

Verein Deutscher Ingenieure e.V. Düsseldorf  
VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences

Entwicklung des ersten technischen Regelwerkes für den  
Transfer bionischer Forschungs- und Entwicklungsergebnisse in  
ökologisch vorteilhafte industrielle und technische Anwendungen

Abschlussbericht  
gefördert unter dem Az: 25606 von der  
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Dr. Heike Beismann & Dr. Heike Seitz

Düsseldorf, August 2011

Bei Interesse an einem Abschlussbericht  
wenden Sie sich bitte an:  
Dr. Heike Beismann  
bionik@vdi.de

Verein Deutscher Ingenieure e.V. Düsseldorf  
VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences

Entwicklung des ersten technischen Regelwerkes für den  
Transfer bionischer Forschungs- und Entwicklungsergebnisse in  
ökologisch vorteilhafte industrielle und technische Anwendungen

Abschlussbericht  
gefördert unter dem Az: 25606 von der  
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Dr. Heike Beismann & Dr. Heike Seitz

Düsseldorf, August 2011

2011/08		<b>Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt</b>			
Az	<b>25606</b>	Referat	<b>21</b>	Fördersumme	<b>272.000,00 €</b>
<b>Antragstitel</b>		<b>Entwicklung des ersten technischen Regelwerks für den Transfer bionischer Forschungs- und Entwicklungsergebnisse in ökologisch vorteilhafte industrielle und technische Anwendungen.</b>			
<b>Stichworte</b>		Bionik, Standardisierung, Technische Regeln, VDI-Richtlinien			
	Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)	
	<b>3 Jahre</b>	<b>12.06.2007</b>	<b>11.06.2010</b>	<b>1</b>	
	Verlängerung		12.12.2010		
	Verlängerung		31.03.2011		
	Verlängerung		31.05.2011		
	Zwischenberichte	15.01.2008, 15.07.2008, 15.01.2009, 15.07.2009, 15.01.2010			
<b>Bewilligungsempfänger</b>		Verein Deutscher Ingenieure e.V. VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences		Tel	0211/6214-314
				Fax	0211/6214-177
				Projektleitung	
				Dr. Heike Beismann	
				Bearbeiterin	
				Dr. Heike Seitz	
<b>Kooperationspartner</b>		Dr. Rainer Erb ZUK (Zentrum für Umweltkommunikation)			
<b><i>Zielsetzung und Anlass des Vorhabens</i></b>					
Im Projekt wurden VDI-Richtlinien erarbeitet, die die Umsetzung bionischer Entwicklungen in technische Anwendungen erleichtern bzw. ermöglichen. Die Standardisierung soll den technischen Anwendern einen Zugang zu bionischen Potenzialen erschließen, indem die dargelegten Verfahren in einer technischen Sprache abgefasst wurden. Darüber hinaus wird gewährleistet, dass bionische Verfahren von verschiedenen Anwendern in gleicher Weise genutzt werden.					
<b><i>Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden</i></b>					
Für die Entwicklung eines technischen Regelwerkes zur Bionik wurden relevante Fachleute aus Forschung und Industrie identifiziert und zur ehrenamtlichen Mitarbeit in den geplanten Richtlinienausschüssen motiviert. Die Arbeiten wurden durch einen mit ehrenamtlichen Entscheidungsträgern besetzten Fachbeirat koordiniert.					
In einem ersten Ansatz wurden die geplanten Vorhaben geprüft und konkretisiert. Durch die Diskussion im Fachbeirat Bionik wurden Modifikationen an der Umsetzung und den geplanten Themen vorgenommen.					
Die Arbeit der Richtlinienausschüsse wurde durchgehend vom Fachbeirat begleitet. Ein Projektbeirat wurde zeitnah eingerichtet, um die Kommunikation mit Projektträgern und übergeordneten Behörden sicherzustellen und die Richtlinienerstellung mit anderen Fördermaßnahmen zu verknüpfen.					

## ***Ergebnisse und Diskussion***

Folgende VDI-Richtlinien wurden erarbeitet:

<b>Nummer</b>	<b>Titel</b>
VDI 6220	Bionik – Konzeption und Strategie - Abgrenzung zwischen bionischen und konventionellen Verfahren/Produkten
VDI 6221	Bionik – Funktionale bionische Oberflächen
VDI 6222	Bionik – Bionische Roboter
VDI 6223	Bionik – Bionische Materialien, Strukturen und Bauteile
VDI 6224 Blatt 1	Bionische Optimierung - Evolutionäre Algorithmen in der Anwendung
VDI 6224 Blatt 2	Bionische Optimierung – Anwendung biologischer Wachstumsgesetze zur strukturmechanischen Optimierung technischer Bauteile
VDI 6225	Bionik – Bionische Informationsverarbeitung
VDI 6226	Arbeitstitel: Bionik – Architektur, Ingenieurbau, Industriedesign

Alle bei Antragsstellung geplanten Arbeitspakete konnten bis zur ersten Drucklegung (Gründruck) abgeschlossen werden. Lediglich VDI 6226 (Architektur) befindet sich noch in der Phase der Erarbeitung des Vorentwurfs, da die Arbeit an dieser Richtlinie erst zu einem späteren Zeitpunkt begonnen wurde.

### ***Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation***

**Werbung:** Die Öffentlichkeit wurde zeitnah und regelmäßig über die Aktivitäten des VDI zur Bionik und die Veröffentlichung der VDI-Richtlinien informiert. Dies erfolgte über die Internetseiten des VDI: [www.vdi.de/bionik](http://www.vdi.de/bionik), [www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien), [www.vdi.de/bionic2012](http://www.vdi.de/bionic2012), über die Newsletter des VDI (LifeScienceNews, ab Mai 2011 VDI-FachNews) und auf verschiedenen Veranstaltungen und Messen.

**Bionic Roadmap:** Eine Technologie-Roadmap zur Bionik mit Perspektiven bis 2020 wurde als zielführendes Instrument des Fachbeirats Bionik erachtet, um die Zukunftsperspektiven der Forschung zur Bionik und die Umsetzung bionischer Ideen in die Anwendung zu beleuchten und politische Maßnahmen zu formulieren. Ein entsprechender Entwurf ist derzeit in der Abstimmungsphase mit den beteiligten Ministerien.

**Internationaler Bionic-Award:** Der internationale Bionic-Award, gestiftet von der Schauenburg-Stiftung, hat sich als hervorragendes Instrument erwiesen, um den Nachwuchs im Bereich Bionik zu erreichen. Der internationale Bionic-Award 2008 und 2010 wurde im Rahmen des Wirtschaftsforums - ausgerichtet von ZUK, DBU und BIOKON - verliehen und erfuhr jedes Mal ein großes Medienecho. Die Ausschreibung für die Verleihung 2012 ist bereits veröffentlicht ([www.vdi.de/bionic2012](http://www.vdi.de/bionic2012)).

### ***Fazit***

Das Ziel des Projektes, die Erarbeitung von VDI-Richtlinien zum Thema Bionik, wurde erreicht. Zwar konnte aus Kapazitätsgründen der Ehrenamtlichen nicht wie geplant der Weißdruck aller geplanten Richtlinien publiziert werden, aber die inhaltliche Abstimmung und Publikation im Gründruck sind erfolgt.

Mit der Publikation bionischer Themen als VDI-Richtlinien, und damit in einer technischen Sprache, wurde den Anwendern/innen ein Zugang zu den Potenzialen der Bionik erschlossen, den sie über rein wissenschaftliche Publikationen nicht gehabt hätten. Darüber hinaus wurde eine einheitliche Terminologie entwickelt, die es den Anwendern/innen unterschiedlicher Fachdisziplinen ermöglicht, besser und präziser miteinander zu kommunizieren. Zudem können die beschriebenen Verfahren einheitlich eingesetzt werden.

Durch eine aktive Beteiligung an der internationalen Normung kann diese Expertise nun zu einer Harmonisierung der Normenwerke beitragen (siehe [www.vdi.de/isobionik](http://www.vdi.de/isobionik)).

Neue Themen wie die molekulare Bionik könnten zukünftig aufgegriffen werden. Außerdem sollte der Fokus verstärkt auf die Standardisierung konkreter Verfahren und Handlungsempfehlungen auf Basis der erarbeiteten VDI-Richtlinien gelegt sind. Zudem erscheint es sinnvoll, das Thema Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz bionischer Lösungsstrategien als eigenständiges Thema aufzugreifen.

## 1 Vorwort

Die VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences (VDI-TLS) wurde im April 2009 gegründet und umfasst die Fachbereiche Agrartechnik, Bionik, Biotechnologie, Gentechnik und Medizintechnik.

Aufbau und Weiterentwicklung der Fachbereiche, Wissenstransfer und der Ausbau der technischen Regelsetzung durch VDI-Richtlinien, steht im Vordergrund der Tätigkeit der VDI-TLS. Zudem werden Veranstaltungen (z. B. Expertenforen, Fachgespräche) genutzt, um mit den interessierten Fachkreisen die Ergebnisse der Standardisierungsarbeit zu diskutieren und gegebenenfalls Aktualisierungsbedarf zu formulieren.

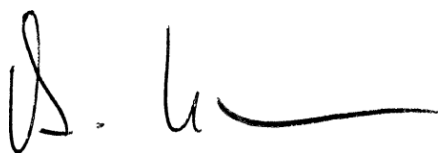
Ein wesentliches Ziel der Arbeiten in der VDI-TLS ist die Verknüpfung der Fachbereiche untereinander und ebenfalls die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit anderen Gesellschaften und Fachbereichen des VDI (z. B. Fachbereich Technische Gebäudeausrüstung, Fachbereich Architektur, Gesellschaft Energie und Umwelt, Zentrum für Ressourceneffizienz).

Die interdisziplinäre, fachbereichsübergreifende Zusammenarbeit bei der Standardisierung gewinnt immer mehr an Bedeutung. Die organisatorischen Abläufe ermöglichen, dass die Einbeziehung der Kompetenzen aller Fachbereiche sichergestellt ist. Dies ist auch die zentrale Aufgabe des Beirates der VDI-TLS.

Die erfolgreiche Erarbeitung der VDI-Richtlinien im Fachbereich Bionik ist das Ergebnis einer sehr engagierten ehrenamtlichen Gemeinschaftsarbeit und basiert auf dem umfangreichen Expertenwissen, das unentgeltlich in die Standardisierungsarbeit einfließt. Durch die Anbindung an die nationale und europäische Rechtsordnung kommt den hier erstellten VDI-Richtlinien eine erhebliche staatsentlastende Bedeutung zu.

Unser Dank gilt den ehrenamtlichen Fachleuten, die trotz kontroverser Diskussionen und der zeitweise problematischen wirtschaftlichen Lage konstruktiv an der Entwicklung der VDI-Richtlinien gearbeitet haben, dem Förderer DBU sowie den zahlreichen Firmen, Institutionen und Hochschulen, die ihre Mitarbeiter/innen für die Gemeinschaftsarbeit freistellen und damit erhebliche finanzielle Mittel für die Standardisierung in der Bionik aufwenden.

Ebenso gilt unser Dank den regionalen, nationalen und internationalen Bionik-Netzwerken, die mit ihrer Tätigkeit die Grundlagen der technischen Regelsetzung in der Bionik schaffen. Den Dank verbinden wir mit der Bitte, in diesem großen Engagement nicht nachzulassen, denn nur so kann auch zukünftig die Standardisierung im Bereich der Bionik vorangetrieben werden.



