

1 Vorlesung Bionik I im Winter 00/01 - Ingo Rechenberg, TU Berlin

Vom Wesen, Wert und Werden der Bionik

Drei Argumente für eine neue „alte Disziplin“

Bionik – Technik nach dem Vorbild der Natur: Das ist keine von der heutigen „Bio-Welle“ erfundene Alternativtechnik. Ein Bioniker ist vielmehr ein Ingenieur, der wie folgt argumentiert: In der Natur fand – das ist spätestens seit Darwin bekannt – eine Evolution statt. Dieses Langzeitexperiment „Evolution“, für das der riesige Versuchsraum der Erdoberfläche zur Verfügung stand, läuft bereits über drei Milliarden Jahre. Größe des Labors und Dauer des Experiments sollten ausgereicht haben, optimale oder zumindest optimumnahe Lebensleistungen hervorzubringen – vorausgesetzt, die Evolution funktioniert. Dann könnte der Ingenieur aber vielfach Denk- und Experimentierzeit einsparen, wenn er biologische Lösungen kopiert, wenn auch nicht so überzogen wie im **Bild 1-1** karikiert.

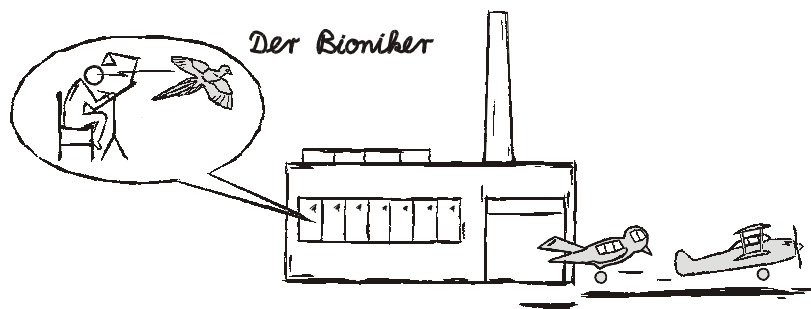


Bild 1-1: Die platte Naturkopie ist nicht das Ziel der Bionik.

Drei Aspekte der Bionik sind es Wert, in der sich anbahnenden materiellen und informationellen Überlastung der Umwelt besonders herausgestellt zu werden:

1 Es ist eine Chance, durch technische Nachbildung biologischer Prinzipien zugleich auch eine umweltverträgliche Lösung zu erhalten. Denn wer heute von sanfter Technik spricht, tut dies meist mit einem Seitenblick auf die Biologie. Allerdings: die Biologie ist nicht von sich aus edel. Der erste photosynthetisch freigesetzte Sauerstoff war ein fürchterliches Umweltgift. Was wir heute bewundern sind die in die Umwelt langfristig eingepassten Lösungen.

2 Eine biologisierte Technik als Lehrfach könnte einen Missstand in der heutigen Ingenieurausbildung beseitigen. Denn mangelndes biologisches Wissen der Ingenieure ist dafür verantwortlich, dass Technik und Natur mehr und mehr in einen Gegensatz geraten. Gerade die Bionik bietet die idealen Voraussetzungen für eine biologische Grundausbildung für Ingenieure. Denn in diesem Fach wird dem Studierenden biologisches und technisches Wissen parallel vermittelt. Das erleichtert dem Ingenieur naturgemäß den Zugang zur Biologie. Zudem kann durch diese parallele Lehrtechnik Vorlesungsstoff an anderer Stelle eingespart werden.

3 Das Zeitalter der Biologie, so höre ich allerorts, sei angebrochen. Lehrstühle für Bioinformatik, Neurocomputing, evolutionäre Algorithmen, Biosensoren, Biomimetik, Nanotechnik, ... werden eilfertig gegründet. Der „Fächerexplosion“ wird der Ruf nach einer „Straffung von Studiengängen“ folgen. Demgegenüber sind die Fächer Optik, Akustik, Mechanik, ... eher *allmählich* der Physik entwachsen. So sollten die biologierorientierten technischen Fächer, diesmal unter der Schirmdisziplin der Bionik, ebenfalls erst reifen.

Die Bionik ist eine Denk- und Arbeitsdisziplin biologisch vorgebildeter Ingenieure. Der Ingenieur-Bioniker, der eine konkrete technische Lösung nach biologischem Muster entwickelt, beruft sich dabei auf den Optimierungs-Charakter der Evolution. Schon lange gibt es aber auch Naturnachahmer, die alles nicht so eng sehen. In der sogenannten Architektur-Bionik werden z. B. Formen der Natur nahezu kritiklos in

Bauten umgesetzt. Meeresmuscheln, Schildkrötenpanzer, Libellenflügel, Blütenblätter: Das sind gewiss ästhetische Vorlagen für den kreativen Architekten. Eine optimale bautechnische Lösung wird damit jedoch nicht erreicht. Der evolutionistisch begründeten Bionik steht also eine mehr künstlerisch orientierte Bionik gegenüber. Dazwischen sind alle Schattierungen vorhanden. Ich möchte die beiden extrem verschiedenen Denkansätze der Bionik an je einem Beispiel illustrieren.

„Kreative“ Bionik

Der Architekt SIR JOSEPH PAXTON (er lebte im 19. Jahrhundert) hat für die 1. Weltausstellung 1851 in London den berühmten Kristallpalast gebaut (**Bild 1-1**). Für diesen aus genormten Gussteilen bestehenden Skelettbau diente das Blatt der *Victoria Regia*, einer Riesenseerose des Amazonasgebiets als Vorbild (**Bild 1-2**).

