

**Zeitschrift:** Tec21  
**Herausgeber:** Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
**Band:** 129 (2003)  
**Heft:** 38: Bionik - Von der Natur lernen

**Artikel:** Lehrmeisterin Natur: was ist Bionik?  
**Autor:** Enz, Carole  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-108818>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 02.05.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Lehrmeisterin Natur

Was ist Bionik?

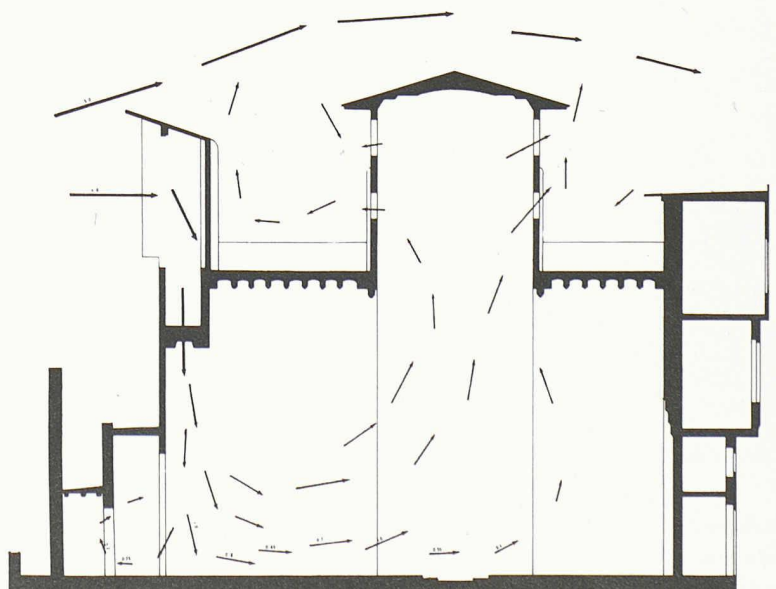
**Weshalb überhitzen Termitenbauten in den heißen Savannen nicht? Warum sind die zum Teil dünnen Gehäuse von Muscheln und Schnecken erstaunlich stabil? Bioniker kennen die Antwort und können dieses Wissen zur Optimierung technischer Systeme heranziehen – die Natur als Lehrmeisterin könnte auch die Baubranche entscheidend revolutionieren.**

In Ulm haben Architekten eine Schule errichtet, die im Sommer acht Mal so viel Strom benötigt wie im Winter – dies lediglich, um das «Treibhausklima» im Innern zu entschärfen. Im Zeitalter steigender Energiepreise und ökologischer Sensibilisierung ist dies ein nicht nachahmenswerter «Verstoß gegen das Prinzip der Nachhaltigkeit». Werner Nachtigall, eine führende Kapazität auf dem Gebiet der Bionik, plädiert für den Verzicht auf architektonische Selbstdarstellung zugunsten der «Uraufgabe» der Architektur: Gebäude zu bauen, die sich im Einklang mit der Umgebung befinden und in denen sich Menschen wohl fühlen. Orientalische Atriumhäuser etwa sind solche Gebäude (Bild 1). Sie nutzen die extremen Tag-Nacht-Schwankungen der Temperatur: Nachts bildet sich im Hof des Hauses ein Kältesee, der selbst noch am darauf folgenden Nachmittag kühlend auf das Gebäude einwirkt. Da die Erbauer dieser Häuser von der Natur gelernt haben, um ihre Häuser zu klimatisieren, spricht man bereits hier von einem Beispiel aus der

Bionik – ein Fachbereich, der im letzten Jahrzehnt einen enormen Schub erlebt hat.

Angefangen hat alles 1960 an einem Kongress in Dayton, Ohio (USA). Luftwaffenmajor J. E. Steele sprach davon, «Geräte und Systeme zu entwerfen, die für den naiven Beobachter so aussehen, als seien sie lebendig». Damit hat er den Schritt von den Naturmaterialien (aus denen etwa die Atriumhäuser bestehen) zu rein technischen Apparaturen machen wollen – weg von Lehm, Stein oder Bambus hin zu «Lebewesen» aus Metall und Kunststoff. Die folgende Passage in seiner Rede war die Geburtsstunde der Bionik: «We have given the name bionics to the recognition and practice of these methods.» Da im Englischen die Technik «technical science» heisst, entstand das Wort Bionik nicht – wie häufig angegeben – durch das Zusammenziehen der Begriffe Bio(logie) und (Tech)nik. Die englische Endung «-nics» ist im Deutschen wiederzugeben mit «Dingen, die mit belebten Systemen zu tun haben». Doch Steele und seine Kollegen waren mit ihren Ideen der damaligen Zeit weit

