

Werner Nachtigall

# Bionik

**Grundlagen und Beispiele  
für Ingenieure  
und Naturwissenschaftler**

Mit 250 Abbildungen



Springer

# Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkungen .....	XIII	3	<b>Biologie und Technik: Wie sich Querbeziehungen entwickelt haben .....</b>	29
<b>A Allgemeine Aspekte:</b>			3.1 Allgemeines .....	31
<b>Historisches, Gliederung, Vorgehensweise ...</b>	1	3.2	Beispielgruppen für die Anfangsentwicklung der Technischen Biologie und Bionik ...	31
1 <b>Bionik – was ist das? .....</b>	3	3.3	Beispielgruppen für die Entwicklung der Technischen Biologie und Bionik in den letzten Jahrzehnten .....	36
1.1 Begriffsbildung .....	5	3.4	Literatur .....	41
1.2 Begriffskennzeichnung .....	5			
1.3 Herkunft des Begriffs „Bionik (bionics)“ .....	6	4	<b>Aktivitäten im Bionikbereich .....</b>	43
1.4 Technische Biologie und Bionik als Antipoden .....	7	4.1	Forschung (Beispiele) .....	45
1.5 Technische Biologie und Bionik als integrative Disziplinen mit sich ergänzenden Aufgabenstellungen .....	8	4.2	Architektur .....	46
1.6 Wurzeln und Chancen der technisch-biologischen/bionischen Strategien .....	8	4.3	Design .....	47
1.7 Unterdisziplinen der Bionik .....	9	4.4	Bücher .....	47
1.8 Suche nach dem Optimum .....	10	4.5	Zeitschriftenartikel .....	49
1.9 Bionik als Analogieforschung .....	14	4.6	Ausstellungen .....	50
1.10 Bionik als Kreativitätstraining .....	14	4.7	Messen und Zentren .....	51
1.11 Bionik – Was ist das? .....	15	4.8	Filme .....	52
1.12 Literatur .....	15	4.9	Wettbewerbe .....	52
2 <b>Teilgebiete der Bionik:</b>		4.10	Gesellschaften .....	52
<b>Kurzcharakterisierung und Beispiele .....</b>	17	4.11	Tagungen und Kongresse .....	53
2.1 Historisches .....	19	4.12	Werbung .....	54
2.2 Strukturbionik .....	19	4.13	Bionik-Studiengänge .....	54
2.3 Baubionik .....	20	4.14	Industrieraufträge im Bionik-Bereich .....	54
2.4 Klimabionik .....	20	4.15	Literatur .....	55
2.5 Konstruktionsbionik .....	21			
2.6 Bewegungsbionik .....	22	5	<b>In welcher Weise kann Bionik zukünftig die Technik beeinflussen? .....</b>	57
2.7 Gerätebionik .....	22	5.1	Lernen von der Natur? .....	59
2.8 Anthropobionik .....	23	5.2	Keine Blaupausen für die Technik .....	59
2.9 Sensorbionik .....	24	5.3	Technische Biologie als Basiswissenschaft ...	59
2.10 Neurobionik .....	24	5.4	Bionik als weiterführende Disziplin .....	60
2.11 Verfahrensbionik .....	25	5.5	Bionik ist etwas anderes als Naturkopie .....	60
2.12 Evolutionsbionik .....	25	5.6	Anregungen durch Bionik .....	60
2.13 Ausblick .....	26	5.7	Technikbestimmende Verfahrensbionik .....	61
2.14 Literatur .....	26			

