

Ist die Bionik so gut wie ihr Ruf?

Das bionische Versprechen

Die Bionik ist in der Öffentlichkeit und in den Medien positiv besetzt. Bionik fasziniert, ihre Lösungen gelten als raffiniert, ökologisch angepasst und risikoarm. Aber können mit zunehmendem technischem Fortschritt bionische Lösungen diese Anforderungen wirklich erfüllen?

Von Arnim von Gleich

Bionik ist ein Kunstwort aus Biologie und Technik. Es bezeichnet den Versuch, sich bei der Entwicklung technischer Lösungen an der Natur zu orientieren, von der Natur zu lernen. Organismen übertreffen mit ihren Leistungen in vielen Bereichen alle bisher verfügbaren technischen Lösungsansätze. Die Bionik nimmt sich diese organismischen Leistungen aus dem Patentbüro der Natur zum Vorbild.

Die positiven Eigenschaften von bionischen Lösungen werden meist damit begründet, dass die zum Vorbild genommenen Lösungsansätze in einem jahrmillionenlangen Evolutionsprozess erprobt und optimiert wurden. Dies soll im Folgenden als das „bionische Versprechen“ auf eine besondere Qualität der bionischen Lösungen bezeichnet werden. Das bionische Versprechen bezieht sich auf höhere Ressourceneffizienz, naturnähere Stoffe und Verfahren, auf geringere Risiken und Nebenwirkungen, auf Eleganz, Raffinesse und ökologische Eingepasstheit, also im weitesten Sinne auf mehr ökologische Nachhaltigkeit. Die Bionik hat in den vergangenen Jahren einen deutlichen Schub erfahren, insbesondere durch das Aufkommen neuer Ansätze wie der Nanotechnologie, die den Charakter der Bionik verändert, sodass die Reichweite des bionischen Versprechens neu ausgelotet werden muss.

Bionik als besondere Wissenschaft

Bionik ist nicht nur wegen ihres hohen emotionalen und normativen Gehalts eine ungewöhnliche, eine besondere Form von Wissenschaft. Ihr emotionaler und normativer Gehalt ist der Grund für die hohe öffentliche Aufmerksamkeit und zugleich der Grund für etwas Misstrauen vonseiten der Vertreter der ‚hard sciences‘, die mitunter dazu neigen, Bionik eher als förderpolitischen Vorzeigebegriff abzutun.

Bionik bezeichnet keine klar abzugrenzende Disziplin, sondern ein extrem heterogenes Wissenschafts- und Technikfeld.

Sie ist als solches hochmodern. Es geht dabei um viel mehr als um die viel beschworene Interdisziplinarität. Bionik kann auch nicht einfach den anwendungsorientierten Ingenieurwissenschaften zugeordnet werden. Bionik ist eine Art Regenschirmbegriff, unter dem sich sehr verschiedene wissenschaftliche und technische Ansätze versammeln. Bionik ähnelt diesbezüglich anderen sogenannten Technowissenschaften wie der Informatik, der Biotechnologie und insbesondere der Nanotechnologie. Bei all diesen Technowissenschaften ist ihre disziplinäre Heterogenität und die Vielfalt ihrer technologischen Ansätze eine Folge der Orientierung an der Entfaltung einer ganz bestimmten Linie neuer technischer Möglichkeiten. Die Technowissenschaften nehmen damit ansatzweise etwas vorweg, was in längerfristiger Sicht als Converging Technologies beschrieben wurde. Bekanntestes Beispiel hierfür ist die in zwei vielbeachteten Studien diskutierte tendenzielle Verschmelzung von Bio-, Informations-, Kognitions- und Nanotechnologien (Nordmann 2004; Roco/Bainbridge 2002).

Diese Technowissenschaften ersetzen nicht die klassischen natur- beziehungsweise ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen, sie sind im Gegenteil auf deren Forschung extrem angewiesen. Aber diesen Technowissenschaften kommt für das Hervorbringen technischer Innovationen eine hohe und weiter zunehmende Bedeutung zu. Insofern kann man diesen Wissenschaftstyp als hochmodern und zukunftsweisend bezeichnen. Bionik ist so gesehen einerseits immer noch die eher traditionelle angewandte Technische Biologie als die Nachtigall sie charakterisiert hat (Nachtigall 2002), aber sie ist längst viel mehr: Angewandte Biochemie, Molekularbiologie, Biokybernetik und Ökosystemtheorie sowie umgesetzte Biotechnologie, Künstliche Intelligenz und Nanotechnologie.