1  
Die natürliche Belüftung des Hauses Muhibb Al-Din Muwaggi in Kairo. Ein Turm auf dem Hausdach fängt frische Luft ein und leitet diese hinunter in den Hof (Bild: Omar el-Farouk)



voraus. Daher erstaunt es nicht, dass es vierzig Jahre gebraucht hat, bis die Bionik ein anerkannter Forschungszweig geworden ist. Dabei darf der Gegenpol der Bionik nicht vergessen werden: die *Technische Biologie*. Sie betreibt Grundlagenforschung und ist das unverzichtbare Gegenstück zur *Bionik*, die sich die praxisbezogene Umsetzung auf die Fahnen geschrieben hat. Bei der Technischen Biologie versuchen Naturwissenschaftler, die Natur mit Hilfe der Technik zu verstehen. Bei der Bionik lernen Ingenieure und Architekten von der Natur für den praktischen Nutzen. Dabei ist es zentral, dass sich die beiden Gegenpole verständigen, damit das Wissen nicht im Elfenbeinturm verstaubt. Wenn heute Flugzeuge dank aerodynamischer «Haifischhaut» weniger Treibstoff verbrauchen, selbstreinigende Fassaden sich die Blattoberflächenstruktur von Pflanzen zunutze machen (Lotus-Effekt) oder Solarzellen nach dem Photosyntheseprinzip Strom erzeugen, ist dies das Resultat der Zusammenarbeit beider Disziplinen.

### Die Natur ist der Technik voraus

Menschenwerk ist meist technisch unausgereift – kein Wunder, denn die Natur hat Jahrmillionen Zeit gehabt, um einen Gecko senkrechte Stämme hinaufklettern zu lassen oder die Echoortung von Fledermäusen zu perfektionieren. Die natürliche Selektion hat dazu geführt, dass die jeweiligen biologischen Systeme bis zur Perfektion getrimmt wurden. Denn nur die am besten an die Umwelt Angepassten haben laut Darwin überlebt. Die bekanntesten tierischen Erbauer kunstvoller Gehäuse sind die Schnecken und Muscheln, die damit einen Schutz vor Verletzungen und Ansatzstellen für die Muskulatur besitzen. Die Schalen bestehen grösstenteils aus Aragonit, einem Kalziumkarbonat, das mit Eiweiss verklebt ist. Dieses Material bildet plattenartige Schichten, die rechtwinklig zueinander angeordnet sind. Dadurch werden Belastungen auf eine grössere Fläche weitergeleitet. Wenn von aussen Druck auf die Schale einwirkt,

entstehen meist nur viele winzige Bruchstellen und selten ein einzelnes, lebensbedrohliches Loch. Der Schweizer Bauingenieur Heinz Isler etwa hat schalenartige Überdachungen von Autobahntankstellen konzipiert, die Muscheln ähnlich sehen. Sein Ansatz, um solche Dächer zu planen, ist aber nicht die Muschelschale, sondern ein verblüffend einfaches Experiment: Er hat nasse Jutengewebe umgedreht. Die dabei entstehende Hängeform ist statisch sehr günstig, weil bei verteilter Belastung keine Biegemomente, sondern nur Zug- und Druckkräfte entstehen (tec21, 49-50/2002). Solche Schalenformen haben sich aber nicht durchsetzen können. Anders die ihnen ähnlichen Muschelschalen, sie eroberten das Tierreich. Doch nicht sie sind die ultimative Errungenschaft der Natur hinsichtlich Statik – Bäume oder das Skelett von Wirbeltieren sind noch ausgeklügeltere Konstruktionen. Letztere bestechen durch Leichtigkeit und Festigkeit. Santiago Calatrava hat dieses Prinzip in seine Brücken- und Gebäudeentwürfe einbezogen. Der spanische Architekt hat beispielsweise den Bahnhof Stadelhofen in Zürich wie ein Skelett aufgebaut (Bilder 2 und 3). Aber er ist bionisch gesehen in einem Zwischenbereich stehen geblieben. Denn nicht nur die Statik eines Skeletts als Ganzes, sondern auch das Material, aus dem die Knochen gebaut sind, tragen dazu bei, dass Skelette statisch perfekte Gebilde sind: Eine spröde Komponente mit einer elastischen kombiniert verleiht den Knochen eine Stabilität, die technisch bisher nicht einmal annähernd umgesetzt werden konnte (Calatravas Pfeiler, die Oberschenkelknochen gleichen, bestehen lediglich aus Metall).

