

RESEARCH ARTICLE

**Bionique : Definition, principes et
applications interdisciplinaires**

AUTHORS

Werner Nachtigall

Was Bionik ist und was sie leistet

Biologie und Technik

Als Grenzgebiet zwischen Technik und Biologie gewinnt Bionik zunehmend an Popularität. Was genau unter Bionik zu verstehen ist, bleibt allerdings vielen unklar. Denn Bionik ist mehr als nur das Kopieren der Natur. Und sie bietet Möglichkeiten zur fächerübergreifenden Zusammenarbeit von Wissenschaftlern und Praktikern.

Von Werner Nachtigall

Das Wort Bionik wird gerne als Kunstwort aufgefasst, zusammengesetzt aus BIOlogie und TechNIK. Das ergibt ein einprägsames Schlagwort, das heute allgemein eingeführt ist. Historisch war das aber nicht so; der von dem amerikanischen Luftwaffenmajor geprägte Begriff „bionics“ meint eher Dinge, die etwas mit dem Leben zu tun haben.

Auf einem Kongress 1960 in Dayton/Ohio, USA ging es um die Verbesserung von Radar-Einrichtungen. Vorbild war dafür das Sonar-Prinzip der Fledermäuse. Deren Ortungsmethoden galt es zu studieren und in die technische Praxis zu übertragen. Der dabei verwendete Schlüsselsatz lautete: „We have given the name bionics to the recognition and practice of these methods.“

Demnach ist der Bionik-Begriff also eher methodisch definiert. Dass es sich bei dieser Art von Übertragung aus der Natur in die Technik nicht so sehr um einzelne Nachahmungen, sondern eher um die Übertragung von Naturprinzipien dreht, wurde damals schon klar erkannt: „The manner in which bionics will mark the greatest contribution to technology is [...] through the revolutionary impact of a whole new set of concepts [...]“ (Anonymus 1961)

Naturprinzipien und Nachahmung

Damals sprach man von „recognition and practice“, doch heute wird das Feld methodisch unterteilt. Alles, was mit „recognition“ zu tun hat, das Erkennen des So-seins der Natur, die biologische Grundlagenforschung, bezeichnen wir als Technische Biologie. Das eigentliche Aufbereiten für die Technik und den Weg in die Umsetzung hinein, die „practice“ also, das ist heute Bionik im engeren Sinne.

Beide Disziplinen gehören zusammen wie Bild und Spiegelbild oder wie Kopf und Zahl einer Münze. Bionik baut auf der Technischen Biologie auf. Max Planck hat einmal gesagt: „Dem

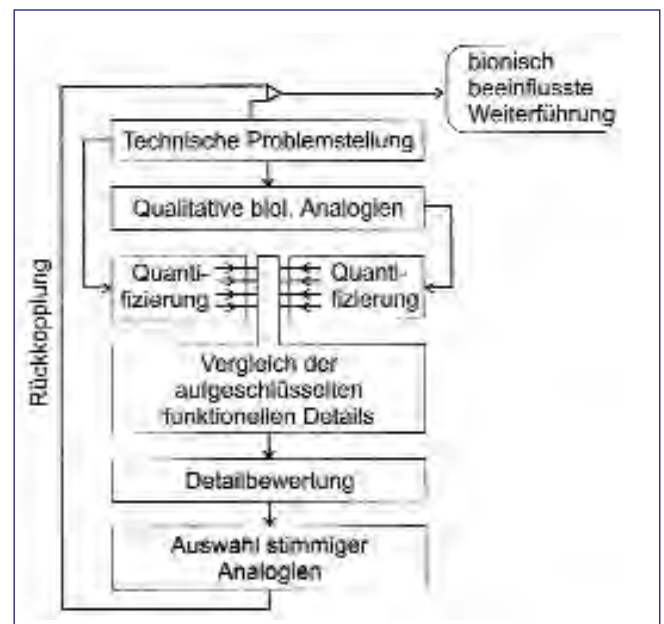
Anwenden muss das Erkennen vorausgehen“. Im Folgenden bleiben wir aber bei der Anwendung.