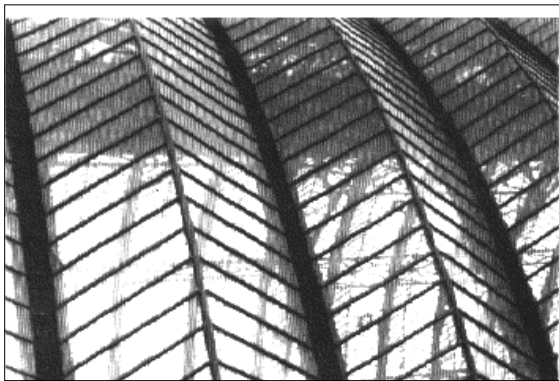


Bild 1-1:

*Feingliedrige Stützstruktur
Kristallpalast.*

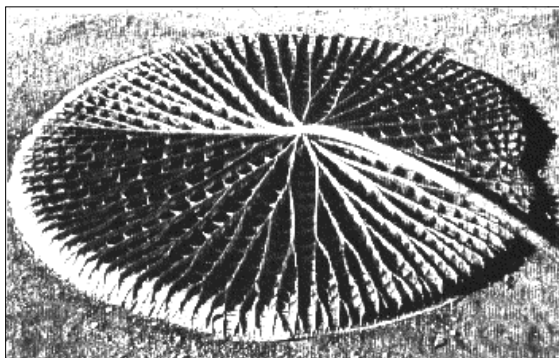


Bild 1-2:

*Feingliedrige Stützstruktur
Victoria Regia.*

Die Konstruktion ist ohne Zweifel ästhetisch sehr schön. Man sagt sogar, diese riesige Ausstellungshalle kennzeichne in ihrer feingliedrigen Konzeption einen Wendepunkt im Bauen. Gewiss ist aber, dass hier mit der Naturnachahmung keinesfalls eine optimale bautechnische Lösung erreicht wurde. Für die biologische Umwelt, nämlich Schwimmen auf dem Wasser, mag das raffiniert verrippte Blatt der tropischen Seerose durchaus eine optimale Lösung darstellen. Eine Ausstellungshalle mit über 70 000 Quadratmetern Grundfläche ist jedoch ganz anderen Belastungen ausgesetzt als ein schwimmendes Seerosenblatt. Derselbe Einwand muss gemacht werden, wenn Architekten heute schwärmerisch vorschlagen, Strukturen von mikroskopisch kleinen Kieselalgen im Großen nachzubauen. Es sind dimensionsanalytische Gesetze, die aus dem feingliedrigen Mikrogefüge in der Vergrößerung eine massige Struktur werden lassen.

Evolutionistische Bionik

Der „harte“ Bioniker denkt präziser: Vor meinem Studium des Flugzeugbaus an der Technischen Universität Berlin hat ein wissenschaftliches Hobby, der Modellflugsport, für mich einmal eine große Rolle gespielt. Als eine Funkfernsteuerung für Flugmodelle noch einen fast unbezahlbaren Luxus darstellte, wurden Wettbewerbe nach folgenden Regeln durchgeführt. Vorgeschrieben waren der Flächeninhalt und das Mindestgewicht der Wettbewerbsmodelle. In der internationalen Segelflugklasse A2 galt: Gesamtfläche $F = 32$ bis 34 dm^2 und Gewicht $G \geq 410 \text{ g}$. Die Modelle wurden mittels eines Perlenseils auf eine Höhe von 50 m geschleppt. Gewertet wurde nach dem Ausklinken des Hochstartseils die Flugzeit bis zur Bodenberührung des Modells. Damit atmosphärische Aufwinde das Ergebnis nicht verfälschen konnten, wurden die Wettbewerbsflüge manchmal sogar nur morgens zwischen 5 und 8 Uhr und abends zwischen 18 und 21 Uhr durchgeführt.

Was muss man tun, um die Sinkgeschwindigkeit eines Flugmodells möglichst klein zu halten? Die Antwort lautet: Präzise bauen und das optimale Flügelprofil wählen. Denn aus der Formel für die Sinkgeschwindigkeit eines gleitenden Flugzeugs

$$V_{\text{sink}} = \sqrt{\frac{2g}{\rho} \cdot \frac{G}{F} \cdot \frac{c_w^2}{c_a^3}}$$

lässt sich ablesen, dass nur noch auf die sogenannte Steigzahl c_w^2/c_a^3 Einfluss ausgeübt werden kann. Es kennzeichnet c_w den Widerstandsbeiwert und c_a den Auftriebsbeiwert des Flugzeugs. Steigzahl (statt Sinkzahl) heißt der aerodynamische Quotient, weil ein Flugzeug z. B. dann am schnellsten steigt, wenn es ohne Antrieb am geringsten sinkt. Die aerodynamischen Kenngrößen c_w und c_a werden nun maßgeblich durch das verwendete Flügelprofil bestimmt. Lange Zeit hat man für Flugmodelle die gleichen Flügelprofile verwendet, wie sie für ihre großen „Brüder“ entwickelt wurden. Reichlich spät kam jemand auf den glorreichen Gedanken, für Flugmodelle Flügelprofile zu verwenden, die den Flügelschnitten von Vögeln nachempfunden waren. Denn Flugmodelle fliegen im selben Strömungsbereich – gekennzeichnet durch die REYNOLDSSche Kennzahl – wie Vögel. Der Erfolg war durchschlagend. Die Modellflugweltmeisterschaft 1951 in Jugoslawien gewann der Österreicher OSKAR CZEPA mit seinem berühmt gewordenem „Zahnstocher“, einem Modell mit spindeldürrer Rumpf und einem Vogelprofil (**Bild 1-3**). Seit dieser Zeit werden Hochleistungs-Segelflugmodelle ausnahmslos mit vogelähnlichen Profilen ausgestattet.

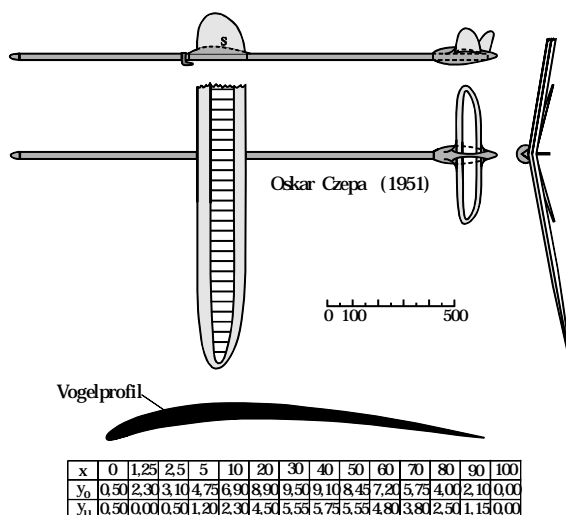


Bild 1-3:

Flugmodell
„Zahnstocher“
mit Vogelprofil.

A2-Weltmeister 1951.

Ich möchte meine Position bekräftigen: Eine bionische Denkweise, die sich mehr künstlerisch als wissenschaftlich betätigt, ist nicht mein Fachgebiet. Der Hinweis, dass es so etwas wie eine bionische Kreativtechnik gibt, möge genügen. In der von mir vertretenen evolutionistischen Bionik steht die Vorstellung im Vordergrund, dass die Welt der Biologie – wegen der vorausgegangenen Evolution – überdurchschnittlich gute Lösungen bereithält. Aus diesem Grunde lohnt es sich, biologische Strukturen und Prozesse technisch zu kopieren.