### Bioniker der ersten Stunde

Die wohl bekanntesten Baubioniker sind Frei Otto und Buckminster Fuller. Beide haben auf eine Versöhnung von Technik und Natur gezielt. Fullers Markenzeichen und einziger finanzieller Erfolg sind die geodätischen Kuppeln. Eine dieser Kuppeln war als Pavillon an der



2 und 3

Bahnhof Stadelhofen, Zürich: Santiago Calatravas Pfeiler wirken wie überdimensionierte Metallknochen (Bild: ce/Red.). Die Ähnlichkeit mit einem menschlichen Oberschenkelknochen ist frappant (Bild: SIU / okapia)

Weltausstellung in Montreal 1967 zu sehen. Optimal in Bezug auf Volumen, Gewicht und Materialaufwand entsprechen Fullers Kuppeln den Gehäusen der einzelligen Radiolarien (Bilder 4 und 5). Diese Form der Architektur hat auch Nicholas Grimshaw für die riesigen Gewächshäuser – Biome genannt – im Eden-Project in Cornwall (GB) verwendet (tec21, 33-34/2001).

Viele weitere Namen liessen sich hier anführen, etwa der von Joseph Paxton, der zur statischen Optimierung seiner Glasdächer die Verstrebungen von Seerosenblättern nachgeahmt hat. Aber der wohl berühmteste Naturbeobachter war Leonardo da Vinci (1452–1519). 1505 etwa hat er in Florenz den Vogelflug eingehend studiert und entdeckt, dass sich die Federn beim Abschlag spaltfrei schliessen, nicht aber beim Aufschlag. Darauf basierend hat er eine Lösung für technische Flügel präsentiert: Klappen aus leinenbespanntem Weidenflechtwerk sollten sich beim Abschlag schliessen und beim Aufschlag öffnen. Aus Mangel an Leichtbauteilen wurden jedoch die meisten seiner Konstruktionen zu Lebzeiten nicht realisiert. Aber bereits bei ihm sind die Grundzüge der Bionik sichtbar: das Lernen von der Natur, um die Funktionalität technischer Systeme zu optimieren.

### Bionik oder nicht Bionik?

*Bionik ist*, wenn Autoreifen das wabenförmige Muster von Baumfroschzehen besitzen oder Wanderschuhe wie Gämshufe konzipiert sind, um einen besseren Halt auf der jeweiligen Unterlage zu bieten.

*Nicht Bionik ist*, wenn etwa Calatravas Flughafenbahnhof in Lyon einem zum Flug ansetzenden Vogel gleicht. Der Bahnhof würde auch als solcher funktionieren, wenn er wie ein durchstartender Bison aussähe. Reine Formanalogie ist keine Bionik. Die Funktion ist ausschlaggebend. Der Baubereich ist allgemein ein wichtiges Feld für Bioniker, denn Bauten stehen in Wechselwirkung mit der Umwelt: Materialeigenschaften und Energieverbrauch etwa lassen sich optimieren. Daher haben alle drei