Prof. Dr. Antonia Kesel  
Vorsitzende des Beirates der VDI-TLS  
Vorsitzende des Fachbereichs Bionik



Dr. Heike Beismann  
Geschäftsführerin der VDI-TLS

## Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort.....	4
2	Verzeichnis von Bildern und Tabellen .....	6
3	Begriffe, Abkürzungen und Definitionen .....	7
4	Zusammenfassung .....	8
5	Einleitung.....	9
6	Technische Regeln und Standardisierung.....	10
6.1	Nationale technische Regelsetzung .....	10
6.2	Europäische und internationale Normung.....	12
6.3	Technische Regelsetzung in der Bionik .....	13
7	Durchführung des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens .....	14
7.1	VDI-Richtlinien und Richtlinienausschüsse .....	14
7.2	Information der Öffentlichkeit .....	16
7.3	Bionik-Roadmap .....	18
7.4	Internationaler Bionic-Award.....	18
8	Ergebnisse.....	19
8.1	VDI-Richtlinien – Stand der Arbeiten.....	19
8.2	Verkaufszahlen .....	23
9	Diskussion.....	24
9.1	Technische Regelsetzung in der Bionik .....	24
9.2	Durchführung der Arbeiten .....	24
9.3	Verkauf der VDI-Richtlinien.....	25
9.4	VDI-Wissensforum .....	25
9.5	Internationale Normung .....	26
9.6	Nachhaltigkeit und Umweltschutz .....	27
10	Fazit und Ausblick .....	27
11	Literatur.....	29
12	Anhänge .....	30

## 2 Verzeichnis von Bildern und Tabellen

Abbildung 1: <i>Beziehung zwischen Rechtsnormen und technischen Regeln</i> .....	11
Abbildung 2: <i>Verabschiedungsverfahren technischer Regeln</i> .....	12
Abbildung 3: <i>Beziehung zwischen europäischer Gesetzgebung und Normung</i> .....	13
Tabelle 1: <i>Themen der bearbeiteten VDI-Richtlinien</i> .....	14
Tabelle 2: <i>VDI-Richtlinien zur Bionik und ihr Bearbeitungsstand</i> .....	19
Tabelle 3: <i>Verkäufe VDI-Richtlinien, monatsweise</i> .....	23
Tabelle 4: <i>Verkäufe VDI-Richtlinien bis Juli 2011 kumuliert</i> .....	23
Anhang 1: <i>Deckblatt VDI 6220</i> .....	30
Anhang 2: <i>Deckblatt VDI 6221</i> .....	31
Anhang 3: <i>Deckblatt VDI 6222</i> .....	32
Anhang 4: <i>Deckblatt VDI 6223</i> .....	33
Anhang 5: <i>Deckblatt VDI 6224 Blatt 1</i> .....	34
Anhang 6: <i>Deckblatt VDI 6224 Blatt 2</i> .....	35
Anhang 7: <i>Deckblatt VDI 6225</i> .....	36
Anhang 8: <i>Informationsbroschüre</i> .....	37
Anhang 9: <i>Richtlinienflyer zur Bestellung</i> .....	38
Anhang 10: <i>Poster zur Bionik im VDI</i> .....	39



### 3 Begriffe, Abkürzungen und Definitionen

#### Definitionen

Bionik	Bionik verbindet in interdisziplinärer Zusammenarbeit Biologie und Technik mit dem Ziel durch Abstraktion, Übertragung und Anwendung von Erkenntnissen, die an biologischen Vorbildern gewonnenen werden, technische Fragestellungen zu lösen.
--------	--

#### Abkürzungen

BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
BIOKON	Bionik-Kompetenz-Netz e.V.
BIONA	Bionische Innovationen für nachhaltige Produkte und Technologien, BMBF geförderte Maßnahme
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
DBU	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
KMU	Kleine und mittelständische Unternehmen
PTJ	Projektträger Jülich
TA Luft	Technische Anleitung Luft
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e.V.
VDI-TLS	VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences
VDI-ZRE	VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH
ZUK	Zentrum für Umweltkommunikation der DBU

## 4 Zusammenfassung

Im Förderprojekt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU, Az. 25606) wurden technische Regeln (VDI-Richtlinien) erarbeitet, die die Umsetzung bionischer Entwicklungen in technische Anwendungen erleichtern bzw. ermöglichen. Damit wird ein technischer Zugang zu bionischen Potenzialen und bionischen Verfahren ermöglicht und eine hohe Qualitätssicherung für die Anwendung und Umsetzung bionischer Lösungsstrategien erreicht.

Die VDI-Richtlinien wurden in ehrenamtlichen Gremien gemeinschaftlich erarbeitet und im Konsens verabschiedet. Ein übergeordneter Fachbeirat hat die Arbeiten koordiniert. Ein Projektbeirat hat den Informationsfluss zwischen den laufenden Forschungsprojekten und der Standardisierungsarbeit auf diesen Gebieten sichergestellt.

Die geplanten Arbeitspakete konnten nach geringer Modifikation im Rahmen des Förderprojektes zum Gründruck (Entwurf) verabschiedet werden und sind bis Ende 2011 öffentlich verfügbar (VDI 6220 bis VDI 6225). Die weitere Bearbeitung (Einspruchsverfahren, Publikation des Weißdrucks, Auditierung/Überarbeitung) wird vom VDI getragen.

Die Öffentlichkeit wurde über die Arbeiten des VDI zur Bionik und den Stand der Richtlinientätigkeiten über die gesamte Projektzeitlaufzeit über Internetauftritte, Newsletter und Printmedien informiert. Zudem wurden auf verschiedenen Veranstaltungen und Messen das Thema Bionik und die erarbeiteten VDI-Richtlinien regelmäßig vorgestellt. Kooperationspartner für die Öffentlichkeitsarbeit war das Zentrum für Umweltkommunikation der DBU (ZUK).

Bis zur Veröffentlichung der VDI-Richtlinien gab es keine technischen Regeln explizit zu Themen der Bionik. Damit konnte das innovative Thema Bionik erstmals den potenziellen Anwendern, hauptsächlich KMUs, in einer gewohnt technischen Sprache zur Verfügung gestellt werden. Den Anwendern und Anwenderinnen wurde durch die VDI-Richtlinien ein Ideenkatalog an die Hand gegeben, mit dem umweltverträglichere Produkte hergestellt werden können, wenn die Umsetzung umweltrelevante Aspekte berücksichtigt. Dies betrifft z.B. die Möglichkeit durch bionische Oberflächenstrukturierung auf giftige Antifouling-Anstriche zu verzichten oder die Erhöhung der Langlebigkeit und die Einsparung von Material bei der bionischen Optimierung.

## 5 Einleitung

Die systematische Beobachtung der Natur und die Übertragung komplexer Prinzipien aus der **Biologie** in die **Technik** (Bionik) wurden schon zu Zeiten da Vincis zur Lösung technischer Probleme eingesetzt. Eine Studie des Büros für Technikfolgenabschätzung von 2006 [1] weist Deutschland als einen international bedeutenden Forschungsstandort auf diesem Gebiet aus. Das wissenschaftlich hohe Niveau der deutschen Forschung im Bereich der Bionik (siehe auch: Deutsche Umweltpreise 1999, 2003, 2005, Deutscher Zukunftspreis 2011) gilt es auch in Zukunft zu halten. Die internationale Reputation muss weiter gestärkt werden, und bionische Herangehensweisen sind nachhaltig und zeitnah in die Innovationsprozesse der Industrie zu integrieren. Zukünftig ist es erforderlich, das Wissen aus der bereits geleisteten Forschungsarbeit an die nächste Bionik-Generation weiterzugeben und vor allem durch die Ausbildung in der Bionik einen Multiplikatorenprozess zu initiieren. Dazu muss die bionische „Denkweise“ stärker in Bildung und Ausbildung integriert werden.

Die Bionik ist in Deutschland als Forschungsthema an zahlreichen Universitäten und universitären sowie außeruniversitären Forschungseinrichtungen vertreten. Das thematische Spektrum ist dabei außerordentlich breit und umfasst alle bionischen Teilgebiete. Die Entwicklung entsprechender Produkte oder Verfahren erfolgen auf verschiedensten Gebieten. Hier fehlte bisher eine einheitliche und anerkannte Klassifizierung.

Bionik ist auf die Interaktion zwischen biologischem und technischem Wissen mit klarer Anwendungsorientierung angewiesen. Sie liefert Ausgangspunkte für neuartige Mittel-Zweck-Kombinationen und damit für Innovationen. Dies bedeutet, dass sich Bionik letztlich daran messen lassen muss, welchen Beitrag sie im Innovationsprozess leisten kann. Die Art und Weise, zu bionischen Ideen und Realisierungen zu gelangen, beruht vor allem auf dem Innovationstransfer zwischen Biologie und Technik. Gelingende Übertragung von Wissen über Strukturen, Prozesse und Eigenschaften lebender Systeme auf technische Systeme bedarf der verständlichen Kommunikation, Korrespondenz und Transparenz zwischen den Disziplinen.

Der Transfer von Erkenntnissen aus der Bionikforschung in die technische Umsetzung ist daher für die Bionik von zentraler Bedeutung. Wissenstransfer im Hinblick auf Umsetzung in der Praxis kann über VDI-Richtlinien erfolgen. Hier können zum einen Definitionen und Begriffe festgelegt werden, aber auch konkrete Handlungsanweisungen gegeben werden, wie für spezielle Fragestellungen vorgegangen werden muss, um zu einer anvisierten Lösung zu gelangen. VDI-Richtlinien sind in einer technischen Sprache abgefasst, die den an der Umsetzung beteiligten Ingenieuren/innen den Umgang mit den eher biologisch geprägten Ideen erleichtert. Damit kann für die Bereiche Biologie und Technik eine gemeinsame Sprache gefunden werden, die den Wissenstransfer verbessert.

VDI-Richtlinien sind das Ergebnis einer ehrenamtlichen, technisch-wissenschaftlichen Gemeinschaftsarbeit, die durch Fachleute aus Verwaltung, Wirtschaft und Wissenschaft geleistet wird. Beschlüsse werden im gegenseitigen Einvernehmen gefasst. Durch die Veröffentlichung des Entwurfs mit einer Einspruchsfrist, die eine Beteiligung der Öffentlichkeit ermöglicht, sind ein breiter öffentlicher Konsens und eine Anerkennung der Richtlinien gewährleistet. Wichtiges Ziel der Erstellung von technischen Regeln ist es, Verfahrensvarianten abzustimmen und bundeseinheitliche Vorgaben abzuleiten.

Durch Beteiligung der so genannten „interessierten Kreise“ aus Verwaltung, Wirtschaft und Wissenschaft ist sichergestellt, dass vorhandene Erkenntnisse im Rahmen der Erstellung von Standards zusammengeführt werden. Ein fachlicher Austausch über die Arbeitsgruppentätigkeit hinaus ist hierbei auch eine wichtige Motivation für die ehrenamtliche Mitarbeit an der Regelsetzung.

Über Lenkungsgremien im VDI (Beirat und Fachbeiräte), die die Richtlinienarbeit begleiten, ist zudem eine Rückkopplung mit weiteren Institutionen und gesellschaftlichen Gruppen möglich (Industrie- und Umweltschutzverbände, KMU, technisch-wissenschaftliche Vereine, Verbraucherschutzorganisationen u. a.).