Bioniker vergangener Zeiten

Die Kunst, technische Probleme durch das Studium natürlicher Systeme zu lösen, ist uralte. Ein amüsanter Beispielfall ist die Erfindung des Holzschliff-Papiers im vorigen Jahrhundert. Papier wurde seit dem Mittelalter bis zum 19. Jahrhundert aufgrund einer alten chinesischen Erfindung aus Lumpen hergestellt. Um das Jahr 1840 las der Webermeister FRIEDRICH GOTTLIEB KELLER, dass die Papierindustrie in einen verzweifelten Rohstoffmangel geraten war. Nun, dachte er, habe ich nicht selbst gesehen, wie Wespen sich Nester bauen, die aussehen, als wären sie aus Papier? Und habe ich nicht selbst beobachtet, dass die Wespen dieses „Papier“ aus winzigen Holzfäserchen zusammenkleben? Im Jahre 1845 konnte KELLER an eine Papiermühle zu Alt-Chemnitz eine von ihm nach Wespenart hergestellte Holzfasermasse liefern. Aus „Wespapapier“ wurde dann erstmals das Frankfurter Kreisblatt gedruckt. Dieses Beispiel verliert dadurch etwas an Überzeugungskraft, weil die spontan gefundene Lösung keiner eingehenderen Untersuchung der Wespen-Technik bedurfte. Paradebeispiel, dass erst intensive wissenschaftliche Naturstudien ein Jahrtausende altes Problem lösen, ist die Geschichte des Flugzeugs. Die Möglichkeit des Fliegens wurde dem Menschen täglich in der Tier- und Pflanzenwelt vorgeführt. Hier lag der Schlüssel zur Lösung des Problems. Als nachahmenswerte Vorbilder galten Fledermäuse, fliegende Samenarten und natürlich Vögel. Fliegende Insekten wurden seltsamerweise ignoriert.

LEONARDO DA VINCI verfasste zu Beginn des 16. Jahrhunderts sein Manuskript über den Vogelflug. Er skizziert darin eine Reihe von

Flugmaschinen. Leonardo sah als Ingenieur richtig, dass der Fledermausflügel leichter detailgenau nachzuahmen war als der gefiederte Vogel-
flügel (**Bild 1-4**).

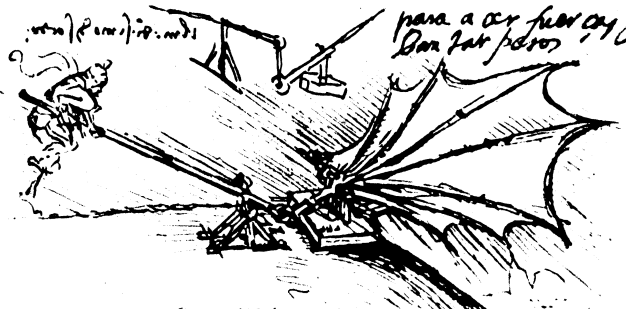


Bild 1-4:

*Prüfeinrichtung für
einen Flügel nach
LEONARDO DA VINCI.*

Hemmend bei den Vogelflughnachahmern erwies sich ihr Glaube, das Geheimnis des Fliegens sei in der **Vogelfeder** verborgen. Ein Flügel – er muss gar nicht so groß sein; wenn er denn mit Federn besetzt sei, würde er sich schon von selbst in die Lüfte erheben. Da waren die Fledermausnachahmer besser dran. Das Erscheinungsbild der Fledermaus (**Bild 1-5**) legte es nahe, einfach eine Leinwand über ein Weidenrutengestell zu spannen.

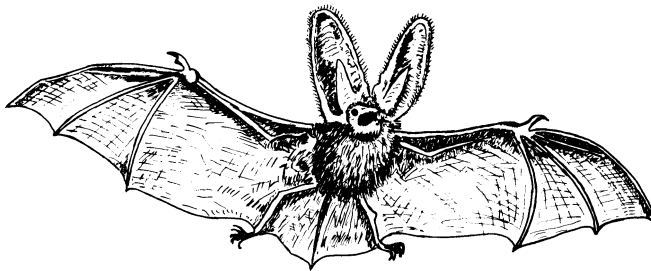


Bild 1-5:

*Die Fledermaus,
ein einfach zu
kopierendes
fliegendes Vorbild.*

In Frankreich wird zuweilen der Ingenieur CLÉMENT ADER als Vater des Flugzeugs genannt. Seine Motorflugzeuge – der Avion I, II, und III – waren sämtlich vom Fledermaustyp. Am 14. Oktober 1897 wurde der von zwei Dampfmaschinen angetriebene Avion III einer Kommission, der auch zwei Generäle angehörten, vorgeführt. Diese Prüfkom-

mission schreibt lakonisch in ihrem Bericht, dass der Avion III nur kurze Hopsen gemacht habe. Im **Bild 1-6** habe ich nach einer Zeichnung von GÉO HAM den Reinfall nachskizziert.

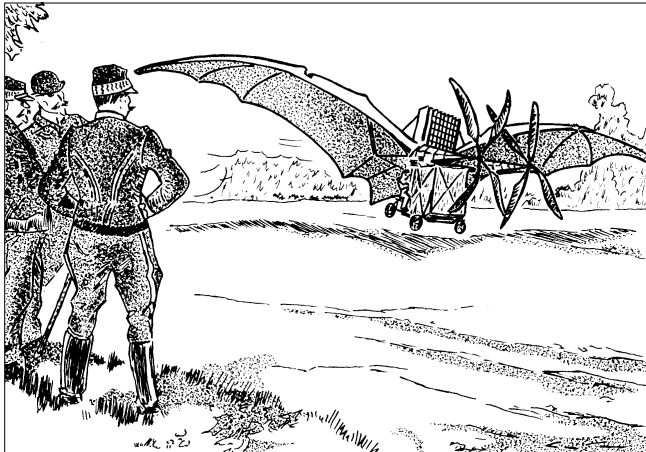


Bild 1-6:

Vor einer Prüfkommision macht der Avion III nur kurze Hopsen.

