berlin

Berry, St. (2007): Was treibt das Leben an? Eine Reise in den Mikrokosmos der Zelle. Reinbek b. Hamburg

Binnig, G (2007): Vorwort. In: Boeing, N.: Alles Nano?! Die Technik des 21. Jahrhunderts. Reinbek b. Hamburg, S. 7-9

Blüchel. K. (2006): Bionik. Wie wir die geheimen Baupläne der Natur nutzen können. München

Böhme, H.; Löther, R. (2003): Stellungnahme zur Gentechnik (Thesen). In: Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 60, Nr. 4, S. 49-57

Boeing, N. (2006): Alles Nano?! Die Technik des 21. Jahrhunderts. Reinbek. Hamburg

Boeing, N. (2007): Abschied von der Nanovision. In: Die Zeit, Nr. 32 vom 2. August, S. 29

Borelli, J. A. (1927): Die Bewegung der Tiere. Leipzig

Bud, R. (1995): Wie wir das Leben nutzbar machten. Ursprung und Entwicklung der Biotechnologie. Braunschweig/Wiesbaden

BUKO-Kampagne gegen Biopiraterie (2004): Biopiraterie: Eine Einführung. BUKO-Kampagne gegen Biopiraterie. Hamburg

BUKO-Kampagne gegen Biopiraterie (Hg.) (2005): Grüne Beute. Biopiraterie und Widerstand. Grafenau/Frankfurt am Main

Cerman, Z.; Barthlott, W.; Nieder, J. (2005): Erfindungen der Natur. Bionik – Was wir von Pflanzen und Tieren lernen können. Reinbek b. Hamburg

Dawkins, R. (1990): Der blinde Uhrmacher. Ein neues Plädoyer für den Darwinismus. München

Descartes, R. (1980): Ausgewählte Schriften. Leipzig

Die biotechnische Revolution. Naturwissenschaftliche und Gesellschaftstheoretische Aspekte (2003). Leipzig (Rosa-Luxemburg-Stiftung Sachsen)

Dobzhansky, Th. (1960): Die Ursachen der Evolution. In: Heberer, G.; Schwanitz, F. (Hg.): Hundert Jahre Evolutionsforschung. Stuttgart, S. 32-44

Dobzhansky, Th. (1964): Biology, Molecular and Organismic. In: American Zoologist, vol. 4, no. 4 (November), pp. 443-452

Dobzhansky, Th. (1965): Mendelism, Darwinism and Evolutionism. In: Proceedings of the American Philosophical Society, vol. 109, no. 4 (August), pp. 205-215

Gaudillière, J.-P. (2004): Biochemie und Industrie. Der « Arbeitskreis Butenandt-Schering » im Nationalsozialismus. In: Schieder, W.; Trunk, A. (Hg.): Adolf Butenandt und die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft. Wissenschaft, Industrie und Politik im „Dritten Reich". Göttingen, S. 198-246

Gausemeier, B. (2005): Natürliche Ordnungen und politische Allianzen. Biologische und biochemische Forschung an Kaiser-Wilhelm-Instituten 1933-1945. Göttingen

Genz, H. (2006): War es ein Gott? Zufall, Notwendigkeit und Kreativität in der Entwicklung des Universums. München/Wien

Gérardin, L. (1968): Bionics. London

Geus, A.; Höxtermann, E. (Hg.) (2007): Evolution durch Kooperation und Integration. Zur Entstehung der Endosymbiosetheorie in der Zellbiologie. Marburg an der Lahn

Gould, St. J. (1987): Vollkommenheit und Unvollkommenheit: Eine Trilogie über den Daumen des Panda. In: Gould, St. J.: Der Daumen des Panda. Betrachtungen zur Naturgeschichte. Basel/Boston/Stuttgart, S. 17-46

Heynert, H. (1976): Grundlagen der Bionik. Berlin

Höxtermann, E.; Hilger, H. W. (Hg.) (2007): Lebenswissen. Eine Einführung in die Geschichte der Biologie. Rangsdorf

Jürß, F. (1988): Vom Mythos der alten Griechen. Deutungen und Erzählungen. Leipzig