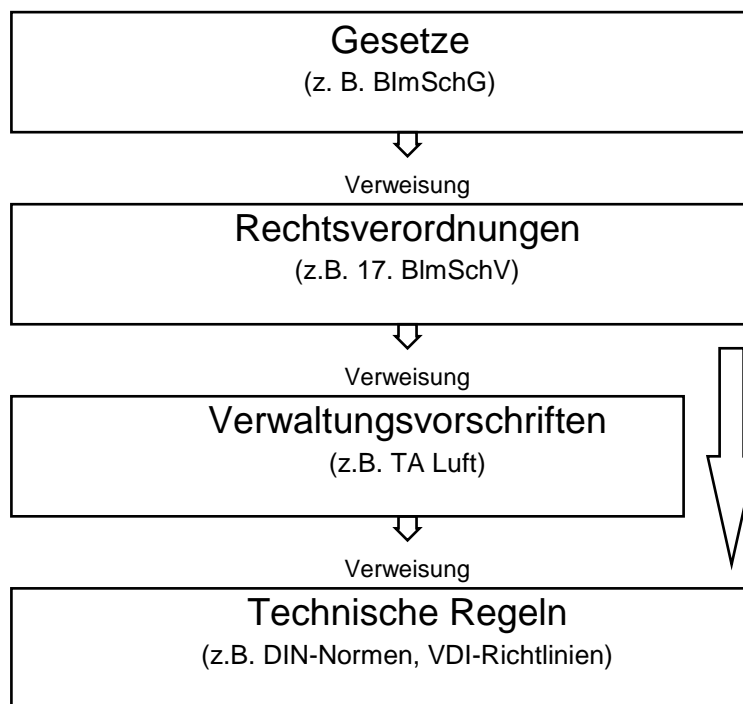
Im hier dargestellten Projekt wurden VDI-Richtlinien erarbeitet, die die Umsetzung bionischer Entwicklungen in die technische Anwendung erleichtern bzw. ermöglichen. Die Standardisierung soll den technischen Anwender/innen bionische Potenziale erschließen, in dem die dargelegten Verfahren in einer technischen Sprache abgefasst wurden. Zudem ermöglicht eine Standardisierung, dass bionische Verfahren von verschiedenen Anwendern in gleicher Weise genutzt werden, wodurch die Qualität deutlich verbessert wird. Darüber hinaus wurden prinzipielle Unterschiede zwischen bionischen Verfahren und lediglich „naturähnlichen“ Verfahren herausgestellt und auf diese Weise zu einer Profilschärfung der Bionik beigetragen.

## **6 Technische Regeln und Standardisierung**

### **6.1 Nationale technische Regelsetzung**

Die technisch-wissenschaftliche Regelsetzung ermöglicht es dem VDI den Transfer technischen Wissens – eine seiner wesentlichen Aufgaben – zu erfüllen. Die Beschreibung des Standes der Technik kann über VDI-Richtlinien erfolgen. Standards und technische Regeln bündeln technisches Wissen und können auch unmittelbar Hilfestellung für andere Länder sein (z. B. durch die Übernahme von technischen Standards in das Regelwerk weiterer EU-Mitgliedstaaten oder anderer Länder).

Rechtsordnung und technische Regeln stehen in enger Wechselbeziehung (Abbildung 1). Die Vernetzung von rechtlichen und technischen Regeln wird z. B. durch Übersetzung der Rechtstexte durch Technische Regeln gewährleistet. Dabei werden unbestimmte Rechtsbegriffe, wie „Stand der Technik“ oder „Stand der Wissenschaft“ durch die technischen Regeln geklärt. Durch einen Verweis auf technische Regeln in der Rechtsordnung wird deren Anwendung verbindlich. Dabei sind verschiedene Arten von Verweisen möglich. In Bereichen mit rascher technischer Entwicklung (wie in den Bereichen der Biotechnologie und Bionik) bzw. wenn möglichst aktuelle technische Informationen berücksichtigt werden sollen, werden technische Regeln ohne Angabe des Ausgabedatums in den Rechtstext aufgenommen (dynamischer Verweis). Damit ist der Anwender/die Anwenderin gefordert, die jeweils neueste Fassung zu berücksichtigen. Ist dagegen vom Gesetzgeber beabsichtigt, eine ganz bestimmte technische Regel zur Anwendung vorzuschreiben, um z. B. ein bestimmtes Messverfahren verbindlich zu machen, werden sie mit Angabe des Ausgabedatums in den Rechtstext aufgenommen (statischer Verweis).

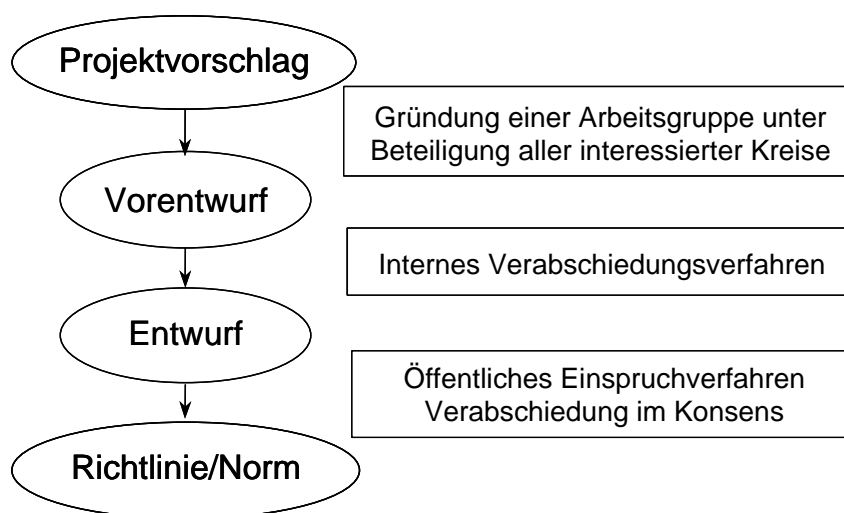


**Abbildung 1: Beziehung zwischen Rechtsnormen und technischen Regeln**

Um den hohen Anforderungen, die an technische Regeln gestellt werden, gerecht zu werden, durchlaufen VDI-Richtlinien ein komplexes Verabschiedungsverfahren. Ausgangspunkt für die technische Regelsetzung ist ein Projektvorschlag (Abbildung 2). Dieser kann von Jedermann eingebracht werden. Vor der Aufnahme neuer Standardisierungsaktivitäten findet eine Prüfung durch einen mit ehrenamtlich tätigen Fachleuten besetzten Fachbeirat statt. Dieser entscheidet, ob ein Projektvorschlag die Kriterien (ausreichende Datengrundlage, Bedarf, ausreichende Beteiligung der interessierten Kreise) für eine technische Regelsetzung erfüllt und beauftragt gegebenenfalls einen VDI-Richtlinienausschuss, sich des Projektes anzunehmen. Vertreter und Vertreterinnen aus Verwaltung, Wissenschaft und Wirtschaft mit entsprechender Expertise können Mitglied eines Richtlinienausschusses werden.

Durch den zuständigen Richtlinienausschuss werden Vorentwürfe der geplanten VDI-Richtlinie erarbeitet. Verlauf und Ergebnisse der Sitzungen werden durch die VDI-Geschäftsstelle protokolliert. Nach dem Durchlaufen eines internen Verabschiedungsprozesses wird die VDI-Richtlinie vom zuständigen Ausschuss durch den Beuth-Verlag in Berlin als Entwurf (Gründruck) veröffentlicht. Die VDI-Richtlinien dieses Vorhabens erscheinen bereits im Entwurf zweisprachig, in Deutsch und Englisch. Alle Entwürfe passieren ein vier- bis sechsmonatiges, öffentliches Einspruchsverfahren.

Dem Einsprecher werden der Eingang seines Einspruchs und nachfolgend das Ergebnis der Verhandlung des Einspruchs schriftlich mitgeteilt. Sämtliche Einsprüche werden durch den zuständigen Richtlinienausschuss behandelt. Dieser Ablauf stellt eine breite Beteiligung der Öffentlichkeit und ein hohes Maß an Transparenz des Verfahrens sicher. Nach entsprechender Überarbeitung des Entwurfes wird die endgültige VDI-Richtlinie (Weißdruck), ebenfalls durch den Beuth-Verlag, veröffentlicht.



**Abbildung 2: Verabschiedungsverfahren technischer Regeln**

Mit Bekanntmachung der Aufnahme der Arbeiten, der Veröffentlichung der Entwürfe der technischen Regeln mit öffentlichem Einspruchsverfahren und der hierüber erfolgenden Beteiligung externer Fachkreise sowie der Publikation der verabschiedeten Regeln ist ein hohes Maß an Transparenz im Verfahren sichergestellt. Die Ergebnisse dieser Arbeiten werden ferner über die eingebundenen ehrenamtlichen Fachkreise öffentlich dargestellt.

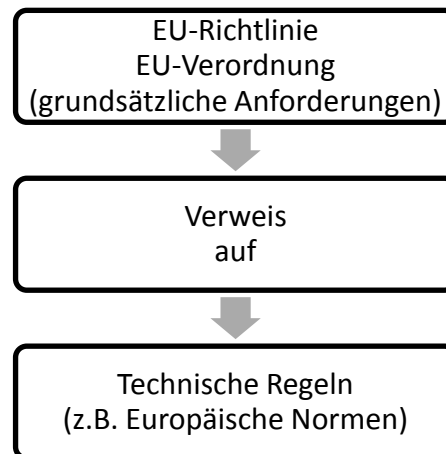
Die Rückkopplung der mit der Richtlinienerstellung befassten Fachleute mit anderen, z. T. auch forschend tätigen Gruppen gewährleistet, dass aktuelle Entwicklungen in die Richtlinienerstellung einfließen. Durch das Einspruchsverfahren nach Veröffentlichung des Entwurfs findet eine gezielte zusätzliche Überprüfung statt. Sämtliche Einsprüche werden verhandelt. Ferner ist eine Prüfung der abgeschlossenen Regeln auf Aktualität durch die zuständigen Gremien verbindlich vorgeschrieben. Hierbei besteht die Möglichkeit einer Auditierung (Standard ist weiterhin aktuell) oder es ist eine Überarbeitung bzw. eine Zurückziehung erforderlich.

Das Verfahren der technischen Regelsetzung – insbesondere die direkte Beteiligung der Öffentlichkeit – gewährleistet ein hohes Maß an Transparenz, so dass die Arbeitsergebnisse als allgemein anerkannter „Stand der Technik“ angesehen werden und als Entscheidungshilfen bei der Konkretisierung und dem Vollzug von Rechtsvorschriften herangezogen werden können.

## 6.2 Europäische und internationale Normung

Das dargestellte Verabschiedungsverfahren (Abbildung 2) gilt grundsätzlich auch für DIN-Normen, europäische Normen (CEN) und internationale Normen (ISO). Um Doppelarbeit zu vermeiden wird vor Aufnahme der Standardisierungsarbeit geprüft, ob bereits ähnliche Projekte auf einer anderen Ebene bearbeitet werden. Hierbei werden internationale Normungsaktivitäten gegenüber europäischen Projekten vorrangig behandelt und diese gegenüber der nationalen Standardisierung. Bei Auftreten von parallelen Aktivitäten in der Regelsetzung werden die Arbeiten nach der genannten Reihenfolge eingestellt.