Der Fledermaus fehlt der Schwanz. Sie ist ein Nurflügel und deshalb hochgradig instabil. Bei dem stark gewölbte Flügelprofil wandert der Angriffspunkt des Auftriebs mit steigendem Anstellwinkel nach vorn, was die Drehtendenz verstärkt. Auch wenn ADER später behauptete, der Avion III sei einwandfrei 300 Meter weit geflogen; ohne Leitwerk ist dies undenkbar. Nur durch permanente vom Instinkt geleitete Steuerbewegungen kann die Fledermaus stabil fliegen.

Ein Nurflügel kann aber durchaus eigenstabil fliegen, wie es der Zanoniasamen vormacht. Dieser im **Bild 1-7** dargestellte halbmondförmige Flugsamen befindet sich in den Früchten einer tropischen Liane des Malaiischen Archipels und Neuguineas.

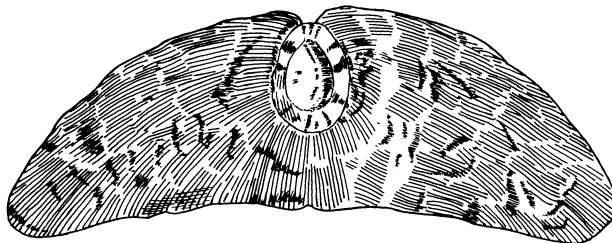


Bild 1-7:

Geflügelter Samen von Macrozania macrocarpa.

Das Geheimnis des stabilen Zania-Fluges ist ein druckpunktfestes Flügelprofil (ebenes oder S-förmiges Profil). Der Österreicher IGO ETRICH konzentriert sich deshalb auf dieses biologische Flugobjekt. Er bezieht sein Wissen aus zwei biologischen Arbeiten: der 1897 erscheinenden Schrift des Zoologen F. AHLBORN mit dem Titel „Die Stabilität der Flugorgane“ und der 1889 veröffentlichten Arbeit des Botanikers A. DINGLER mit dem Titel „Die Bewegung der pflanzlichen Flugorgane“. ETRICH entwirft und baut zwischen 1904 und 1909 eine Reihe von Zania-Gleitflugzeugen, die unbemannt ausgezeichnet stabil fliegen (**Bild 1-8**). Die berühmte Etrich-Taube besaß noch einen Zaniasamen-Flügel.

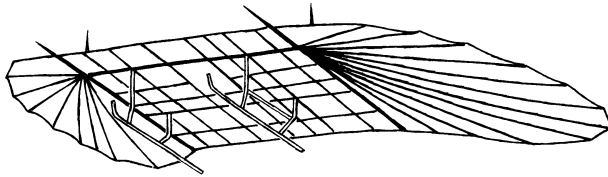


Bild 1-8:

*ETRICH-Nurflügel
nach dem Vorbild
des Zania-Samens.*

Trotzdem – die Imitation des Vogelfluges bleibt das Hauptmotiv in der langen Geschichte des Flugwesens. Die Vogelnachahmung beginnt mit Dädalus und Ikarus, die in der bekannten Sage mit Hilfe von Fittichen aus Federn fliegend aus der Gefangenschaft des Königs Minos fliehen. Und das Fliegen-Wollen wie der Vogel endet schließlich bei OTTO LILIENTHAL, dem Vater des Menschenfluges. Sein im Herbst 1889 erschienenes Buch „Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst“ ist eine Sternstunde in der Geschichte der Bionik. So schreibt LILIENTHAL gegen Ende seines Buches: *„Wir müssen daher den Schluß ziehen, daß die genaue Nachahmung des Vogelfluges in bezug auf die aerodynamischen Vorgänge einzig und allein für einen zweckmäßigen Flug des Menschen verwendet werden kann, weil dieses höchst wahrscheinlich die einzige Methode ist, welche ein freies, schnelles und zugleich wenig Kraft erforderndes Fliegen gestattet“*. In der Tat: Ein Rumpf, vorn der Flügel und hinten das Leitwerk. Das ist die Lösung der biologischen Evolution; und das ist nach 100 Jahren Flugzeugentwicklung auch die Grundkonzeption der Technik.

Das von mir so genannte „Dogma der Bionik“ lautet: Die Natur Nachäffen hilft nicht – Verstehen führt erst zum Erfolg. Biologisch-evolutive Lösungen kommen gleichsam aus der Zukunft. Was wüsste ein Ingenieur im 18ten Jahrhundert mit einem Pentium III schon anzufangen, hätte ein Zeitreisender ihm diesen auf den Tisch gestellt? Vielleicht hätte er, getreu dem Vorbild, Quarzplättchen kunstvoll mit dünnen Drähtchen verbunden. So zeugt es von folgerichtiger Einsicht, wenn LILIENTHAL erst nach den wissenschaftlichen Studien des Vogelfluges, die mit der Veröffentlichung seines Buches den krönenden Abschluss finden, mit praktischen Flugversuchen anfängt.

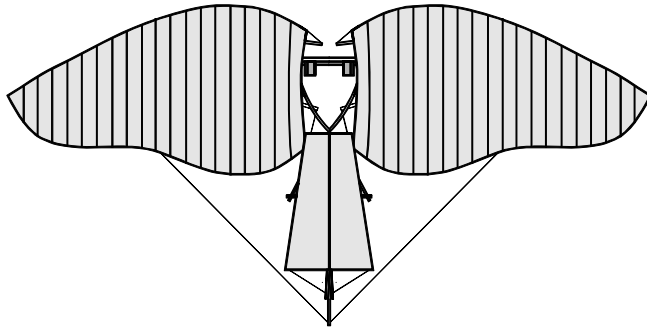


Bild 1-9:

*Rekonstruktion des
Derwitz-Apparats von
OTTO LILIENTHAL.*

Das Flugzeug 1 – noch ohne stabilisierenden Schwanz – dient nur für Stehübungen im Wind. Mit dem Flugzeug 2 werden Laufübungen gegen den Wind durchgeführt. Und mit dem Flugzeug 3 führt LILIENTHAL Sprungübungen im Garten seiner Villa von einem 2 m hohen Sprungbrett durch. Der Schritt vom Sprung zum Flug findet schließlich in Derwitz bei Potsdam statt. Hier erreicht LILIENTHAL im Sommer 1891 mit dem Flugzeug 3 (siehe **Bild 1-9**) Flugweiten bis zu 25 m. Im Sommer 1893 wird dann mit dem Flugzeug 6 in den Rhinower Bergen bei Stölln bereits die Rekordweite von 250 m erreicht, die LILIENTHAL bis zu seinem tragischen Absturz am 9. August 1896 nicht mehr überbieten konnte.