Der bionische Abstraktionsprozess

Schon die Rede von der angewandten Biologie hatte den komplizierten Prozess von wechselseitigen Übertragungen zwischen Natur und Technik, zwischen Erkenntnisgegenstand und erkenntnisleitenden technomorphen Modellen nicht annähernd adäquat beschrieben. Man versucht einerseits mit Modellen aus der Technik und auf der Basis einer weiterentwickelten Experimentalmikroskopie, wie zum Beispiel dem Rasterkraftmikroskop, die Leistungen von Organismen zu verstehen. Andererseits versucht man auf der Basis von Erkenntnissen der Biologie technische Lösungen zu entwickeln beziehungsweise diese zu verbessern. Die Technowissenschaften sind insbesondere durch dieses intensive Wechselverhältnis und die Verschmelzung →

verschiedenster Ansätze charakterisiert. Wer begreifen will, was genau geschieht im bionischen Abstraktionsprozess, auf dem Weg vom natürlichen Vorbild zur bionischen Lösung, welche theoretischen und praktischen Abstraktionen vorgenommen werden, muss sich in die jeweiligen Einzelfälle vertiefen. Dies gilt selbstverständlich auch für die Frage, wie viel von der ökologischen Eingepasstheit und evolutionären Erprobtheit des Vorbilds in der jeweiligen technischen Lösung noch wiederzufinden ist. Dies gilt also für die Frage nach der Geltung des bionischen Versprechens. Das bionische Versprechen ist schließlich eine Leitvorstellung, ein Leitbild und kein Label, das Risikoarmut und ökologische Eingepasstheit garantiert.

Mit dem Verweis auf die Notwendigkeit von Einzelfallbetrachtungen ist allerdings die Frage nach der Geltung des bionischen Versprechens nicht hinreichend zu erledigen. Dieser Frage muss auf einer etwas allgemeineren Ebene nachgegangen werden. Dazu ist es hilfreich, verschiedene Ebenen des Lernens von der Natur zu unterscheiden. Es existiert schon eine ganze Reihe von Versuchen zur Binnenstrukturierung der Bionik. Da ist dann von Werkstoffbionik, Klimabionik, Neurobionik und Ähnlichem die Rede. Daneben bietet sich eine Strukturierung nach Ebenen des Lernens von der Natur, beziehungsweise etwas präziser ausgedrückt, nach Ebenen des Lernens von den Naturwissenschaften an.

Drei Ebenen des Lernens von der Natur umfassen:

- Lernen von den Ergebnissen der Evolution, die sogenannte Technische Biologie. Beispiele hierfür sind der Klettverschluss oder die Haihaut.
 - Lernen von den Entwicklungsprozessen in der Natur. Ontogenetisch verstanden bedeutet dies die Entwicklung und Aufrechterhaltung biologischer Strukturen. Hierzu gehören demnach die Entwicklungsbiologie, die Physiologie, die Genetik, die Molekularbiologie oder die Ökosystemtheorie. Konkrete Beispiele sind die Biomineralisation, die Selbstheilung oder die Biokybernetik.
- Phylogenetisch gedeutet ist dies das Lernen vom Evolutionsprozess. Beispiele hierfür sind die Evolutionstechnik oder evolutionäre Algorithmen.
- Ableitung verallgemeinerbarer Erfolgsprinzipien. Beispiele sind Ressourceneffizienz, Adaptivität, Resilienz oder Opportunismus.

Insbesondere die dritte Ebene ist wichtig für die Frage nach möglichen verallgemeinerbaren Gründen für die Geltung und die Grenzen des bionischen Versprechens.

Der Gedanke, dass Organismen ähnlich wie wir Menschen mit Problemen der Fortbewegung, Signalverarbeitung, des effizienten Umgangs mit knappen Ressourcen und Ähnlichem konfrontiert sind, für die sie im Laufe der Evolution Lösungen entwickelt haben, ist – wenn wir von der problematischen anthropomorphen Ausdrucksweise absehen – durchaus nahe liegend. Auch der Verweis auf die evolutionäre Erprobtheit und ökologische Eingepasstheit dieser Lösungen ist nachvollziehbar. Solche pauschalen Verweise reichen aber nicht aus. Sie müssen begründet und differenziert werden.