Ein enger Bezug von technischer und rechtlicher Regel, wie er in Deutschland schon lange Tradition hat, findet sich auch in der europäischen Gesetzgebung (Abbildung 3). Das bereits 1985 vom europäischen Rat vor dem Hintergrund des gemeinsamen Marktes beschlossene "Neuen Ansatz" („New Approach“) sieht eine Arbeitsteilung zwischen dem europäischen Gesetzgeber und der Standardisierung vor [2].



**Abbildung 3: Beziehung zwischen europäischer Gesetzgebung und Normung**

In den auf dem „Neuen Ansatz“ basierenden EU-Richtlinien beschränkt sich der Gesetzgeber auf die grundlegenden Anforderungen an die Sicherheit von Produkten. Diese können durch harmonisierte Europäische Normen konkretisiert werden. Den für die Standardisierung/Normung zuständigen Gremien wird unter Berücksichtigung des Standes der Technik die Aufgabe übertragen, technische Regeln auszuarbeiten. Diese technischen Regeln sind nicht obligatorisch, sondern sind freiwillig einzusetzende Standards und Normen. Die Anwender solcher Normen können, sofern die Normen im Amtsblatt der EU gelistet sind, davon ausgehen, dass ein Produkt bei Normenkonformität auch die einschlägigen rechtlichen Anforderungen erfüllt [3].

Weltweit akzeptierte, einheitliche Normen und Standards helfen Handelshemmnisse abzubauen und vermeiden zusätzliche Kosten. Zu diesem Zweck sind entsprechend der Deutschen Normungsstrategie [4] die bestehenden nationalen Normenwerke mit internationalen Normungsergebnissen weitestgehend zu harmonisieren. Dazu bedarf es neben einer aktiven Beteiligung an der internationalen Normung unterstützender bilateraler und multilateraler Diskussionen auf allen Ebenen (Politik, Normung, Wirtschaft).

Für Deutschland gilt es Normungs- und Standardisierungsergebnisse verstärkt in die internationale Normung einzubringen bzw., wo immer möglich, Normung und Standardisierung von Anfang an international auszurichten [4].

### **6.3 Technische Regelsetzung in der Bionik**

Das Thema Bionik wird im VDI seit vielen Jahren begleitet. Ergebnisse dieser Arbeit sind z.B. eine Studie des VDI-Technologiezentrums [5] oder eine Vielzahl von Fachvorträgen zur Bionik auf diversen Veranstaltungen des VDI. Auch die Erarbeitung von VDI-Richtlinien zur Bionik, die bereits vor 10 Jahren begonnen wurde, gehört dazu. So wurden die VDI/VDE 3550 Blatt 1 [6], Blatt 2 [7] und Blatt 3 [8] zu den Themen künstliche neuronale Netze, Fuzzy Logic und Evolutionäre Algorithmen erarbeitet, auch wenn damals noch keine Benennung als „bionisch“ erfolgte.

Sowohl von Seiten der Industrie als auch von Seiten der Forschung wurde dennoch eine deutliche Kommunikationslücke beim Transfer bionischer Erkenntnisse festgestellt. Der VDI kann diese Lücke durch Wissenstransfer schließen. Mögliche Mittel sind die Erstellung von technischen Regeln und eine geeignete Öffentlichkeitsarbeit. Technische Regeln (VDI-Richtlinien) bieten die Möglichkeit, eine gemeinsame Sprache zwischen den beteiligten interessierten Kreisen zu finden. Diese gemeinsame Sprache kann dazu beitragen, dass der Wissenstransfer von der Forschung in die Industrie besser gelingt.

Am 7. März 2007 wurde mit Vertretern aus Industrie und Forschung ein Fachausschuss gegründet. Dieser Fachausschuss übernahm, später als Fachbeirat Bionik, koordinierende Funktionen in dem hier dargestellten Förderprojekt und begleitet die Arbeit der einzelnen Richtlinienausschüsse. In diesem Gremium werden u.a. Tagungen und Kongresse diskutiert und organisiert, die Arbeiten über eine geeignete Pressearbeit bekannt gemacht und ein Wettbewerb für hervorragende technisch-wissenschaftliche Leistungen auf dem Gebiet der Bionik ausgelobt (internationaler Bionic-Award).

Die Richtlinien zur Bionik stellen allgemeine Verfahren dar und beschreiben insbesondere die Unterschiede zu herkömmlichen Produkten dieser Bereiche oder zu herkömmlichen Prozessen. Damit wird die Besonderheit der bionischen Verfahren herausgestellt.

Deutschland ist damit das einzige Land, das sich bisher im Bereich der Standardisierung explizit mit dem Thema Bionik auseinandergesetzt hat.

## 7 Durchführung des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens

### 7.1 VDI-Richtlinien und Richtlinienausschüsse

Für die Entwicklung eines technischen Regelwerkes zur Bionik mussten die relevanten Fachleute aus Forschung und Industrie identifiziert und zur Mitarbeit motiviert werden. Es wurden für dieses Projekt etwa 100 ehrenamtliche Fachleute gewonnen. Ferner wurden die Arbeiten durch einen mit ehrenamtlichen Entscheidungsträgern besetzten Fachbeirat Bionik koordiniert, um Doppelarbeiten zu vermeiden und eine Projektabstimmung vorzunehmen. Das ZUK wurde an dieser Schnittstelle durch Mitwirkung von Dr. Rainer Erb eingebunden. Im Folgenden sind die VDI-Richtlinien dargestellt (Tabelle 1), die in eigenen Richtlinienausschüssen behandelt wurden. Nach eingehender Diskussion im Fachbeirat wurden Modifikationen gegenüber der ursprünglichen Planung der Arbeitspakete vorgenommen.

**Tabelle 1: Themen der bearbeiteten VDI-Richtlinien**

Nummer	Titel
VDI 6220	Bionik – Konzeption und Strategie – Abgrenzung zwischen bionischen und konventionellen Verfahren/Produkten
VDI 6221	Bionik – Funktionale bionische Oberflächen
VDI 6222	Bionik – Bionische Roboter
VDI 6223	Bionik – Bionische Materialien, Strukturen und Bauteile
VDI 6224 Blatt 1	Bionische Optimierung – Evolutionäre Algorithmen in der Anwendung
VDI 6224 Blatt 2	Bionische Optimierung – Anwendung biologischer Wachstumsgesetze zur strukturmechanischen Optimierung technischer Bauteile
VDI 6225	Bionik – Bionische Informationsverarbeitung
VDI 6226	Arbeitstitel: Bionik – Architektur, Ingenieurbau, Industriedesign

Die Richtlinienausschüsse hielten zwei bis fünf Ausschusssitzungen pro Jahr ab. Die Entwicklung einer VDI-Richtlinie dauert in der Regel etwa drei Jahre bis zu ihrer Veröffentlichung.

Die Koordinierung der Arbeiten wird durch den Fachbeirat Bionik übernommen unter dem Vorsitzend von Frau Prof. Dr. Antonia Kesel. Der Fachbeirat ist das übergeordnete Gremium, das über die Aufnahme der Richtlinientätigkeit entscheidet. Der Fachbeirat Bionik trifft sich zweimal jährlich. Er setzt sich aus den Vorsitzenden der Richtlinienausschüsse und anderen wesentlichen Akteuren der Bionik (BIOKON, Unternehmensvertreter etc.) zusammen. Auf den Fachbeiratssitzungen wird regelmäßig über den Stand der laufenden Arbeiten, mögliche



Schwierigkeiten und neue Richtlinienvorschläge berichtet. Es werden Lösungsvorschläge diskutiert und darüber entschieden, ob die Erarbeitung neuer Richtlinien aufgrund des vorliegenden Kenntnisstandes genehmigt werden kann.

Aufgrund der laufenden Aktivitäten des BMBF (Biona I und II), wurde ein Projektbeirat Bionik etabliert. Er besteht aus Vertretern der DBU, BMU und BMBF, sowie DLR und PTJ. Der Projektbeirat stellt den Informationsfluss aus laufenden Forschungsvorhaben sicher, unterstützt fachliche Entscheidungen im Fachbeirat und wird umgekehrt über das laufende Projekt zur Richtlinienerstellung ständig informiert.

Das Förderprojekt war ursprünglich für den Zeitraum 12.06.2007- 11.6.2010 geplant. In dem veranschlagten Zeitfenster von drei Jahren ist es grundsätzlich möglich, die beschriebenen Richtlinienprojekte abzuschließen (Tabelle 1). Mit Zuwendungsbewilligung wurden zeitnah Ausschüsse gebildet. Der bereits im VDI konstituierte Fachausschuss „Bionik“ konnte in erweiterter Zusammensetzung eine koordinierende Funktion als Fachbeirat Bionik für die beschriebenen Standardisierungsprojekte übernehmen. In einem ersten Ansatz wurden die oben genannten Vorhaben geprüft und konkretisiert. Der Fachbeirat Bionik genehmigt die Bildung der Richtlinienausschüsse und kann für die Besetzung geeignete Personen vorschlagen. Mit der Konstituierung des Fachbeirats Bionik unter Leitung von Prof. A. Kesel, Hochschule Bremen und Markus Fischer (Stellvertretung), Festo Denkendorf, konnte die fachliche Koordination des Projektes sichergestellt werden.

Aufgrund von Kapazitätsengpässen, insbesondere im wirtschaftlich schwierigen Jahr 2009, mit Auswirkungen auf 2010, und der ausführlichen Diskussion einer zum Teil schwierigen Konsensfindung in den Gremien, konnte der anvisierte Zeitplan nicht eingehalten werden. Daher wurde die Projektlaufzeit dreimal verlängert, so dass es mit Ende Mai 2011, möglich wurde alle geplanten VDI-Richtlinien inhaltlich abzustimmen und zum Druck einzureichen (außer VDI 6226 „Architektur“, die erst später als Richtlinienprojekt hinzukam).

Die einzelnen Richtlinien-Projekte gliedern sich in die Phasen:

- Themenfindung, Bildung und Konstituierung der Richtlinienausschüsse
- Erarbeitung der Vorentwürfe in ehrenamtlichen Gremien, Verabschiedung der Entwürfe
- Übersetzung und Übersetzungsprüfung
- Drucklegung (Gründruck)
- öffentliches Einspruchsverfahren, Verhandlung der Einsprüche und schriftliche Stellungnahme zu den Einsprüchen
- Verabschiedung und Drucklegung der VDI-Richtlinien (Weißdruck)

Die Arbeit der Ausschüsse wurde durchgehend durch den Fachbeirat begleitet. Ausschusssitzungen erfolgen nach Bedarf, es haben zwei bis fünf Sitzungen pro Jahr stattgefunden. Über elektronische Hilfen (VDI-GO für die online-Gremienarbeit; TRS zur Teilnehmerkommunikation u.a.) war ein optimaler Arbeitsablauf sichergestellt. Als Sitzungsort der Gremien wurden nach Möglichkeit Räumlichkeiten, die der Zusammensetzung des Gremiums entgegenkamen, genutzt.

Die Drucklegung schließt das Projekt vorerst ab. Eine Überarbeitung bzw. die Überprüfung der verabschiedeten Richtlinie wird vom VDI weiter verfolgt.

Die Rahmenrichtlinie zur Bionik (VDI 6220) wurde vom Fachbeirat erarbeitet. Dies stellte, durch die Mitgliedschaft der Vorsitzenden der speziellen Richtlinienausschüsse im Fachbeirat

sicher, dass alle wesentlichen Aspekte berücksichtigt wurden. Zudem können so Ressourcen im Sinne von Zeit und Reisetätigkeit der Ehrenamtlichen effizient genutzt werden. Zur konkreten Bearbeitung wurde ein „Redaktionskreis“, der sich ausschließlich mit der Bearbeitung der Richtlinie VDI 6220 beschäftigte.