Ist LILIENTHAL nun schon ein Bioniker? Ich würde dies verneinen. Ein Mediziner, der in seinem Fach physikalische Denkweisen anwendet, ist ja längst noch kein Physiker. Ein Bioniker, der seinen Namen

zu Recht trägt, sucht in allen Sparten der Biologie nach vorbildhaften Lösungen für die Technik. Er wird dabei – wie in allen Wissenschaften üblich – die spezifischen Denkregeln seiner Wissenschaft weiterentwickeln und festigen.

Raoul Heinrich Francé

Im deutschen Sprachraum ist es der Biologe und Schriftsteller RAOUL HEINRICH FRANCÉ (**Bild 1-10**), der sich zwischen 1910 und 1940 vehement für die neue Wissenschaft der Biotechnik – heute sagen wir Bionik – einsetzt.



Bild 1-10:

*Naturschwärmer und
Biotechniker RAOUL
HEINRICH FRANCÉ.*

FRANCÉ steigert sich zu den prophetischen Sätzen: *„Das Weltgesetz erzwingt es, dass zuletzt die Technik des Organischen und die des Menschen identisch sind“*. An anderer Stelle setzt er noch einen drauf: *„Die Biotechnik ist der Gipfel der Technik überhaupt“*. Wie FRANCÉ seine bionischen Erfindungen macht, zeigt die folgende von ihm geschilderte Episode:

„Ich trat eines Morgens in mein Laboratorium, nachdenklich und mißmutig, denn ich war mit meinen Arbeiten wieder einmal stecken geblieben und konnte nicht weiter. Ich studierte um jene Zeit das Leben des Ackerbodens. Längst war festgestellt, daß die tote, schwarze Erde

nicht tot sei, sondern durchsetzt und erfüllt von Myriaden kleinster Lebewesen, die alle einen bestimmten Einfluß auf das Gedeihen der Brotfrucht haben, Und es lag nahe, anzunehmen, daß es gelingen würde, vielfältige Frucht zu ernten, wenn es zuvor gelänge, die nützlichen Erdbewohner zu vermehren. Der einfachste Weg schien zu sein, den Boden mit ihnen zu impfen. Ganz gleichmäßig, jeden Quadratmillimeter mit einem Dutzend der kleinen Lebenskeime bestreuen. Das war die Aufgabe des Tages. Sie konnte ich nicht lösen, und darum war ich mißmutig und nachdenklich.

Ich versuchte zuerst verschiedenes. Ich hatte schon Erde bereit, die reichlich die in Frage kommenden Kleinpflanzen enthielt. Ich schüttelte sie mit viel Wasser durch und begoß mein „Versuchsfeld“ mit dieser „Aufschwemmung“ aus einer kleinen Kanne. Dann untersuchte ich das Ergebnis; alles war ungleich verteilt.

Ich versuchte, den Boden gleichmäßig zu überschwemmen. Es mißlang. Es wurde mir klar, man müsse die „Impferde“ in einem halbtrockenen Zustand ganz gleichmäßig ausstreuen. Das sei der einzige Weg zum Erfolg..

...Am nächsten Morgen brachte ich Streuer mit. Mehrere Modelle, so wie ich sie auftreiben konnte. Ein gewöhnliches Salzfaß, wie es auf jedem Wirtstische steht. Einen Puderstreuer für Ärzte und kleine Kinder, einen Zerstäuber, wie man ihn als Retter der Nachtruhe vorsorglich auf die Reisen nach Osten mitnimmt. Dann ging es ans Versuchen. Auf Bogen weißen und schwarzen Papiers, die mit nummerierten Quadraten bedeckt waren, wurde mein Material leicht ausgestreut und dann auf den Quadraten gezählt, wie viele Körnchen sich darauf befanden.

Mit dem Zerstäuber ging es überhaupt nicht. Und Puderbüchse und Salzfaß streuten Reihen. Die Quadrate der unteren Reihe enthielten das Doppelte und Dreifache an Material, wie die der höheren Reihen, und ringsum gab es entweder weniger oder, wenn man dann nachhalf, wieder mehr davon, als man haben wollte.

Da war mein Schiff festgefahren und blieb tagelang stecken, bis ich den richtigen Weg fand... Ein beiläufiger Einfall brachte die Wendung: Die am Anfang ganz bedeutungslos erscheinende Frage, wie denn die Natur das Ausstreuen besorge. Die Pflanzen sind darauf ange-

wiesen, und zwar wie ein wenig Nachdenken sofort sagt, auf genau dasselbe gleichmäßige Ausstreuen, das auch ich anstrebte... Moose streuen ihre Sporen aus Kapseln in die Luft. Wenn sie nicht gleichmäßig ausgestreut werden, keimen zwei oder noch mehr dicht nebeneinander und machen sich dann in jeder Weise den Lebensraum streitig.

Sofort sah ich ein, daß die Natur eine Lösung des meines Problems gefunden haben müsse. Ich brauchte sie nur nachzuahmen und war dann jeder Sorge enthoben... Und ich fand die Lösung in den Kapseln des Mohns. Jedermann kennt sie; jedermann weiß, daß die unter dem Deckel im Kreise angeordneten Löcher dazu dienen, die kleinen Mohnkörner auszustreuen, aber noch nie hat jemand daran gedacht, daß hier eine Erfindung der Pflanze gegeben sei, welche die unsrigen übertrifft. Ich weiß das deswegen so genau, weil ich es geprüft habe. Eine Mohnkapsel, gefüllt mit den Körnchen meiner Erde, streute sie viel gleichmäßiger aus, als es mir bis dahin gelungen war.

Staunend, verwirrt, voll unbestimmter Freude stand ich am Anfang eines Weges. Mit einem kühnen Entschluß wollte ich Gewißheit haben. Ich zeichnete einen Streuer für Salz, für Puder und sonst medizinische Zwecke nach dem Modell der Mohnkapsel und meldete das als Erfindung zum Musterschutz an.

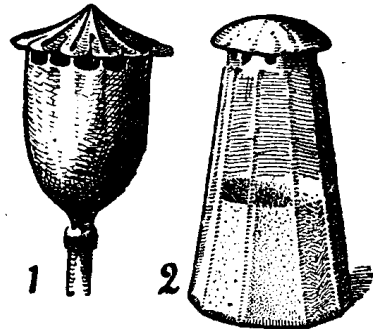


Bild 1-11:

Vorbild Mohnkapsel –
Salzstreuer nach einem
Patent von R. H. FRANCÉ.