### Bionik-Internetsites:

[www.bionik-netz.de](http://www.bionik-netz.de)  
[www.bionik.tu-berlin.de](http://www.bionik.tu-berlin.de)  
[www.bionik.tu-berlin.de/kompetenznetz/bionik/bionik.html](http://www.bionik.tu-berlin.de/kompetenznetz/bionik/bionik.html)  
[www.biologie.rwth-aachen.de/bionik/bionik.html](http://www.biologie.rwth-aachen.de/bionik/bionik.html)  
[www.botanik.uni-bonn.de/system/bionik.htm](http://www.botanik.uni-bonn.de/system/bionik.htm)  
[www.dpunkt.de/bionik/](http://www.dpunkt.de/bionik/)  
[www.hs-bremen.de](http://www.hs-bremen.de)  
[http://library.thinkquest.org/27468/d/index.htm](http://http://library.thinkquest.org/27468/d/index.htm)  
[www.maschinenbau.tu-ilmenau.de/bionik-netz/](http://www.maschinenbau.tu-ilmenau.de/bionik-netz/)  
[www.tu-darmstadt.de/bitiz/](http://www.tu-darmstadt.de/bitiz/)  
[www.uni-saarland.de/fak8/bi13wn/indgtbb.html](http://www.uni-saarland.de/fak8/bi13wn/indgtbb.html)

### Ausstellungen:

Die Wanderausstellung «HiTechNatur» ist dreiteilig:

1) «Wachsen und bauen» ist vom 24. Mai bis 9. Nov. 03 in der Naturwissenschaftlichen Sammlung Winterthur und vom 22. Nov. bis 26. Sept. 04 im Pfalzmuseum für Naturkunde Bad Dürkheim, Deutschland, zu sehen

2) «Alles in Bewegung» ist gegenwärtig nicht ausgestellt

3) «Von Sinnen» ist vom 16. April bis 3. Aug. 03 im Bündner Naturmuseum Chur und vom 16. Aug. bis 4. April 04 im Naturmuseum Frauenfeld zu sehen, weitere Informationen sind auf [www.hitechnatur.ch](http://www.hitechnatur.ch)

Die Wanderausstellung «Bionik – Zukunftstechnik lernt von der Natur» ist im Moment nicht ausgestellt, aber auf der Homepage [www.historisches-centrum.de/bionik/](http://www.historisches-centrum.de/bionik/) sind weiterführende Informationen erhältlich

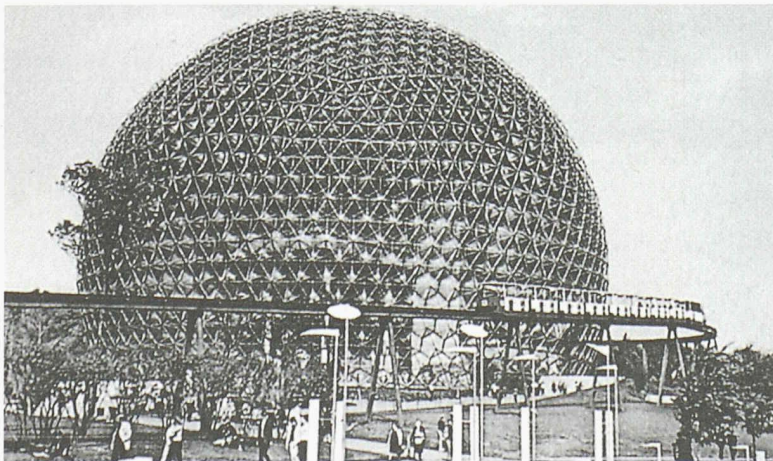
### Bücher:

– Becker, P.-R.; Braun, H. (Hrsg.): nestWerk. Architektur und Lebewesen. Aschenbeck & Holstein Verlag, 2001, 220 Seiten. ISBN 3-932292-33-2

– Bürgin, T.; Herger, P.; Künzler, W.; Vallan, D.: HiTechNatur. Naturmuseen Luzern, St. Gallen und Solothurn, 2000, 160 Seiten, 16 Fr. ISSN 1018-2462

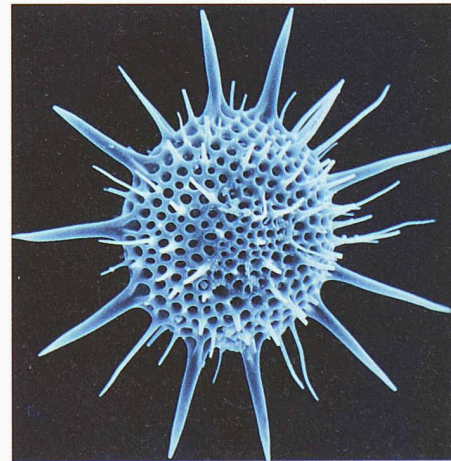
– Nachtigall, W.: Bau-Bionik. Natur – Analogien – Technik. Springer Verlag, 2003, 289 Seiten, 80 Fr. ISBN 3-540-44336-3