Zusätzlich zur Koordination der Richtlinienarbeit und der Erarbeitung der VDI 6220 (Rahmenrichtlinie Bionik) hat sich der Fachbeirat Bionik intensiv mit der Erstellung einer Technologie-Roadmap zur Bionik (Bionik-Roadmap) beschäftigt (siehe Abschnitt 7.3) und hat maßgeblich an der Koordination und Organisation des internationalen Bionic-Award mitgewirkt (siehe Abschnitt 7.4).

Die personelle Besetzung der Fachausschüsse konnte wie geplant, bereits im ersten halben Jahr weitgehend abgeschlossen werden und die Arbeiten an den geplanten VDI-Richtlinien wurden zügig aufgenommen.

Die Diskussion im Fachausschuss „Bionische Optimierung“ hatte bereits nach kurzer Zeit ergeben, dass für die VDI 6224 zwei Richtlinienblätter erstellt werden müsse, da die beiden zur Diskussion stehenden Ansätze zu heterogen waren. Die beiden Themen „Bionische Optimierung – Evolutionäre Algorithmen in der Anwendung“ und „Bionische Optimierung – Anwendung biologischer Wachstumsgesetze zur strukturmechanischen Optimierung technischer Bauteile“ werden nun in den Richtlinien VDI 6224 Blatt 1 und VDI 6224 Blatt 2 behandelt. Der Richtlinienausschuss konnte beide Blätter parallel und gemeinsam behandeln.

Für eine effektive Arbeit und einen reibungslosen Informationsaustausch in den Richtlinienausschüssen wurde im VDI die Internetplattform "VDI-Gremien Online" (VDI-GO) geschaffen. Diese Plattform wird von allen Ausschüssen intensiv genutzt. Sie bietet die Möglichkeit der internetbasierten Daten- und Dateiverwaltung, so dass ein Zugriff auf diese Plattform durch Ausschussmitglieder von jedem internetfähigen Computer aus erfolgen kann. Auf diese Weise können beispielsweise hinterlegte Dokumente hoch- oder heruntergeladen und Richtlinien online bearbeitet werden. Die Ausschussmitglieder werden wöchentlich automatisch über neu eingestellte Dokumente informiert. Mit Hilfe der hinterlegten Anschriften- und E-Mail-Liste können Nachrichten über ein integriertes E-Mail-System versendet werden, ohne dass die Ausschussmitglieder einen eigenen Adressverteiler führen müssen. Der geschlossene und nur für Ausschussmitglieder zugängliche Internetbereich wird von der Geschäftsstelle der VDI-TLS koordiniert und verwaltet. Diese Instrumente unterstützen den fachlichen Austausch in den eigentlichen Sitzungen und tragen erheblich zu einer Beschleunigung der Arbeiten bei.

## 7.2 Information der Öffentlichkeit

Ziel des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens war ebenfalls, Informationen über die erarbeiteten VDI-Richtlinien und deren Inhalte den beteiligten Akteuren und der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen.

### **VDI-Richtlinien**

Eine wesentliche Bedeutung bei der Informationsverbreitung der im Forschungs- und Entwicklungsvorhaben erarbeiteten Inhalte hat die Veröffentlichung der VDI-Richtlinien über den Beuth-Verlag, Berlin. Über den Verlag sind sämtliche Richtlinien des VDI in verschiedenen Bezugsformen (gedruckt oder als pdf) erhältlich. Das Erscheinen der Richtlinien wird durch Pressemitteilungen, über verschiedene elektronische Newsletter und Meldungen auf den Internetseiten des VDI angekündigt.

Da die VDI-Richtlinien bereits als Entwurf zweisprachig in Deutsch und Englisch erscheinen, werden sowohl für den Gründruck als auch den Weißdruck zweisprachige Preetexte erstellt. Diese Pressemitteilungen werden an einen umfangreichen Presseverteiler, der sich aus der

Tagespresse, Wochenzeitschriften, Fachzeitschriften, freien Redakteuren und relevanten Nachrichtenseiten im Internet zusammensetzt, versendet.

Zum Thema Bionik wird ein eigenes Handbuch entwickelt. VDI-Richtlinienhandbücher werden nach dem Prinzip einer Loseblatt-Sammlung geführt. Neu erschienene VDI-Richtlinien werden den Handbuchabonnenten regelmäßig zugeschickt.

Die Richtlinien VDI 6220, VDI 6224 Blatt 2 und VDI 6225 wurden durch den VDI zusätzlich als „Richtlinie des Monats“ beworben. Richtlinie des Monats ist jeweils die „interessanteste“ oder „innovativste“ Richtlinie, die im entsprechenden Monat erscheint.

### ***Werbebroschüre Richtlinien***

Die VDI-Richtlinien (6220 bis 6225) wurden auch über eine Informationsbroschüre beworben (siehe Anhang 8). Diese Broschüre enthält Informationen über die Inhalte, den Anwendungsbereich und die Bezugsmöglichkeiten der VDI-Richtlinien. Die Broschüre wurde über den Beuth-Verlag in einem „Mitversand“ von Richtlinien, Loseblattsammlungen und anderen Veröffentlichungen zielgruppenspezifisch verteilt. Zudem hat die VDI-TLS mit der Broschüre ihre Mitglieder und am Thema interessierte VDI-Mitglieder angeschrieben.

Darüber hinaus wurde ein Bestellformular für die VDI-Richtlinien zur Bionik erstellt. Dieses wird regelmäßig auf Veranstaltungen, Messen und Tagungen verteilt und regelmäßig aktualisiert (siehe Anhang 9).

### ***Präsentationsmaterial***

Für die Präsentation auf Messen und Veranstaltungen wurde ein Poster in deutscher und englischer Sprache entwickelt, das die Aufgaben des VDI und die Inhalte des Forschungsprojekts, sowie weiterer Aktivitäten des VDI zur Bionik darstellt (siehe Anhang 10). Weiteres Präsentationsmaterial wurde im Rahmen eines anderen Förderprojektes mit der DBU (Az. 27380) entwickelt.

### ***E-Mail Newsletter***

Über die VDI-TLS wurde bis Mai 2011 ein monatlich erscheinender, elektronischer Newsletter aufgelegt – die VDI-LifeScienceNews. Dieser Newsletter konnte kostenfrei abonniert werden. Neben weiteren aktuellen Informationen aus den Bereichen der Agrartechnik, Biotechnologie, Gentechnik und Medizintechnik werden insbesondere Themen rund um die Bionik dargestellt. Die VDI-LifeScienceNews waren für jedermann zugänglich, der Newsletter hatte im Mai 2011 ca. 2500 Abonnenten. Newsletter sind eine sehr gute, zusätzliche Plattform zur Information der Öffentlichkeit. Seit Mai 2011 wird dieser von einem neuen Newsletter des VDI, den VDI-FachNews abgelöst. Dieser neue Newsletter geht automatisch an alle VDI-Mitglieder, entsprechend ihrer Zuordnung zu den Fachbereichen des VDI. Alle zum Fachbereich Bionik zugeordneten VDI-Mitglieder (derzeit sind ca. 2800 Mitglieder diesem Fachbereich zugeordnet) können die eingestellten News zur Bionik erhalten, wenn sie die VDI-FachNews abonnieren.

### ***Internetauftritt***

Auf den Internetseiten [www.vdi.de/tls](http://www.vdi.de/tls), [www.vdi.de/bionik](http://www.vdi.de/bionik) und [www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien) kann der aktuelle Stand der Richtlinienarbeiten sowie Bezugsquellen, der bereits publizierten VDI-Richtlinien, eingesehen werden. Der Aufbau der Richtlinienausschüsse, die Organisationsstruktur des Fachbeirats Bionik und der Geschäftsstelle sind transparent dargestellt. Zudem gibt es Hinweise zu fachlichen Informationen und Veranstaltungen.

Außerdem konnten die VDI-Richtlinien zur Bionik zusätzlich auf den Hauptseiten des VDI dargestellt werden und einige erreichten den Status „Richtlinie des Monats“ und wurden dadurch nochmals gesondert in verschiedenen Medien verbreitet.

## **Printmedien**

In der GIT-Laborfachzeitschrift und der Zeitschrift BIOforum des GIT Verlags wurden regelmäßig Kurzbeiträge über Themen zur Bionik und die erstellten oder in Arbeit befindlichen Richtlinien publiziert.

### **7.3 Bionik-Roadmap**

Eine Technologie-Roadmap zur Bionik mit Perspektiven für 2020 wurde als zielführendes Instrument des Fachbeirats Bionik erachtet, um die Zukunftsperspektiven der Forschung zur Bionik und die Umsetzung bionischer Ideen in die Anwendung zu beleuchten und politische Maßnahmen zu formulieren.

Zur Bewertung der Situation wurde ein Fragebogen erarbeitet und von verschiedenen Fachleuten beantwortet. Daraus wurde ein umfangreiches Werk erstellt, das die derzeitige Forschungssituation, die Umsetzungsmöglichkeiten, Bildungs- und Nachhaltigkeitsaspekte beleuchtet. Da die Roadmap auch auf politischer Ebene von verschiedenen Ministerien mitgetragen werden soll, wurde daraus eine auf wenige Seiten kondensierte Kurzfassung erstellt, die derzeit in der Abstimmungsphase mit verschiedenen Ministerien ist. Es soll von folgenden Institutionen eine Zustimmung und Unterstützung der Roadmap erreicht werden: DBU, BMU, BMBF, BMWi, BIONIKON, VDI.

### **7.4 Internationaler Bionic-Award**

Um eine breite Öffentlichkeit über die Bionik zu informieren und den Nachwuchs auf diesem Gebiet zu fördern, wurde der internationale Bionic-Award initiiert. Der internationale Bionic-Award hat sich als hervorragendes Instrument erwiesen, um den Nachwuchs im Bereich Bionik zu erreichen. Der internationale Bionic-Award 2008 und 2010 wurde im Rahmen des Wirtschaftsforums – ausgerichtet von ZUK, DBU, BIONIKON – verliehen und erfuhr jedes Mal ein großes Medienecho.

Die Ausschreibung zum internationalen Bionic-Award 2012 ist bereits veröffentlicht. Bereits die Bekanntmachung der Ausschreibung hat bereits ein großes Medienecho hervorgebracht.

Im ersten Jahr wurde die Jury vom Fachbeirat Bionik gestellt. Inzwischen ist die Jury deutlich internationaler aufgestellt und wird damit dem Anspruch eines internationalen Preises gerecht.

Der Stifter des Preises, die Schauenburg-Stiftung im Stifterverband für die deutsche Wissenschaft, hat die Fortsetzung der Zusammenarbeit langfristig zugesichert.