Man hat mir den Schutz nicht bestritten; eine Erfindung war gemacht. Nach kurzem erhielt ich das vom Patentamt bestätigt unter Nr. 723 730. Noch andere Erfindungen von weit größerer Bedeutung sind in Arbeit. Einige wurden vom Patentamt zurückgewiesen, aber nicht, weil

sie unbrauchbar waren, sondern weil fern, in England, in Nordamerika, die gleiche Sache schon patentiert sei, was ich als berufsmäßiger „Nichterfinder“ nicht wissen konnte. Ich habe auch gar kein Interesse daran, als Erfinder zu gelten, denn ich bin nur ein elender Kopist der Natur. Das wichtigste war mir das Prinzip, das richtige Gesetz, und indem das sorgsam wägende und alles Technische kennende Patentamt mir bestätigte, daß hier wirkliche Erfindungen vorliegen, hat es mein Gesetz, die Wahrheit meiner Lehre bestätigt und damit den praktischen Nutzen einer Philosophie gewissermaßen amtlich beglaubigt, bevor noch diese Philosophie richtig ins Leben getreten war.

So ist eine neue Wissenschaft entstanden: die Biotechnik. Und von deren Grundgedanken soll dieses Büchlein handeln.“

Das 1919 verlegte Büchlein trägt den Titel: „Die Pflanze als Erfinder“. Es sei gesagt, dass wir hier ein Musterbeispiel einer falschen Naturnachahmung im Sinne der Bionik vor uns haben. Zwar stimmt es, dass Pflanzen ihren Samen gleichmäßig ausstreuen. FRANCÉ hat aber die Regel übersehen, dass Pflanzen ihren Samen zugleich auch möglichst weit weg vom eigenen Standort auszustreuen versuchen. Die biologische Evolution sprüht geradezu mit den raffiniertesten Einfällen, die dafür sorgen, dass Pflanzensamen möglichst weit gestreut werden. Es werden Fallschirme (Butterblume), Nurflügelgleiter (Zanonia), Tragschrauber (Ahorn) und Ballone (Blasenkirsche) entwickelt, um den Samen durch den Wind zu verbreiten. Das **Bild 1-12** zeigt einige Erfindungen der pflanzlichen Fliegekunst.

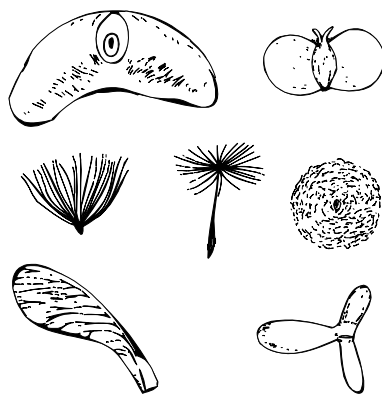


Bild 1-12:

*Flugsamen – Tragflächen,
Rotorblätter, Fallschirme,
Ballone.*

Andere Pflanzensamen besitzen trickvolle Klammervorrichtungen (Klette, Distel u. a.), um im Fell von Tieren fortgetragen zu werden. Früchte sollen auffallen und gut schmecken, damit bei ihrem Verzehr der darin enthaltene Samen anderorts wieder ausgeschieden wird. Und das vielen aus der Kindheit bekannte Springkraut (Rüch-mich-nicht-an) besitzt einen raffinierten Federmechanismus, mit dem der Samen meterweit fortgeschleudert werden kann. Es kann also davon ausgegangen werden, dass auch die Mohnkörnchen, wenn die Kapsel im Winde schwankt, möglichst weit weggeschleudert werden sollen. Ein Salzstreuer mit dieser Eigenschaft ist jedoch nicht im Sinne des Erfinders. Ich stelle mir das plastisch vor: Auf dem Dinner einer Abendgesellschaft greife ich zum FRANCÉschen Salzstreuer. Zwei Schwenks und die Brote meines rechten und linken Tischnachbarn wären gesalzen, während meine Brote leer ausgingen.

Wir wollen Herrn FRANCÉ den Schnitzer mit dem Mohnkapsel-Salzstreuer verzeihen. Das Beispiel ist effektiv und wohl auch deshalb ausgewählt worden. Denn Francé kannte sehr wohl die Grenzen des biologisch-technischen Technologietransfers. So schreibt er an anderer Stelle des gleichen Büchleins: *„Bevor also der Biotechniker eine Einrichtung der Natur nachahmt, muß er zuerst auf das genaueste die Bedürfnislage, aus der heraus sie entstand, erforschen und kennenlernen, und nur wenn sie sich mit der unseren deckt, ist die natürliche Lösung auch für uns die optimale.“*

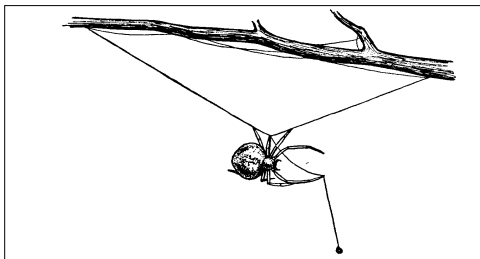
Das Wort **Biotechnik** wäre auch heute noch der passende Name für eine Ingenieurwissenschaft, die nach biologischen Lösungen strebt. Aber leider wird Biotechnik heute in Deutschland zunehmend als abkürzendes Schlagwort für Biotechnologie benutzt. Das Wort Bionik ist eine Eindeutschung des englischen „bionics“. Es war der amerikanische Luft- und Raumfahrtmediziner JACK E. STEELE, der auf der Suche nach einem werbewirksamen Ausdruck das Kunstwort „bionics“ erdacht hat. Dabei hat STEELE bewusst auf eine Assoziation mit den Worten electronics, mechanics, physics, acustics, optics, mathematics, ... hingezielt. Es soll im August des Jahres 1958 gewesen sein, als das Wort **bionics** erfunden wurde.