Evolutionäre Optimierungsprinzipien

Es geht also um die Geltungsgründe und die Geltungsbedingungen des bionischen Versprechens. Wenn wir von der evolutionären Optimiertheit biologischer Lösungen für unsere technischen Lösungen profitieren wollen, müssen wir die Übertragbarkeit begründen. Dann besteht eine wesentliche Voraussetzung darin, dass wir möglichst differenziert verstehen, hinsichtlich welcher Parameter und Rahmenbedingungen im jeweiligen Fall optimiert wurde. Dies muss im Einzelfall erfolgen, kann und sollte aber auch auf einer allgemeineren Ebene geschehen. Auf der dritten Ebene des Lernens von der Natur geht es genau darum. Es sollen verallgemeinerbare Optimierungsprinzipien der ökologischen beziehungsweise ökosystemaren und evolutionären Entwicklungsprozesse herausdestilliert werden, und zwar auf den verschiedenen systemischen Ebenen vom Molekül bis hinauf zum Ökosystem. Dies sollen Prinzipien sein, an denen sich die Bionik orientieren kann und die im Einzelfall mehr oder weniger die Geltung des bionischen Versprechens begründen können.

Verallgemeinerbare ökologische und evolutionäre Optimierungsprinzipien und zugleich Gründe für eine mögliche Geltung des bionischen Versprechens umfassen:

- Solares Wirtschaften
- Opportunismus (Nutzung des Vorhandenen)
- Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft
- Diversität, Redundanz, Modularität, Multifunktionalität
- Multikriterielle oder mehrdimensionale Optimierung
- Adaptivität, Resilienz, Selbstheilung
- Selbstorganisation

Entscheidend sowohl für die Geltung als auch die Grenzen des bionischen Versprechens ist letztendlich aber immer der Einzelfall. Und für diesen ist der Verlauf des bionischen Abstraktionsprozesses vom natürlichen Vorbild zur bionischen Lösung entscheidend. Dabei geht es ganz wesentlich um die Frage nach der Übereinstimmung beziehungsweise Vergleichbarkeit der Problemlagen und der Rahmenbedingungen, also der Optimierungsparameter einerseits im natürlichen Vorbild und andererseits in der technischen Umsetzung sowie um die Art und Weise der technischen Verwirklichung der bionischen Lösung. Letztendlich geht es dabei um die Frage, ob und inwieweit wir es überhaupt mit einer bionischen Lösung zu tun haben. Die Frage nach der Geltung des bionischen Versprechens hängt also zum einen von der Vergleichbarkeit der Problemlagen, der Optimierungsparameter und der Rahmenbedingungen ab.

Der Rekurs auf die Ressourceneffizienz bionischer Lösungen ist nur dort berechtigt, wo sowohl im biologischen Vorbild als auch in der technischen Umsetzung dieselben Ressourcen knapp sind und auf vergleichbare Strategien zu ihrer effizienten Nutzung zurückgegriffen werden kann. Die Geltung des bionischen Versprechens hängt zum anderen ab von der Art und Weise wie also, mit welchen Technologien und Materialien, die bionische Lösung technisch realisiert wird. Die Geltung des bionischen Versprechens hängt also davon ab, wie viel von der evo-

lutionären Erprobtheit und mehrdimensionalen Optimierung aus dem biologischen Vorbild in die technische Lösung hinüber gerettet werden kann, also letztendlich davon, wie bionisch eine Lösung wirklich ist.

Nanobionik

Die Bionik fristete in der Vergangenheit eher ein Art Mauereblümchendasein, klein aber fein. Die große öffentliche Aufmerksamkeit stand in einem gewissen Missverhältnis zu ihrer wissenschaftlichen und technischen Potenz. Ihre beachtlichen Erfolge lagen zum Teil lange zurück. Aktuell werden meist immer dieselben mehr oder weniger erfolgreichen Beispiele angeführt. Dies wird sich in Zukunft massiv ändern, ja der Umbruch ist längst im Gange. Im Zuge wissenschaftlich-technischer Durchbrüche insbesondere in der Molekular- und Zellbiologie sowie in den Nanotechnologien werden aktuell Lösungen erarbeitet für Probleme, denen die Bionik bisher hilflos gegenüber stand.

Die Technische Biologie konnte zum Beispiel zwar die Bedeutung und die Vorteile der hierarchischen Strukturiertheit biologischer Materialien und Werkstoffe wie Holz, Knochen, Zähne, Muschelschalen und Spinnenseide erkennen und erklären. Sie konnte auch zeigen, dass gerade diese hierarchische Strukturierung erst solche Eigenschaftskombinationen wie bruchfest und bruchzäh zugleich (Muschelschalen) oder extrem reißfest und zugleich extrem elastisch (Spinnenseide) ermöglicht. Es fehlten bisher aber die Möglichkeiten, etwas Vergleichbares technisch zu erzeugen. Mit der modernen Biotechnologie und Gentechnik und mit den Bottom-Up-Nanotechnologien, die auf Selbstorganisation setzen, eröffnen sich diese Möglichkeiten zunehmend. Die Bottom-Up-Nanotechnologien eröffnen Wege, hierarchisch, also auf jeder Organisationsebene (Molekül, Organelle, Zelle, Organ) anders aufgebaute Materialien über Kontextsteuerung und Selbstorganisation einfach wachsen zu lassen. Diese Materialien können, noch weiter gehend, mit Fähigkeiten zur Adaptation, zur Selbstorganisation und Selbstheilung ausgestattet werden.