#### ***Der Preisträger 2008***

Dr. Michael Hermann (ISI, Freiburg)

Anerkennungsurkunden erhielten:

Dr. Tobias Seidl (ESA, Leiden; jetzt Professor an der FH Gelsenkirchen)

Dr. Tom Masselter (Universität Freiburg)

#### ***Die Preisträger 2010***

Team Felix Förster und Markus Hollermann (Hochschule Bremen)

## 8 Ergebnisse

### 8.1 VDI-Richtlinien – Stand der Arbeiten

Alle während der Projektantragsphase geplanten Arbeitspakete konnten bis zur ersten Drucklegung (Gründruck) abgeschlossen werden. Diese VDI-Richtlinien sind auch bereits ins Englische übersetzt und bei zwei VDI-Richtlinien ist die Einspruchsfrist bereits abgelaufen. Diese beiden befinden sich bereits in der Abstimmungsphase zum Weißdruck. Lediglich VDI 6226 befindet sich noch in der Phase der Erarbeitung des Vorentwurfs, da diese Richtlinie erst zu einem späteren Zeitpunkt begonnen wurde.

Folgende VDI-Richtlinien wurden erarbeitet und haben während der Projektlaufzeit den angegebenen Bearbeitungsstand erreicht (Tabelle 2).

**Tabelle 2: VDI-Richtlinien zur Bionik und ihr Bearbeitungsstand**

Nummer	Titel	Bearbeitungsstand
VDI 6220	Bionik – Konzeption und Strategie - Abgrenzung zwischen bionischen und konventionellen Verfahren/Produkten	Entwurf 2011-07 Einsprüche bis: 2011-09-30
VDI 6221	Bionik – Funktionale bionische Oberflächen	Entwurf 2011-06 Einsprüche bis: 2011-10-31
VDI 6222	Bionik – Bionische Roboter	Entwurf 2011-11 Einsprüche bis 2011-02-29
VDI 6223	Bionik – Bionische Materialien, Strukturen und Bauteile	Entwurf 2011-08 Einsprüche bis: 2011-11-30
VDI 6224 Blatt 1	Bionische Optimierung – Evolutionäre Algorithmen in der Anwendung	Entwurf 2011-06 Einsprüche bis: 2011-09-30
VDI 6224 Blatt 2	Bionische Optimierung – Anwendung biologischer Wachstumsgesetze zur strukturmechanischen Optimierung technischer Bauteile	Entwurf 2010-11 Einsprüche bis: 2011-04-30 Weißdruck in Abstimmung
VDI 6225	Bionik – Bionische Informationsverarbeitung	Entwurf 2010-11 Einsprüche bis: 2011-04-30 Weißdruck in Abstimmung
VDI 6226	Arbeitstitel: Bionik – Architektur, Ingenieurbau, Industriedesign	in Vorbereitung (Wurde erst später in das Arbeitsprogramm aufgenommen)

Von den bereits publizierten VDI-Richtlinien und den Vorentwürfen sind die Inhaltsverzeichnisse im Anhang zu finden (Anhänge 1 bis 7).

Nachfolgend wird zu jeder VDI-Richtlinie eine kurze Inhaltsangabe mit dem wesentlichen Inhalten und Anwendungsbereichen und dargestellt.

#### **VDI 6220**

#### ***Bionik – Konzeption und Strategie – Abgrenzung zwischen bionischen und konventionellen Verfahren/Produkten***

(Entwurf 06/2011)

Bionik bezeichnet Forschungs- und Entwicklungsansätze, die ein technisches Anwendungsinteresse verfolgen. Auf der Suche nach Problemlösungen, Erfindungen und Innovationen wird Wissen aus der Analyse lebender Systeme herangezogen und dieses Wissen wird auf technische Systeme übertragen. Der Gedanke der Übertragung von der Biologie zur Technik ist dabei das zentrale Element der Bionik. In der Richtlinie VDI 6220 wird die Bionik klassifiziert, definiert und zahlreiche Begriffsbestimmungen und eine Beschreibung des

Prozesses des bionischen Arbeitens von der Ideenfindung bis zum bionischen Produkt durchgeführt. Grenzen und Potenziale, die die Bionik als Innovationssystem oder als Nachhaltigkeitsstrategie betreffen, werden dargestellt. Zusätzlich gibt die Richtlinie einen Überblick über die verschiedenen Anwendungsbereiche und grenzt das bionische Arbeiten von klassischen Formen der Forschung und Entwicklung ab. Wenn ein technisches System einen Entwicklungsprozess gemäß dieser Richtlinie durchlaufen hat, darf es als "bionisch" bezeichnet werden. Die Richtlinie stellt eine Anleitung und Unterstützung für Entwickler/innen, Konstrukteure/innen und Anwender/innen dar, die sich mit dem bionischen Entwicklungsprozess befassen und die Bionik in ihre Arbeit integrieren möchten. Sie kann überall dort Anwendung finden, wo die belebte Natur ein dem technischen Zielsystem ausreichend ähnliches Vorbild für eine technische Entsprechung hervorgebracht hat. Weiterhin bietet sie einen Rahmen für die sprachliche Gestaltung und Ausformulierung bionischer Texte in Lehre und Forschung.

### **VDI 6221**

#### ***Bionik – Funktionale bionische Oberflächen***

(Entwurf 07/2011)

Diese Richtlinie dient Produkt- bzw. Technologieentwicklern/innen, die ihre Möglichkeiten durch Anwendung von biologischen Prinzipien auf die Entwicklung von Oberflächen erweitern möchten. Im technischen Bereich sind Grenzschichtfunktionalisierungen essentieller Bestandteil einer sehr breiten Produkt- und Anwendungspalette. Aus dem Bereich der Bionik sind hier der Ribleteffekt (Reibungsminimierung nach dem Vorbild der Haihaut) und der Lotus-Effekt® (Selbstreinigung nach dem Vorbild der Lotuspflanze) am bekanntesten. Dabei offerieren strömungsbeeinflussende Effekte für Transport- und Fortbewegungssysteme energetisches Sparpotenzial.

### **VDI 6222**

#### ***Bionik – Bionische Roboter***

(Entwurf 11/2011)

Ziel dieser Richtlinie ist es, Naturwissenschaftlern/innen und Ingenieuren/innen bei der Entwicklung von Robotern eine Anleitung für eine bionische Herangehensweise als einen zusätzlichen Lösungsansatz an die Hand zu geben. Diese Richtlinie stellt insbesondere die Stärken sowie einige Einschränkungen der bionischen Robotik dar. Die Bionik kann helfen, eine Vielzahl von Komponenten eines Roboters zu optimieren. Als zugrunde liegende Hypothese gilt, auch wenn nur die schwächsten Glieder der Kette aus Sensorik, Software, Elektronik und Aktorik mit Hilfe der Bionik besser funktionieren, wird das Gesamtsystem an Qualität gewinnen.

### **VDI 6223**

#### ***Bionik – Bionische Materialien, Strukturen und Bauteile***

(Entwurf 08/2011)

Erfolgreiches bionisches Arbeiten ist charakterisiert durch ein kreatives Übertragen von Wissen und Anregungen aus der Biologie in die Technik. Bionik ist hochgradig interdisziplinär, was sich in der Zusammenarbeit von Fachleuten aus unterschiedlichen Forschungsrichtungen, beispielsweise Biologie, Chemie, Physik und Ingenieurwissenschaften, zeigt. Die steigende Komplexität technischer Lösungen und Produkte erfordert neue Herangehensweisen. Insbesondere bei der Entwicklung und Optimierung von Materialien,

Strukturen und Bauteilen stoßen klassische Forschungs- und Entwicklungsmethoden und Innovationsansätze häufig an ihre Grenzen. Die Identifikation geeigneter biologischer Prinzipien und ihre Übertragung auf technische Anwendungen können daher einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung von funktionalen, adaptiven, ressourceneffizienten, öko- und humantoxikologisch unbedenklichen Materialien, Strukturen und Bauteilen leisten. Es werden wichtige Begriffe der Bionik mit Fokus auf Material-, Struktur- und Bauteilentwicklungen definiert. Die Erfolgsprinzipien biologischer Vorbilder und insbesondere die Leistungsfähigkeit biologischer Materialien und Strukturen sowie die Methodik werden anhand der Schritte Analyse des biologischen Vorbilds, Analogie und Abstraktion dargestellt. Der Übertragungsprozess von der Biologie in die Technik wird beispielhaft an bionischen Fertigungstechniken, Materialien und Bauteilen beschrieben. Weiterhin werden Hinweise zur industriellen Relevanz bionischer Materialien, Strukturen und Bauteile gegeben. Die Inhalte der Richtlinie richten sich an Material- und Bauteilentwickler/innen in sämtlichen Branchen. Die Richtlinie weist auch viele Querverbindungen zu anderen Teilbereichen der Bionik auf, da Materialien, Strukturen und Bauteile als Basisinnovationen häufig Grundlage für vielfältige weitere Neuerungen sind.

### ***VDI 6224 Blatt 1***

#### ***Bionische Optimierung - Evolutionäre Algorithmen in der Anwendung***

(Entwurf 06/2011)

Bionische Optimierungsverfahren wurden schon in vielen industriellen Bereichen erfolgreich eingesetzt, haben aber noch immer großes Anwendungspotenzial. Evolutionsstrategien sind robuste Optimierungsalgorithmen, die sich nach dem Vorbild der biologischen Evolution zur Verbesserung von Prozessen und Produkten bei unterschiedlichsten Fragestellungen eignen und mit Erfolg in jeder Firma angewandt werden können. Evolutionäre Algorithmen verwenden die Prinzipien der Variation (Mutation und Rekombination) und Selektion, iterativ ausgeführt in einer Evolutionsschleife, zum Evolvieren neuer Lösungen mit dem Ziel der Systemverbesserung und Optimierung. Hierbei liefert die Variation das genetische Material (Diversität) und die Selektion gibt der Evolution die (gewünschte) Richtung. Die algorithmische Umsetzung des Darwinschen Evolutionsparadigmas kann auf verschiedene Art und Weise erfolgen und unterscheidet sich unter anderem auch in dem Grad, wie die biologische Maschinerie nachgebildet wird. Mithilfe dieser Richtlinie können Optimierungsprobleme gelöst werden, für die keine Standardlösungen oder Algorithmen bekannt sind, für die Standardlösungen oder Algorithmen nicht den gewünschten Erfolg bringen oder deren Lösung mit herkömmlichen Verfahren absehbar zu aufwändig erscheinen.

### ***VDI 6224 Blatt 2***

#### ***Bionische Optimierung - Anwendung biologischer Wachstumsgesetze zur strukturmechanischen Optimierung technischer Bauteile***

(Entwurf 11-2010)

Die Richtlinie erläutert die Funktionen und Möglichkeiten der verschiedenen bionischen Optimierungsmethoden und verdeutlicht diese mit exemplarischen Beispielen. Durch den Prozess der Evolution haben sich biologische Kraftträger wie Bäume, Knochen, Krallen und Dornen optimal an ihre Belastung angepasst, was sich in ihren Gestaltungsprinzipien erkennen lässt. Aus diesem biologischen Prinzip wurden mit Hilfe der Finite-Elemente Methode (FEM) computerbasierte bionische Optimierungsmethoden für technische Bauteile abgeleitet: Computer Aided Optimization (CAO), Soft Kill Option (SKO) und Computer Aided Internal Optimization (CAIO). Ziel der Methoden ist ein optimaler Materialeinsatz zur

Gewichtsreduktion bzw. Steigerung der Belastbarkeit und Lebensdauer der Bauteile. Eine noch einfachere und schnellere Methode, mit denen jeder Konstrukteur Bauteile optimieren kann, ist die "Methode der Zugdreiecke". Die breite Einsatzmöglichkeit - bei für die Anwender/innen relativer Einfachheit und Nachvollziehbarkeit - der bionischen Optimierungsmethoden eröffnet die Möglichkeit, die Bauteiloptimierung bereits früh im Konstruktionsprozess zu verankern. Die Richtlinie richtet sich hauptsächlich an Konstrukteure/innen, Entwickler/innen, Ingenieure/innen und Techniker/innen, generell aber an alle mit der Konstruktion und Beurteilung lasttragender Strukturen Betrauter.