Die technischen Wunder der Natur

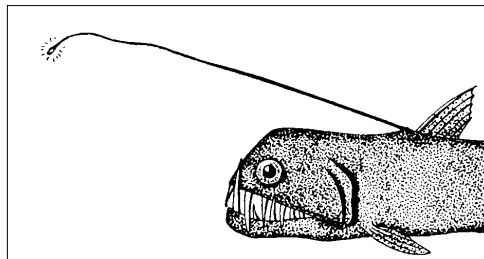
Die Literatur zur Bionik setzt vielfach auf den Überraschungseffekt, wenn biologische Leistungen mit denen der menschlichen Technik verglichen werden. Dies wird zur Effekthascherei, wenn der Schmetterling vorgestellt wird und allen Ernstes seine Flügelschuppen mit Dachschindeln und seine Fühler mit einer Fernsehantenne verglichen werden. Gleiche Zweckbestimmung in Biologie und Technik: das ist die Attraktion der folgenden 9 Beispiele:

1 Nach Cowboy-Manier schleudert die Lassospinne vorbeifliegenden Insekten ein Lasso mit Leimtropfen nach. Eine afrikanische Gattung wirbelt ihr Lasso etwa 15 Minuten im Kreis. Der Faden wird eingezogen, die daran hängende Beute verzehrt und mit neuem Lasso „weitergefischt“.

2 In der Tiefsee lebt der Anglerfisch, der wie der menschliche Angler seine Beute fängt. Der verlängerte erste Knochenstrahl seiner Rückenflosse bildet eine Angelrute, an deren Spitze der Köder baumelt. Da es in der Tiefe des Meeres stockdunkel ist, wird der Köder extra beleuchtet.



Lassospinne mit Schleuderleine.

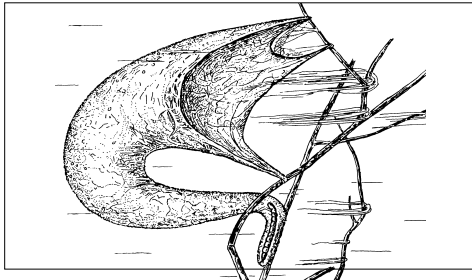


Anglerfisch mit Leuchtköder.

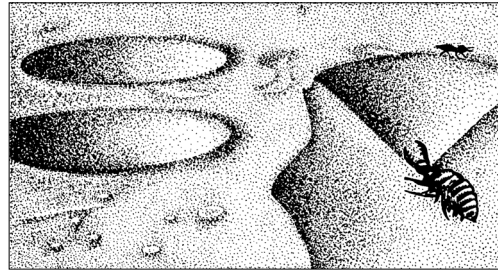
3 Fangreusen, die von einem menschlichen Fischer gefertigt sein könnten, legt die Larve der Köcherfliege aus. Das strömende Wasser hält die Reuse offen und trägt allerhand kleine Lebewesen in den Trichter, den die Larve von Zeit zu Zeit abweidet.

4 Eine Fangtechnik, nach Urjägerart, wendet der Ameisenlöwe an. Er gräbt im losen Sand nach einer besonderen Technik präzise trichter-

förmige Fallgruben, in die vorwiegend Ameisen hineinpurzeln. Versucht eine Ameise zu entkommen, wird ihr Sand unter die Füße geworfen



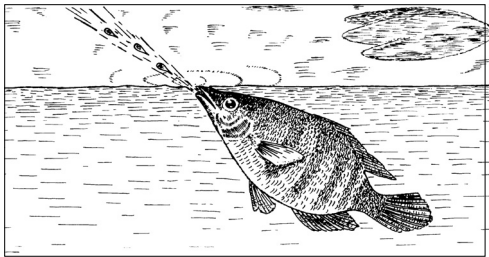
Reuse der Köcherfliegenlarve.



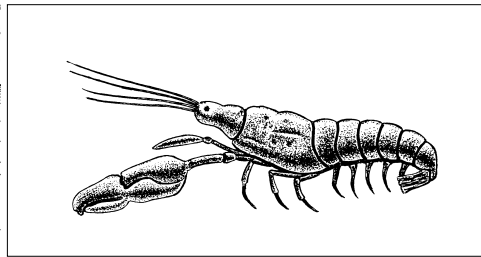
Fallgruben des Ameisenlöwen.

5 Im Roten Meer lebt der Schützenfisch. Er vermag mit Hilfe eines wohlgezielten Spuck-Strahls seine Beute von der Ufervegetation abzuschießen. Große Exemplare können ihre Geschosse bis zu einem Meter weit zielen.

6 In der Uferzone tropischer Meere findet man den Pistolenkrebs. Eine seiner Greifscheren, links oder rechts, bildet eine Wasserpistole. Damit kann er, zur Verteidigung oder zum Beutefang, einen scharf gebündelten Wasserstrahl abschießen, der von einem vernehmlichen Knall begleitet wird.



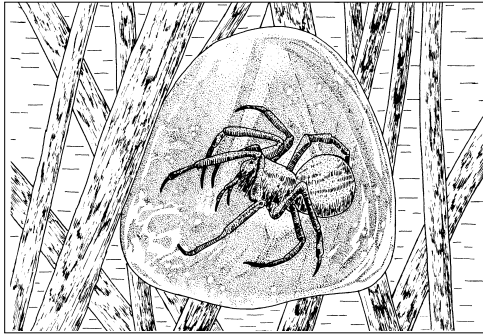
Schützenfisch in Aktion.



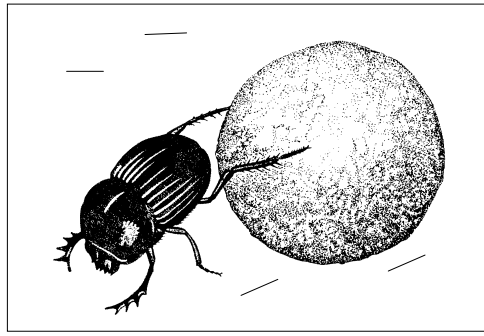
Pistolenkrebs mit Wasser-Colt.

7 Die Wasserspinne webt eine Glocke so fein, dass Luft darin aufbewahrt werden kann. Ist diese fertig, holt die Spinne eine kleine Luftblase nach der anderen von der Oberfläche nach unten, bis die Taucherglocke ganz mit Luft gefüllt ist.

8 Der heilige Pillendreher hat genetisch gelernt, dass große Lasten zweckmäßig rollend weiterbefördert werden. Deshalb formt er seine Dungnahrung gewissenhaft zu einer Kugel, die er zu seinem Bau rollt.