5.8	Zusammenspiel Technischer Biologie – Bionik – Technik .....	61	8.4	Strömungseffekte der „Schwertfisch-Nase“ – Modifikationsvorschläge zur Flugzeug-optimierung .....	128
5.9	Analogieforschung steht am Anfang .....	61	8.5	Spiegeloptik im Krebsauge – Vorbild für Röntgenteleskope und -kollimatoren .....	131
5.10	Wege aus der „Steinzeittechnologie“ .....	62	<b>9</b>	<b>Bau und Klimatisierung</b> .....	139
5.11	Biostrategie als Überlebenstrategie .....	62	9.1	Wiedereinbindung des Baukörpers in natürliches Umfeld und natürliche Kreisläufe – Brückenschlag zwischen Bionik und Architektur .....	141
5.12	Literatur .....	63	9.2	Das Eisbärfell - Solarbetriebene Wärmepumpe und Transparentes Isolationsmaterial („TIM“) .....	147
<b>B</b>	<b>Spezielle Aspekte: Fragestellungen, Fallbeispiele, Sichtweisen</b> ...	65	9.3	Anwendung des Eisbärfell- und Termitenbauprinzipis im Sinne einer Kombination von TIM und Porenlüftung .....	150
6	Historisches und Programmatisches .....	67	9.4	Die Einbeziehung der Natur nutzt der Bauökonomie, behindern dabei aber nicht eine klare architektonische Formsprache .....	153
6.1	Zwei historische Patente – Eines davon hat die Welt verändert .....	69	9.5	Bauformen der Natur und analoge Konzepte – Technische Biologie und Bionik von Bau- und Tragekonstruktionen .....	155
6.2	Historische Kette: Konzepte für Schiffsvortriebe u.a. nach dem Prinzip der Fisch-Schwanzflosse .....	71	<b>10</b>	<b>Robotik und Lokomotion</b> .....	165
6.3	Programmatistische Kette: Qualitative Analogieforschung - biologische Morphe und technische Struktur .....	77	10.1	Laufmaschinen – Designhilfen aus dem Bereich der Natur .....	167
6.4	Bionik-Design - Sichtweisen und Vorbilder ..	83	10.2	Ein insektenanaloger Laufroboter – Der Stabheuschreckengang, technisch aufgegriffen .....	170
6.5	Sind „Vorbilder aus der Natur“ patent-schädigend? – Patentrechtliche Wertung von Bionik-Erfindungen .....	84	10.3	Elastizitäten bei Roboterarmen – Aus der Not eine Tugend machen .....	174
<b>7</b>	<b>Materialien und Strukturen</b> .....	87	10.4	Eselspinguin und Kofferrfisch – Dicke Unterwasserkörper mit Anregungspotential für technische Rumpfformen .....	177
7.1	Verpackungen in der Natur – Überblick über ein Ideenreservoir für die Technik .....	89	10.5	Schlagflossenboote und „künstliche Fische“ – Übertragungen von Fischflosse und Fischdesign .....	181
7.2	Selbstreinigende pflanzliche Oberflächen – Schmutzabweisende Beschichtung .....	94	<b>11</b>	<b>Sensoren und neurale Steuerung</b> .....	187
7.3	Riefenstrukturen bei Haischuppen – Widerstandsverminderung durch Riblets ...	100	11.1	Vom Fliegenauge zur Roboter-Orientierung – Bionik der Signalverarbeitung .....	189
7.4	Hochwachsende Gräser als Vorbilder – Technische Kompositmaterialien und langgestreckte Strukturen .....	107	11.2	Bewegungssteuerung und Bewegungslernen in der Biologie – Unkonventionelle Vorbilder für technische Anwendung .....	193
7.5	„Intelligente“, sich selbst reparierende und andere unkonventionelle Materialien – Eine kleine Übersicht .....	110	11.3	Neuronale Netze – Beispiele für Mustererkennung und Bewegungssteuerung .....	199
<b>8</b>	<b>Konstruktionen und Geräte</b> .....	113	11.4	Koppelung von Mikroorganismen mit Meßelektroden – Mikrobielle Biosensoren ...	204
8.1	Biomechanische Mikrosysteme – Vergleichende Analyse und Technologiepotential ihrer Funktionselemente und Elementarfunktionen .....	115			
8.2	Schlagflügelantrieb bei Fliegen – Naturvorbild als Basis für ein Insekten-Flugmodell .....	119			
8.3	Ein Ausstülpungsschlauch für medizinische Katheder und andere Zwecke – Mechanismen bei Würmern und Polypen als Vorbild .....	126			