### **VDI 6225**

#### ***Bionik - Bionische Informationsverarbeitung***

(Entwurf 11-2010)

Ziel dieser Richtlinie ist es, interessierten Naturwissenschaftlern/innen und Ingenieuren/innen die bionische Informationsverarbeitung als einen alternativen Lösungsansatz für Aufgaben der Informationsverarbeitung in technischen Systemen vorzustellen. Vorbild der bionischen Informationsverarbeitung ist die biologische Informationsverarbeitung. Dieses Regelwerk wird sich auf die anwendungsrelevanten Aspekte der bionischen Informationsverarbeitung konzentrieren. Bionische Informationsverarbeitung ist die technische Umsetzung der Informationsverarbeitung relevanter biologischer Mechanismen und Strukturprinzipien von Organismen und ihren Nervensystemen. Es gilt also das Zusammenspiel und die Funktionsweise von biologischen Sensoren, Nerven und Skelett-Muskel-System (Aktuatorik) zu analysieren, zu verstehen, zu abstrahieren und sie so der Technik zugänglich zu machen. Hierbei können sowohl Algorithmen entstehen, die für Software nutzbar sind, als auch strukturelle Erkenntnisse gewonnen werden, die einer Hardwareimplementierung zugänglich sind.

### **VDI 6226**

#### ***Bionik - Architektur, Ingenieurbau, Industriedesign***

(in Vorbereitung)

In dieser Richtlinie werden Methoden zum Einsatz von Bionik dargestellt, die für die Entwicklung und Gestaltung von Architektur, Ingenieurbauten und Produkten eingesetzt werden können. Hierbei wird insbesondere auf bionische Entwicklungs- und Entwurfsstrategien für die konstruktiven Disziplinen des Bauingenieurwesens und der Architektur sowie praktisch arbeitende Industriedesigner/in eingegangen. Es werden verschiedene Arbeitsweisen aufgezeigt, die beschreiben, wie bionische Arbeitsprozesse sowohl für die Lösung konkreter Fragestellungen als auch für die Prozesse des Entwerfens eingesetzt werden können. Die Richtlinie beinhaltet zahlreiche Begriffsdefinitionen und betrachtet Ziele und Chancen der Bionik in Architektur, Ingenieurbau und Industriedesign. Bionische Lösungen in diesen Bereichen sind stets als ein Zusammenspiel von Funktion und Gestaltung zu sehen.



## 8.2 Verkaufszahlen

Die Verkaufszahlen der bereits publizierten VDI-Richtlinien sind in Tabelle 3 und Tabelle 4 dargestellt. Der größte Absatz der erstellten VDI-Richtlinien wird direkt im Monat ihrer Publikation erzielt, also direkt bei Herausgabe, anschließend werden nur noch einzelne Exemplare verkauft. Das größte Interesse haben die VDI 6220 „Rahmenrichtlinie“ und die VDI 6224 Blatt 2 „Bionische Optimierung – Wachstumsgesetze“ hervorgerufen (Tabelle 4).

**Tabelle 3: Verkäufe VDI-Richtlinien, monatsweise**

Monat	Dok Nr	Ausgabedatum	Dokumenten-Art	Menge
<b>2010</b>				
<b>Oktober</b>	VDI 6224 Blatt 2	2010-11	TR-E	14
	VDI 6225	2010-11	TR-E	14
<b>November</b>	VDI 6224 Blatt 2	2010-11	TR-E	1
<b>Dezember</b>	VDI 6224 Blatt 2	2010-11	TR-E	2
	VDI 6225	2010-11	TR-E	1
<b>2011</b>				
<b>Januar</b>	VDI 6224 Blatt 2	2010-11	TR-E	1
<b>Februar</b>	VDI 6224 Blatt 2	2010-11	TR-E	1
<b>März</b>	VDI 6224 Blatt 2	2010-11	TR-E	2
<b>April</b>	VDI 6224 Blatt 2	2010-11	TR-E	1
	VDI 6225	2010-11	TR-E	1
<b>Mai</b>	VDI 6220	2011-06	TR-E	16
	VDI 6224 Blatt 1	2011-06	TR-E	15
	VDI 6224 Blatt 2	2010-11	TR-E	1
	VDI 6225	2010-11	TR-E	1
<b>Juni</b>	VDI 6220	2011-06	TR-E	5
	VDI 6221	2011-07	TR-E	14
<b>Juli</b>	VDI 6223	2011-08	TR-E	12

**Tabelle 4: Verkäufe VDI-Richtlinien bis Juli 2011 kumuliert**

Dok Nr	Ausgabedatum	Dokumenten-Art	Menge
VDI 6220	2011-06	TR-E	21
VDI 6221	2011-07	TR-E	14
VDI 6222	2011-11	TR-E	0
VDI 6223	2011-08	TR-E	12
VDI 6224 Blatt 1	2011-06	TR-E	15
VDI 6224 Blatt 2	2010-11	TR-E	23
VDI 6225	2010-11	TR-E	17

## 9 Diskussion

### 9.1 Technische Regelsetzung in der Bionik

Bisher fehlte ein allgemein gültiges oder anerkanntes Regelwerk zur Bionik. Es kommt daher öfter zu einer Bezeichnung diverser Produkte als „bionisch“ oder „Bionik-“, obwohl kein bionischer Prozess zu ihrer Herstellung angewendet wurde. Da der Begriff Bionik beim Konsumenten positiv belegt ist, haben damit bezeichnete Produkte eine große Werbewirksamkeit. Durch das nun vorliegende allgemein anerkannte Regelwerk wurden auch Definitionen festgelegt, wann ein Produkt oder ein Verfahren tatsächlich als bionisch bezeichnet werden kann und damit wird einer „Verwischung“ dieses Begriffes entgegengewirkt.

Mithilfe von VDI-Richtlinien, die sich einer technischen Sprache bedienen, ist es nun möglich, vermehrt Ingenieure/innen für neue, bionische Herangehensweisen zu gewinnen. Die entwickelten VDI-Richtlinien dienen damit der Kommunikation zwischen Forschung und Umsetzung in der Industrie. Darüber hinaus beschreiben sie standardisierte Verfahrensweisen. Damit kann die Wahrnehmung bionischer Ideen innerhalb der Industrie deutlich verbessert werden.

Die nun vorliegenden VDI-Richtlinien eignen sich besonders, um KMUs an die Nutzung von bionischen Ideen heranzuführen. Diese können hier profitieren, da Ihnen für gewöhnlich die finanzielle Stärke und das Personal fehlen, um eigenes Know-how auf Gebieten außerhalb ihres Kerngeschäftes aufzubauen.

Bionische Entwicklungen sind zwar nicht zwangsläufig umweltentlastend. Häufig bergen sie jedoch ein großes Potenzial, das zur Umweltentlastung genutzt werden kann. Die nun vorliegenden VDI-Richtlinien beschreiben Themen und Verfahren, die ein deutliches Potenzial für eine Umweltentlastung bieten können. Dazu zählen insbesondere die Arbeiten zu bionischen Oberflächensystemen oder die Bauteiloptimierung. Durch Antifouling bei Schiffsrümpfen, das mit Oberflächenrauigkeit erreicht wird, anstatt toxische Substanzen (Tributylzinn-Verbindungen) zu nutzen, kann die Belastung von Meeresbewohnern deutlich reduziert werden. Bei Oberflächen, denen der Lotus-Effekt® zu Grunde liegt, müssen weniger Reinigungssubstanzen eingesetzt werden. Optimierungsstrategien können die Lebenszeit von Bauteilen erheblich erhöhen und sparen damit Ressourcen oder führen zu Gewichtsreduzierungen, die ebenfalls zur Einsparung von Ressourcen führen.

### 9.2 Durchführung der Arbeiten

Für die Erstellung von VDI-Richtlinien, die den Kern des Projektes ausmachen, müssen die Vorgaben der VDI 1000 eingehalten werden. Außerdem hängt die Erarbeitung von VDI-Richtlinien vom persönlichen Einsatz der ehrenamtlich tätigen Gremienmitglieder ab.

Leider war es nicht in allen anvisierten Richtlinienprojekten möglich, im geplanten Zeitrahmen, die ehrenamtlichen Fachleute zu gewinnen, wodurch es zu Verzögerungen kam. Auch hatte das wirtschaftlich schwierige Jahr 2009 (mit Auswirkungen auf 2010) einen erheblichen Einfluss auf die Möglichkeiten der Fachleute, von ihren jeweiligen Firmen freigestellt zu werden und den notwendigen Reisen zu den Sitzungen nachzukommen.

Mit Ablauf der verlängerten Projektlaufzeit war es aber möglich, die zu Beginn geplanten VDI-Richtlinien inhaltlich im Konsens abzustimmen und zum Gründruck zu verabschieden und in den Druck zu geben. Alle zu Beginn geplanten Richtlinien konnten noch in 2011 als Entwurf (Gründruck) publiziert werden. Lediglich die später ins Arbeitsprogramm aufgenommene Richtlinie Architektur, Ingenieurbau und Industriedesign befindet sich noch in Vorbereitung.

Da das Thema Bionik vom VDI als ein zentrales interdisziplinäres Thema mit großem Zukunftspotenzial wahrgenommen wird, ist das Eigeninteresse des VDI sehr groß, die begonnenen VDI-Richtlinien bis zur Fertigstellung (Weißdruck) zu begleiten und wird dieser Aufgabe auch in Zukunft nachkommen.

### **9.3 Verkauf der VDI-Richtlinien**

Die Verkaufszahlen der erstellten VDI-Richtlinien sind, insbesondere im Vergleich zu VDI-Richtlinien etablierter Themen wie Gebäudetechnik oder Automatisierungstechnik, noch sehr gering. So verkaufte sich die meistverkaufte VDI-Richtlinie der VDI-Gesellschaft für Bauen und Gebäudetechnik bisher ca. 2700-mal, bei der VDI-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik wurde die am häufigsten verkaufte Richtlinie ca. 7000-mal verkauft. Dies gilt für VDI-Richtlinien, die in der Industrie häufig gebraucht werden, wie Kostenberechnungen für gebäudetechnische Anlagen oder Prüfmittelüberwachung und die außerdem bereits seit langer Zeit am Markt etabliert sind. Bei einem vergleichbaren Förderprojekt, in dem es ebenfalls um die Erstellung eines ersten technischen Regelwerks ging, konnten vergleichbare Verkaufszahlen festgestellt werden, die bei ca. 15 bis 25 im Einzelverkauf lagen. Gemessen am relativ hohen Preis (zwischen 60,- und 100,- €, siehe Richtlinien-Flyer im Anhang 9), wird vermutet, dass die Mehrzahl der Interessierten sich erst mit Erscheinen des Weißdrucks zum Kauf entscheiden wird.

Aus den bisherigen Verkäufen lässt sich ableiten, dass die VDI 6220 „Rahmenrichtlinie“ sowie die beiden Blätter der VDI 6224 das größte Interesse hervorgerufen haben. Dabei spielen sicher die sehr konkreten Angaben und die direkten Umsetzungsmöglichkeiten, die in der VDI 6224 Blatt 1 und Blatt 2 dargelegt werden, die entscheidende Rolle, was das Interesse auf dem Markt betrifft.