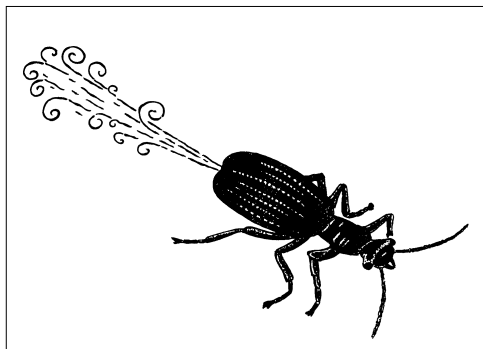


Taucherglocke der Wasserspinne.

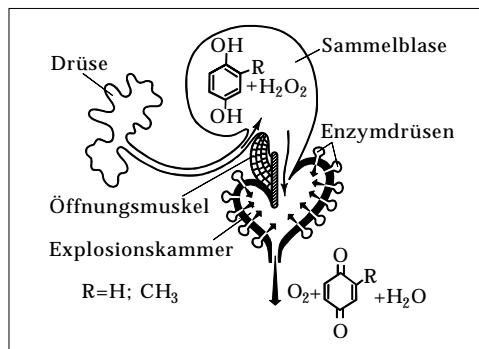


Scarabeus sacer bei der Arbeit.

9 Mit einem Raketengeschütz operiert der Bombardierkäfer. In besonderen Drüsenzellen werden Hydrochinone und Wasserstoffperoxid produziert und zu einer Sammelblase geleitet. Bei Gefahr öffnet sich ein Ventilmuskel und die Chemikalien gelangen in eine Explosionskammer. Durch Injektion von Enzymen werden Wasserstoffperoxid zu Wasser und Sauerstoff gespalten und die Hydrochinone oxidiert. Die 100 °C heißen Reaktionsprodukte verlassen mit einem hörbaren Knall die Explosionskammer.



Der Bombardierkäfer ...



... und sein Raketengeschütz.

Die Wehrtechnik des Bombardierkäfers hat seit eh und je den Naturbeobachter entzückt. So schreibt ROLANDER im Jahre 1750: *„Als ich zuerst dieses Tierchen nahm und es gleich mit kleinem Knalle einen lichtblauen Rauch von sich ließ, machte mich dieses unvermutete Ereignis ganz erschrocken, so daß mir das Tierchen aus den Händen auf die Erde fiel. Es war wie andere von seiner Art sehr schnell, sich zu verbergen. Ich ward begierig, diese seltsame Eigenschaft zu untersuchen, da ich versichert war, daß das Tier den Rauch und den Knall verursacht hatte, aber nicht wußte, auf was für eine Art. Doch suchte ich diesmal vergebens, denn es hatte einen sicheren Versteck gefunden. Einige Tage darauf fand ich wieder unter einem Stein ein gleiches Tier, das, als es gefangen war, durch seinen Hintern Rauch mit einem kleinen Knalle heraustrieb, wie wenn Zunder von einer Büchse abbrennt. Also war es von derselben Gattung wie das vorige. So oft es mit einer Nadel unter dem äußeren Ende der Flügeldecke auf dem Oberteil seines Hinterleibes gekitzelt ward, brannte es los, volle 20mal hintereinander, so daß man sich verwundern mußte, wie in einem so kleinen Körper so viel Luft enthalten war.“*

Überraschend menschlich anmutende Techniken in der Natur! Ich gebe zu: Ich habe die 9 Beispiele danach ausgesucht. Selbstverständlich denkt niemand daran, den chemischen Antrieb des Bombardierkäfers als Vorbild für ein Raketentriebwerk zu verwenden. Deshalb zähle ich 9 weitere Leistungen der Natur auf, die eher den Ingenieur herausfordern:

- 1 Der Gasanalysator (z. B. für Haschisch) in der Hundenase.
- 2 Die Doppler-Echopeilung der Fledermäuse.
- 3 Der Infrarotdetektor der Grubenotter.
- 4 Der dynamische Segelflug der Albatrosse.
- 5 Die Solarenergie-Speicherung der Photosynthese.
- 6 Der Wassertransport im pflanzlichen Verdunstungskraftwerk.
- 7 Das kalte Licht (Biolumineszenz) der Leuchtkäfer.
- 8 Der Antireflexionsbelag des Auges von Nachtinsekten.
- 9 Die Distanzregulation im wirbelnden Mückenschwarm.

Zur Effizienz der Evolution

Ich möchte mich nicht in die Liga der Naturschwärmer einreihen. Mit den aufgezählten 18 Wundern der Natur lässt sich noch keine Wissenschaftsdisziplin begründen. Mehr Zugkraft für den Wert der Bionik hat die Argumentation der Evolutionisten. Sie fragen: Warum sind diese Lösungen entstanden? Sind die Leistungen wirklich so gut, wie sie der Naturschwärmer darstellt, oder könnte dieses und jenes noch besser gemacht werden. Die gefühlsmäßige Antwort lautet: Das Langzeitexperiment Evolution, das seit annähernd 4 Milliarden Jahren auf dem riesigen Versuchsfeld der Erdoberfläche stattfindet, sollte eigentlich ausgereicht haben, um zu Lösungen zu kommen, die technisch nachahmenswert sind.

Allerdings hat dieses Argument noch eine Schwäche: Lange Versuchszeit und ein vielfaches Parallelexperimentieren in einem besonders großen Laboratorium garantieren noch nicht dafür, dass auch eine gute Lösung dabei herauskommt. Mit einer schlechten Strategie könnte man 100 Milliarden Jahre experimentieren, und es käme dennoch nichts Vernünftiges heraus. Entscheidend für die Güte der erreichten Lösung ist die Leistung der Experimentierstrategie. Wie gut ist aber die Experimentiermethode der biologischen Evolution? — Der Skeptiker sieht in der Evolutionsmethode, bedingt durch die Zufallsmutation, ein uneffektives Pröbelverfahren. Er übersieht, dass schnelle Anpassung an die Umwelt seit Urzeiten ein Riesenvorteil für Lebewesen gewesen ist. Für mich gilt der Leitspruch von der **Evolution der Evolution**. Lebewesen, die im Zuge der Evolution mit genetischen Regeln ausgestattet wurden, welche schneller optimieren konnten, haben die Langsam-Entwickler bald hinter sich gelassen. Quintessenz: Die Evolutionsstrategie sollte zu einer besonders effizienten Optimierungsstrategie geworden sein. Dies gilt es zu beweisen und zum Fundamentalbeleg der Bionik zu machen.