Auf einer Tagung des Vereins Deutscher Ingenieure über Zukunftstechnologien haben wir Bionik wie folgt definiert: „Bionik als Wissenschaftsdisziplin befasst sich systematisch mit der technischen Umsetzung und Anwendung von Konstruktionen, Verfahrensweisen und Entwicklungsprinzipien biologischer Systeme“.

Schwerpunkte der Anwendung

Damit ist also gesagt, dass Bionik eine abgrenzbare Wissenschaftsdisziplin darstellt, dass es sich um eine anwendungsorientierte Disziplin handelt, wobei Systeme der Natur die Ausgangsbasis darstellen, und dass man drei Schwerpunkte unterscheiden kann, nämlich Konstruktionsbionik, Verfahrensbionik und Entwicklungsbionik. Diese Untergliederung soll anhand von Beispielen näher verdeutlicht werden. Die Konstruktionsbionik umfasst beispielsweise Haftpads nach dem System von Insektentarsen sowie selbstreinigende Oberflächen nach dem Vorbild des Lotusblatts. Die Verfahrensbionik beschäftigt sich zum Beispiel mit der Wasserstofftechnologie nach dem

Abbildung 1: Flussdiagramm für die Kooperation von Ingenieuren und Biologen bei bionischen Ansätzen.



Quelle: Nachtigall 2007

Vorbild der grünen Pflanze sowie der Lösung von Management-Aufgaben nach dem Organismus-Prinzip. Die Entwicklungsbionik arbeitet an der Lösung von Optimierungs-Problemen mit der Evolutionsstrategie sowie an der Optimierung evolutionsstrategischer Ansätze als solche.

Die Basis all dieser Ansätze ist der biologisch-technische Vergleich. Es handelt sich um analoge Systeme, also um Analogieforschung.

Analogieforschung

Den Begriff der Analogieforschung hat der Botaniker G. Helmcke (1972) geprägt, als er Radiolarien-Skelette und technische Leichtbauten verglich. Einander gegenübergestellt, werden Lösungen aus Natur und Technik verglichen. Dies ist natürlich nur möglich, wenn Daten über beide Lösungen, aus der Natur und ebenso aus der Technik, vorliegen. Aus dieser Vorgehensweise lassen sich drei Ansätze ableiten.

Erstens kann man auf diese Weise das technische System über Naturanregungen verbessern. Dies wird bei der Konstruktion von Robotern deutlich. Der Unterarm des Menschen wird gegen den Oberarm durch (mindestens) zwei Muskelgruppen ab- und adduziert. Bei Robotern können das elektrisch betriebene Stellglieder übernehmen, die jedoch große Nachteile haben. Mit neuen pneumatischen Muskelanaloga lassen sich diese jedoch vermeiden.

Zweitens kann man aber auch an die Stelle des technischen Systems zunächst ein Fragezeichen setzen und überlegen, ob man nicht nach dem natürlichen Vorbild ein technisches Abbild findet, ein neuartiges System also. Die Konstruktion von Pumpen kann hier als Beispiel dienen (siehe Abbildung 2). So bewegt der Schwanzschlag einen Fisch mit ausnehmend guten Wirkungsgraden nach vorne. Eingeschlossen in ein Pumpengehäuse kann eine analog schwingende Flossen-Platte Wasser nach hinten fördern. Eine solche Flosspumpe transportiert auch sehr stark verschmutztes, beispielsweise fäkalienhaltiges Wasser verlässlich.

Drittens kann man auch an die Stelle des natürlichen Systems ein Fragezeichen setzen und darüber nachdenken, ob man nicht ein analoges System aus der Natur findet, das einem bei Problemen mit dem technischen System weiterhilft. Zum Beispiel sollen sich bei einem turmartigen Hochhaus die einzelnen, vorkragenden Wohneinheiten vormittags und abends nicht beschatten, wohl aber während der heißen Mittagszeit. Man sollte auch nicht Einblicke von der einen in die andere Wohneinheit haben. Das Studium sich teilüberdeckender Blätter von Rosettenpflanzen hat hier bei der Lösung einzelner Probleme weitergeführt.