– Nachtigall, W.: Bionik. Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Springer Verlag, 2002, 492 Seiten, Fr. 108.50. ISBN 3-540-43660-X



4 und 5

Buckminster Fullers geodätische Kuppel war ein Blickfang an der Weltausstellung von 1967 (Bild: Red.) und entspricht dem Gehäuse von einzelligen Strahlentierchen (Radiolarien; Bild: Manfred P. Kage / okapia)



Anwendungsbereiche der modernen Bionik einen Bezug zum Bauen: Der erste Bereich, die *Konstruktionsbionik*, befasst sich mit der Entwicklung von Materialien und Werkstoffen, die sich Naturprinzipien bedienen, um eine bestimmte technische Aufgabe zu erfüllen. Als Beispiel kann der bereits erwähnte Lotus-Effekt genannt werden. Zwei weitere, dem Baugeschehen ferne Forschungszweige der Konstruktionsbionik sind die Prothetik und die Robotik.

Der zweite Anwendungsbereich ist die *Verfahrensbionik*. Darunter fällt das Thema «Klima- und Energetobionik», das mit dem orientalischen Atriumhaus bereits angesprochen worden ist (Bild 1). Es nutzt die standortspezifischen Besonderheiten und den natürlichen Umstand, dass kalte Luft schwerer ist als warme, perfekt aus. Moderne Atriumhäuser können durch Automatisierung von Dachfenstern, die sich je nach Bedarf schliessen oder öffnen, die steigende Warmluft entweichen lassen (tec21, 5/2001). Dies tun auch Termiten: Sie nützen den Kamineffekt aus. Erwärmte Luft steigt im oberirdischen Teil des Termitenbaus auf und zieht dabei kühle Luft aus dem Boden nach.

Neben der Klima- und Energie-Forschung ist die Baubionik (bionische Architektur) ein weiterer Bereich der Verfahrensbionik. Darunter fallen unter anderem der Leichtbau, die Entwicklung von Bauteilen, die sich leicht montieren und wieder demontieren lassen, sowie Membran- und Schalentragwerke wie etwa Islers Raststätten. Darüber hinaus sind Sensorbionik und Bionische Kinematik und Dynamik weitere Bereiche der Verfahrensbionik.

Der dritte Anwendungsbereich der Bionik betrifft die Übertragung von Informationen (*Informationsbionik*). Neuro- und Evolutionsbionik, Prozess- und Organisationsbionik heissen die Forschungsschwerpunkte.

### Warum nicht schon heute?

Die Bionik feiert dort einen Siegeszug, wo ganz bestimmte Ansprüche erfüllt werden müssen: etwa in der Raumfahrt und der Aviatik, wo Materialersparnis und Festigkeit von grösster Wichtigkeit sind. Im Alltag aber scheint die Bionik noch kaum Fuss gefasst zu haben. Weshalb sind beispielsweise nicht schon heute alle Oberflächen mit dem Lotus-Effekt beschichtet (siehe Artikel «Rein biologisch rein»)?

Das eingangs erwähnte Plädoyer von Werner Nachtigall für den Verzicht auf architektonische Selbstdarstellung zugunsten der «Uraufgabe» der Architektur – Gebäude zu bauen, die sich im Einklang mit der Umgebung befinden und in denen sich Menschen wohl fühlen – zeigt einen weiteren Grund, weshalb die Umsetzung harzt: Wir müssten radikal umdenken. Doch sollten wir das nicht schon längst angesichts des drohenden Klimawandels? Könnte es nicht die grösste Herausforderung des 21. Jahrhunderts sein, Energie-effiziente Gebäude nach den Prinzipien der Natur zu planen und zu bauen? Werden nicht erst recht durch den Einbezug der Bionik für Ingenieure und Architekten neue, spannende Betätigungsfelder und weitere Möglichkeiten geschaffen, sich einen Namen zu machen? Die folgenden Artikel zeigen solche Errungenschaften.

**Bohren  
Rammen**

**Foundationen  
Baugruben-  
abschlüsse  
Grundwasser-  
absenkungen**

**risi**  
**die Spezialtiefbauer**

041-766 99 99 [www.risi-ag.ch](http://www.risi-ag.ch)