Kelly, K. (1999): Der zweite Akt der Schöpfung. Natur und Technik im neuen Jahrtausend. Frankfurt am Main

Klämbt, D.; Kreiskott, H.; Streit, B. (1991): Angewandte Biologie. Weinheim

Kraismer, L. P. (1964): Bionik – eine neue Wissenschaft. Leipzig

Lebedew, J. S. (1983): Architektur und Bionik. Moskau/Berlin

Lem, St. (1980): Summa technologiae. Berlin

Löther, R. (1967): Medizin in der Entscheidung. Eine Einführung in philosophische Probleme der medizinischen Wissenschaft. Berlin

Löther, R. (2001): Allgemeine Technologie, Biologie und Biotechnologie. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): Allgemeine Technologie. Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft. Berlin, S. 159-173 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 50, H. 7)

Löther, R. (2002): Genetik und ihre Anwendungen. In: Rochhausen, R. (Hg.): Nachhaltigkeit als Forderung für die Wissenschaftsentwicklung. Berlin (Rosa-Luxemburg-Stiftung Berlin), S. 61-80

Löther, R. (2003): Humangenetik und Gentechnologie als Tabubrecher. In: Laitko, H.; Trunschke, A. (Hg.): Mit der Wissenschaft in die Zukunft. Nachlese zu John Desmond Bernal. Potsdam (Rosa-Luxemburg-Stiftung Brandenburg), S. 109-127

Lücke, Th. (1961): Schlussanmerkungen. In: Diderot, D.: Philosophische Schriften. Bd. II. Berlin, S. 596-655

Marx, K. (1971): Das Kapital. Kritik der politischen Ökonomie. Erster Band [1867]. In: Marx, K.; Engels, F.: Werke. Bd. 23. Berlin

Nachtigall, W. (1999): Bionik – Lernen von der Natur. In: Sitte, P. (Hg.): Jahrhundertwissenschaft Biologie. Die großen Themen. München, S. 307-334

Patzelt, O. (1974): Wachsen und Bauen. Konstruktionen in Natur und Technik. 2. Aufl. Berlin

Porter, D.; Graham, P. W. (eds.) (1993): The Portable Darwin. Harmondsworth

Primack, R. R. (1995): Naturschutzbiologie. Heidelberg/Berlin/Oxford

Reiprich, K.; Tesch, J. (Hg.) (2000): Effiziente Pflanzenproduktion mit Hilfe der Gentechnik? – Pro & Kontra –. Leipzig (Rosa-Luxemburg-Stiftung Sachsen)

Rechenberg, I. (1999): Evolutionsstrategien in Biologie, Physik und Technik. In: Ganten, D.; Meyer-Galow, E.; Rogers, H.-H. (Hg.): Gene, Neurone, Qubits & Co. Unsere Welten der Information. Stuttgart/Leipzig, S. 111-121

Specht, R. (1989): René Descartes. Reinbek b. Hamburg

Steinmüller, K. (1977): Die Maschinentheorie des Lebens. Philosophische Probleme des biologischen Mechanizismus. Dissertation. Berlin (Humboldt-Universität)

Sutter, A. (1988): Göttliche Maschinen. Die Automaten für Lebendiges bei Descartes, Leibniz, La Mettrie und Kant. Frankfurt am Main

Verband Deutscher Biologen (Hg.) (2003): Fäden des Lebens. München (Verband Deutscher Biologen)

Vogel, St. (2000): Von Grashalmen und Hochhäusern. Weinheim

Voronzov, N. N. (1984): Teorija evoljucii. Istoki, postulaty i problemy [Evolutionstheorie. Quellen, Postulate und Probleme]. Moskau (russ.)

Whitrow, G. J. (1999): Die Erfindung der Zeit. Wiesbaden

Williams, G. C. (1998): Das Schimmern des Ponyfisches. Plan und Zweck in der Natur. Heidelberg/Berlin

Zittlau, J. (2007): Warum Robben kein Blau sehen und Elche ins Altersheim gehen. Pleiten und Pannen im Bauplan der Natur. Berlin