Fachübergreifende Kooperation

Zwischenzeitlich haben sich Vorgehensweisen herausgebildet, welche die Zusammenarbeit von Ingenieuren und Biologen vereinfachen, ja wohl erst ermöglichen. Dies sei an einem



Bionik und Nachhaltigkeit – Lernen von der Natur

Die Beiträge in diesem Buch beschäftigen sich mit interdisziplinären Fragen rund um die Natur als Ideengeber.

- Der „Lotus-Effekt“: Biologische Grundlagenforschung und die Entwicklung neuer Werkstoffe
- Selbstreparierende pneumatische Strukturen
- Neurobionik – Was wir vom Gehirn lernen können
- Die Technik des pflanzlichen Wassertransports – Grenzflächenphänomene und innere Oberflächen
- Künstliche Haifischhaut auf Flugzeugen
- Technischer Pflanzenhalm – Bionisch optimierte Faserverbundmaterialien mit Gradientenstruktur
- Die Bedeutung der Bionik für die Ausbildung
- Systematische Bionik als Komponente im Ausbildungsgang der Biomechatronik
- Bau(m)bionik – Baubotanik: Tragstrukturen aus lebenden Holzpflanzen



Bionik und Nachhaltigkeit – Lernen von der Natur

12. Internationale Sommerakademie St. Marienthal

Herausgegeben von Dr.-Ing. E. h. Fritz Brickwedde, Dr. Rainer Erb, Dr.-Ing. Jörg Lefèvre und Dr. Michael Schwake

2007, VIII, 350 Seiten, Euro (D) 36,80, Initiativen zum Umweltschutz, Band 68, ISBN 978 3 503 10325 6

Bestellmöglichkeit online unter www.ESV.info/ 978 3 503 10325 6

ESV

ERICH SCHMIDT VERLAG

Genthiner Str. 30G, 10785 Berlin
Fax 030/25 00 85-275 · Tel.: 030/25 00 85-265
www.ESV.info · ESV@ESVmedien.de

„Aus den qualitativen, versuchsweise einander gegenübergestellten Analogien müssen Biologen und Ingenieure in Zusammenarbeit quantifizierbare Detailvergleiche entwickeln.“

Schema erläutert, das sich aus einer Kooperation der Mercedes-Benz AG mit der Arbeitsrichtung „Technische Biologie und Bionik“ der Universität des Saarlandes ergeben hat. Ich bin mir sicher, dass ein solches Schema etwa dieser Art auch für die aufblühende Zusammenarbeit von Management und Biologie gelten wird.

Am Anfang stand die technische Problemstellung, die Konzeption eines „Öko-Autos“ in der Firma, eines „Bionic car“. Als Anregung für die Konzeption einer strömungsangepassten Außenform wurden zunächst qualitative biologische Analogien gesucht. In der Vorgehensweise entsprach das dem dritten obengenannten Schema. Gefunden wurden diese Analogien in den Rümpfen des Eselspinguins und der Mehlschwalbe sowie des Kofferrisches.

Der darauffolgende Punkt in der bionischen Kooperation ist der wichtigste. Aus den qualitativen, versuchsweise einander gegenübergestellten Analogien müssen sich quantifizierbare Detailvergleiche entwickeln. Dazu musste die Technik einen detaillierten Anforderungskatalog vorlegen, die Biologie eine ebenfalls möglichst fein aufgeschlüsselte Liste der Struktur-Funktions-Beziehungen der eingebrachten biologischen Beispiele. Die beiden Listen wurden Punkt für Punkt verglichen. Es erge-

ben sich bei solchen Vergleichen in der Regel viele unfunktionelle Gegenüberstellungen, die verworfen werden, aber eben auch einige funktionelle.