Je stärker aber das konstruktive und synthetische Element in bionischen Innovationen damit wird, je höher die Wirksamkeit der verwendeten beziehungsweise entstehenden Technologien, desto höher wird auch das Gefährdungspotenzial und desto weniger berechtigt wird ein Rekurs auf evolutionäre Erprobtheit. Spätestens wenn die Selbstorganisation in Selbstreplikation umschlägt, ist die Rückholbarkeit und Fehlerfreundlichkeit nicht mehr gewährleistet und wir befinden wir uns mitten in der Gentechnikdebatte.

Die hochinteressanten und vielversprechenden Erweiterungen der Möglichkeiten bionischen Arbeitens, das Vordringen ins Management des Molekularen im Rahmen von Materialwissenschaften, Molekularbiologie und Nanobionik, das Vordringen ins Neuronale, das Vordringen ins Management komplexer Systeme und ins Adaptive Management im Sinne einer Industrial Ecology erhöhen die Bedeutung und Fruchtbarkeit

bionischer Ansätze immens. Diese neuen Chancen werden aber auch von neuen Risiken begleitet. Mit der größeren Eingriffstiefe in biologische Systeme, mit der daraus folgenden größeren Macht über entsprechende Phänomene, Strukturen und Systeme, steigen auch die Risiken und die Missbrauchspotenziale.

Aktive Arbeit am Leitbild

Längst gibt es erste Debatten innerhalb der Bionik-Community, inwiefern nicht nur die Erkenntnisse, sondern auch die technischen Umsetzungsmöglichkeiten auf Basis der Gen- und Nanotechnologien kommentarlos in das bionische Arbeiten integriert werden können, beziehungsweise ob dadurch nicht eine neue Qualität erreicht wird, die es zu reflektieren gilt. Je synthetischer die Lösung, man denke nur an die Synthetische Biologie, desto weniger ist der Rekurs auf evolutionäre Erprobtheit und Optimiertheit berechtigt. Je weniger damit die Geltungsgründe des bionischen Versprechens von sich aus greifen, desto stärker müssten sie als Leitlinien aktiv verfolgt werden. Die Bionik wird sich in Zukunft sehr viel bewusster mit ihren Zielen, ihren technischen Möglichkeiten und deren Wirkungen beschäftigen müssen. Sie kann sich nicht mehr auf ein mehr oder weniger implizites Vertrauen auf die Geltung des bionischen Versprechens verlassen. Sie muss vielmehr ihr Leitbild beziehungsweise ihre Leitbilder explizieren. Dies erfordert allerdings weitreichende Selbstverständigungsprozesse innerhalb der Bionik-Community.

Literatur

- Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (Dagmar Oertel / Armin Grunwald): Potenziale und Anwendungsperspektiven der Bionik. Bonn 2006.
- Gleich, A. von: Was können und sollen wir von der Natur lernen? In: Gleich, A. von (Hrsg.): Bionik - Ökologische Technik nach dem Vorbild der Natur? Wiesbaden 2002.
- Nachtigall, W.: Bionik, Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Berlin et. al 2002.
- Nordmann, Alfred (Ed.): Converging Technologies - Shaping the Future of European Societies. Report from the High Level Expert Group on „Foresighting the New Technology Wave“. Download: www.ntnu.no/2020/final_report_en.pdf, 2004.
- Roco, M. / Bainbridge, W. (eds.): Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology, and Cognitive Science. Arlington 2002.

■ AUTOR + KONTAKT

Dr. Arnim von Gleich ist Professor und Leiter des Fachgebiets Technikgestaltung und Technologieentwicklung an der Universität Bremen.

Universität Bremen, Fachbereich Produktionstechnik, Badgasteiner Straße, 128359 Bremen.

Tel.: +49 421 2182844, E-Mail: gleich@uni-bremen.de



(c) 2010 Authors; licensee IÖW and oekom verlag. This is an article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial No Derivates License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.