11.5 Koppelung biologischer Systeme mit technischen Geräten – Ein Sensorsystem zur Messung extrem geringer Stoffkonzentrationen .....	205	14.4 Adaptives Wachstum – Nach dem Vorbild der Bäume konstruieren .....	258
<b>12 Anthro- und biomedizinische Technik</b> ...	209	14.5 CAO-optimierte Autobauteile – Weniger Material- und Energieverbrauch bei gleicher Stabilität .....	268
12.1 Menschen an Maschinen - Maschinen im Menschen .....	211	<b>15 Systemik und Organisation</b> .....	271
12.2 Schwingungsdynamik der Gehörknöchelchen – Biomechanische Anpassung eines Mittelohrimplantats .....	214	15.1 Selbstorganisation – Ein Naturprinzip und seine sozioökonomische Anwendung .....	273
✕ 12.3 Radfahrer und Rad – Ein biomechanisch abgestimmtes Funktionspaar .....	216	15.2 Biologische Verpackungsstrategien – Entwicklung umweltökonomischer Verpackungen .....	276
✕ 12.4 Anwachsen biologischen Gewebes auf technischem Substrat - Mechanische und informationsübertragende Verkopplungen .....	218	15.3 Funktionshilfe bei komplexen Wirtschaftssystemen – Analogien können dem Management Impulse geben .....	282
12.5 Interaktion des Organismus mit Wellen – Nutzung von Licht zur Einkopplung von Mikrowellen .....	221	15.4 Bereichsüberschreitungen erster Art – Anregungen aus der Biologie können in andere Funktionsbereiche hineinwirken ....	285
<b>13 Verfahren und Abläufe</b> .....	225	15.5 Bereichsüberschreitungen zweiter Art – Verklammern von Einzelfächern .....	289
13.1 Molekulare solare Energiesysteme – Mechanismen und Umsetzungspotential ....	227	<b>16 Konzeptuelles und Zusammenfassendes</b> ....	291
13.2 Artifizielle Photosynthese – Beiträge zur molekularen Sonnenenergiekonversion ....	233	16.1 Bionik als technische und wirtschaftliche Herausforderung - Was nicht gegen Naturgesetze verstößt ist prinzipiell machbar ....	293
13.3 Makroskopische solarbetriebene Energiesysteme – Möglichkeiten und Anwendungspotential .....	237	16.2 Bionik als Betrachtungsaspekt – Eine fächerübergreifende kybernetische Sichtweise ....	294
13.4 Wasserstoffproduktion durch Artifizielle Algen-Bakterien-Symbiose („ABRAS“) ....	240	16.3 Bionik als Kreativitätstraining – Die Vielfalt biologischer Lösungsmöglichkeiten regt die kreative Phantasie an .....	297
13.5 Algenkonverter - Fluidreinigung, Nahrungsmittel- und Wertstoffproduktion in einem System .....	242	16.4 Bionik als Ansporn für vernetztes Denken – Auf dem Weg zu einer zukunftsorientierten Bildung .....	298
<b>14 Evolution und Optimierung</b> .....	245	✕ 16.5 Bionik als Teil einer Überlebensstrategie – Vom Ökosystem zum Wirtschaftssystem ....	302
14.1 Evolutionsprinzipien und Stufen der Imitation biologischer Evolutionsprozesse ...	247	Namenverzeichnis .....	309
14.2 „Mechanik“ des evolutionsstrategischen Bergsteigens .....	253	Sachverzeichnis .....	311
14.3 Evolutive Systemoptimierung – Naturstrategien zum Nutzen von Technik und Wirtschaft .....	257	Tier- und Pflanzennamen .....	319