Beim vorliegenden Beispiel waren das Volumenwiderstandsbeiwerte und Fragen der lokalen Strömungsablösung. Diese Ergebnisse wurden im Detail bewertet, und danach besonders stimmige Analogien zur Weiterverfolgung ausgewählt. Im vorliegenden Fall waren dies die Form- und Struktureigentümlichkeiten des von der Firma eingebrachten Vorbilds des Kofferrisches.

Detailvergleiche als Ausgangspunkt der Konstruktion

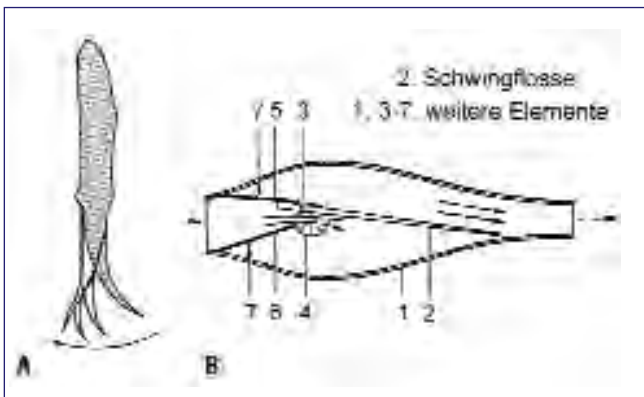
In iterativer Weise laufen solche bionischen Querbeziehungen nun so lange durch, bis sie ihren festen Niederschlag in Form einer bionisch beeinflussten Weiterführung der technischen Konstruktionskette gefunden haben, die hier zum fahrbereiten „Bionic car“ geführt hat.

Die dargestellten Beispiele haben etwa Fragen des Komplexes „Bionik und Management“ nicht aufgegriffen. Ich bin mir aber sicher, dass sich gerade diese neu aufblühende Sichtweise an ähnlichen, wenn nicht gleichen Kriterien organisieren wird.

Literatur

- Affeld, K. / Hertel, H.: Pumpe zum Fördern von Flüssigkeiten mittels schwingender Flächen. Dt. Patentamt H 58-654-Ic/59e, Offenlegungsschrift 170 3294 (1973).
- Anonymus: Bionics symposium Living prototypes – the key to new technology. Wadt Technical Report 60 600,5,000, März 1961 – 23 – 899. United States Airforce Wright-Patterson Airforce Base, Ohio.
- Helmcke, G.: Ein Beispiel für die praktische Anwendung der Analogieforschung. Mitt. Inst. leichte Flächentragwerke IL, Stuttgart, 1972.
- Lebedev, J.S.: Architektur und Bionik. Berlin 1983.
- Nachtigall, W.: Bionik. Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Berlin et al. 2002.
- Nachtigall, W.: Bionik-Beitrag für Berichtsband des 1. und 2. Kongresses der Malik AG in Interlaken 2007. Im Druck.
- Neumann, D. (Hrsg.): Technologieanalyse Bionik. Düsseldorf 1993.

Abbildung 2: A: Bewegungsweise der Schwanzflosse bei einer Forelle.
B: Konstruktions-Schnittzeichnung einer nach dem Schwanzflossen-Prinzip arbeitenden Flossenpumpe



Quelle: Nachtigall 2007, nach Affeld/Hertel 1973

AUTOR + KONTAKT

Prof. emerit. Dr. Werner Nachtigall gründete als Professor für Biologie die Ausbildungseinrichtung „Technische Biologie und Bionik“, war Mitbegründer des Bionik-Kompetenz-Netzes (BioKoN) und ehemaliger Leiter dessen Standorts



Saarbrücken an der Universität des Saarlandes.

Universität des Saarlandes, Postfach 151150,
66041 Saarbrücken. Tel.: +49 681 3023287,
E-Mail: w.nachtigall@mx.uni-saarland.de,
Internet: <http://www.uni-saarland.de/bionik>

(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.