Hinzu kommt, dass die beiden letztgenannten Richtlinien nun auch in jeweils einem Seminar der VDI Wissensforums GmbH mit angeboten werden.

### **9.4 VDI-Wissensforum**

Der Erfolg von VDI-Richtlinien lässt sich nicht allein an der Anzahl verkaufter Richtlinien festmachen. Ein weiterer wichtiger Indikator für den Erfolg der erarbeiteten VDI-Richtlinien und dem damit verbundenen Wissenstransfer ist, wie die Ergebnisse auch in Veranstaltungen der VDI-Wissensforum GmbH eingebunden werden.

Dies ist bei zwei Themen zur bionischen Optimierung sehr gut gelungen. Für beide Themen wurden inzwischen mit den Referenten, die auch Mitglieder der entsprechenden Richtlinienausschüsse sind, Seminarreihen konzipiert, die zunächst bis 2012 geplant sind. Die Seminare werden im hochpreisigen Veranstaltungssegment angeboten und zielen auf die Gruppe der Entwicklungsingenieure ab. Sie werden explizit mit jeweils wenigen Teilnehmern/innen (max. 15) angeboten und gewährleisten damit, dass die Teilnehmer/innen einen großen Lernerfolg haben können. Es werden konkrete Problemstellungen aus dem Firmenumfeld der Teilnehmer/innen erörtert und der konkrete Umgang mit der VDI-Richtlinie geübt. Die angebotenen Seminare sind bereits für 2012 festgelegt und der bisherige Anmeldestatus lässt darauf schließen, dass die Resonanz zu diesen Themen noch weiter zunimmt. Nach derzeitigem Stand sollen diese Seminare weitergeführt werden. Grund für den Erfolg sind sicher die konkreten Anwendungsmöglichkeiten, die sich dem Anwender/der Anwenderin durch diese VDI-Richtlinien darbieten und die in den Seminaren explizit geübt werden.

Außerdem wurde beim Wissensforum ein Workshop zum Thema Bionik entwickelt, der ebenfalls in Zukunft wiederholt stattfinden soll: VDI Workshop „Bionik als Methode zur Ideengenerierung“.

Nachfolgend sind die wichtigsten Daten zu den beiden Seminarreihen wiedergegeben:

### ***Bionische Optimierung***

#### **Evolutionäre Optimierung in der praktischen Anwendung**

Stuttgart, Mercure Hotel Stuttgart City Center, 22.11. - 23.11.11

Das Seminar richtet sich vorrangig an Ingenieure, die Optimierungsprobleme zu lösen haben:

- für die keine Standardlösungen oder Algorithmen bekannt sind,
- für die Standardlösungen oder Algorithmen nicht den gewünschten Erfolg bringen,
- deren Realisierungen absehbar zu aufwändig erscheinen

Um in diesen Fällen evolutionäre Algorithmen erfolgreich anwenden zu können, sollten gewisse Designprinzipien beachtet werden, die in diesem Seminar detailliert ausgeführt werden, u.a.:

- Systemmodellierung
- Aufbau eines evolutionären Algorithmus
- Entwurf der Variationsoperatoren
- Wahl des Selektionsoperators
- Restriktionen und Abbruchkriterien

#### **Veranstaltungsleiter**

Dr.-Ing. Michael Herdy, Berlin

#### **Weitere Termine**

20.03. - 21.03.12, Düsseldorf, 17.07. - 18.07.12, Nürnberg

#### **Zielgruppe**

Ingenieure und Konstrukteure aus den Tätigkeitsbereichen Entwicklung, Konstruktion und Berechnung, die sich mit Optimierungsproblemen auseinandersetzen

### ***Leichtbau von Bauteilen mit bionischen Methoden***

#### **Strukturmechanische Optimierung mittels Wachstumsgesetzen aus der Natur**

Stuttgart, Mercure Hotel Stuttgart City Center, 24.11.11

Sie lernen in diesem Seminar:

- zur Topologieoptimierung Ihrer Bauteile die Soft-Kill-Option einzusetzen
- mit der Computer Aided Optimization-Methode Bauteile kerbfrei und dauerhaft gestalten
- einfache Modellverfahren, wie die Zugdreiecksmethode, zur Optimierung einzusetzen
- Materialeinsatz effektiv zu nutzen und Materialkosten signifikant zu senken
- wie Sie der Staat bei Materialeinsparungen mit Fördermitteln unterstützt

#### **Veranstaltungsleiter**

Wolfgang Sachs, Engen

#### **Weitere Termine**

22.03. - 22.03.12, Düsseldorf, 19.07. - 19.07.12, Nürnberg

#### **Zielgruppe**

Konstrukteure aller Branchen, Entwicklungsingenieure, Berechnungsingenieure, Konstruktions- und Entwicklungsleiter, Innovationsbeauftragte

## **9.5 Internationale Normung**

Im Hinblick auf die Deutsche Normungsstrategie [4] und die darin gewünschte frühzeitige internationale Ausrichtung von Normungsthemen, wurden die erarbeiteten VDI-Richtlinien

bereits im nun vorliegenden Entwurf (Gründruck) in deutscher und englischer Sprache publiziert. Das bereits genehmigte und vom BMWi geförderte Projekt ISOBIONIK (siehe auch [www.vdi.de/isobionik](http://www.vdi.de/isobionik)), kann nun die gewonnenen Erfahrungen direkt aufgreifen und nutzen, um den Normungsprozess auf internationaler Ebene aktiv mitzugestalten.

## 9.6 Nachhaltigkeit und Umweltschutz

Bionische Innovationen und Produkte haben ein großes Potenzial umweltverträglich und nachhaltig zu sein, wenn bei ihrer Herstellung und Anwendung umweltrelevante Aspekte berücksichtigt werden. Bionische Produkte und Verfahren sind zwar nicht per se umweltverträglicher als konventionelle Produkte und Verfahren, aber die Bionik kann durch die Verbindung von Biologie und Technik einen großen Ideenpool bieten, um die gesteckten Nachhaltigkeitsziele zu erreichen und damit auch einen Beitrag zum Schutz der Biodiversität zu leisten.

Den Anwendern und Anwenderinnen wurde durch die VDI-Richtlinien ein Ideenkatalog an die Hand gegeben, mit dem umweltverträglichere Produkte hergestellt werden können. Dies betrifft z.B. die Möglichkeit durch bionische Oberflächenstrukturierung auf giftige Antifouling-Anstriche zu verzichten oder durch bionische Optimierung die Langlebigkeit von Produkten und Bauteilen zu erhöhen oder Material einzusparen. Damit wird eine große Chance geboten, Energie- und Ressourceneffizienz auf der Grundlage evolutionärer Optimierung umzusetzen.

## 10 Fazit und Ausblick

Das Thema Bionik wurde bereits seit einigen Jahren im VDI immer wieder adressiert, sei es als Fachvorträge oder durch Publikationen der VDI Technologiezentrum GmbH. Auch die Erarbeitung von VDI-Richtlinien wurde bereits vor über 10 Jahren begonnen, so dass die ersten VDI-Richtlinien (VDI/VDE 3550 Blatt 1 bis Blatt 3) sich bereits mit bionischen Themen beschäftigten, auch wenn damals diese Benennung nicht erfolgte. Die behandelten Themen umfassen künstliche neuronale Netze, Fuzzy Logic und Evolutionäre Algorithmen, bleiben aber bei einer reinen definitorischen Darstellung.

Über diese Bearbeitung sollte das hier dargestellte Projekt weit hinausgehen und über die Erstellung von VDI-Richtlinien einen konkreten Wissenstransfer gewährleisten. Neue wissenschaftliche Erkenntnisse bereits frühzeitig in technische Regeln zu überführen, hat sich bewährt, um die weitere Entwicklung der Themen voranzutreiben. Zudem sollte eine begleitende Öffentlichkeitsarbeit dieses Ziel unterstützen.

Das Ziel des Projektes, die Erarbeitung technischer Regeln zum Thema Bionik, wurde erreicht. Zwar konnte aus Kapazitätsgründen der Ehrenamtlichen nicht wie geplant der Weißdruck aller geplanten Richtlinien erreicht werden, aber die inhaltliche Abstimmung und Publikation im Gründruck konnte für alle erreicht werden.

Mit der Publikation bionischer Themen als VDI-Richtlinien, und damit in einer technischen Sprache, wurde den Anwendern/innen ein Zugang zu den Potenzialen der Bionik erschlossen, den sie über rein wissenschaftliche Publikationen nicht gehabt hätten. Darüber hinaus wurde eine einheitliche Terminologie entwickelt, die es den Anwendern/innen unterschiedlicher Fachdisziplinen ermöglicht besser und präziser miteinander zu kommunizieren. Zudem können die beschriebenen Verfahren nun einheitlich eingesetzt werden, was wiederum eine bessere Qualitätssicherung ermöglicht.

Die Standardisierung hat darüber hinaus zu einer konsensbasierten Verständigung auf nationaler Ebene zur Terminologie der Bionik und der Profilschärfung der Bionik geführt. Eine möglichst weitgehende Harmonisierung mit internationalen Normenwerken und eine aktive Beteiligung an der internationalen Normung, kann nun angestrebt werden. Ein entsprechendes

Projekt in dem ISO-Normen zur Bionik entwickelt werden sollen, wurde gestartet ([www.vdi.de/isobionik](http://www.vdi.de/isobionik)). Über Normung und Standardisierung können KMU ihr Innovationspotenzial im weltweiten Markt wirtschaftlich besser verwerten und werden unterstützt ihre Produkte auf dem globalen Markt zu platzieren.

Für eine auf Dauer erfolgreiche Etablierung der Bionik als Innovationsansatz in der Industrie werden neben exzellenter wissenschaftlicher Forschung vor allem auch Untersuchungen zur Beschreibung, Festlegung und Standardisierung bionischer Vorgehensweisen zunehmend wichtig. Der Austausch der Fachleute in den Gremien des VDI des Fachbereichs Bionik hat erheblich dazu beigetragen einen konsensbasierten Ansatz zu erarbeiten wie die strategische Ausrichtung in Deutschland zukünftig gestaltet werden könnte. Dies wurde in einer Bionik-Roadmap zusammengefasst und ist derzeit in der Abstimmung mit verschiedenen Ministerien.

Die Bionik-Roadmap geht auch auf das Potenzial der Nachhaltigkeit ein, das durch den Einsatz bionischer Lösungsstrategien erreicht werden kann. Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz werden die bestimmenden Themen einer intakten Wirtschaft der Zukunft sein. Das neue Zentrum für Ressourceneffizienz des VDI (VDI-ZRE) ist über die Erstellung der VDI-Richtlinien zur Bionik informiert und berücksichtigt diese auch bei der eigenen Arbeit.

Zukünftige Standardisierungsarbeiten zur Beschreibung von bionischen Verfahren oder Lösungsstrategien werden sich verstärkt mit den Themen der Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz auseinandersetzen müssen.

Als ein weiterer wichtiger Punkt hat sich ergeben, dass nun der erste Bedarf an Beschreibungen bionischer Themen zur Profilschärfung und der terminologischen Arbeiten weitgehend gedeckt ist. Weitere Themen, auch spezielle Themen können hier ebenfalls noch bearbeitet werden, wie derzeit Architektur oder zukünftig molekulare Bionik. Wesentlich dringender scheint der Bedarf an konkreten Handlungsanweisungen zu sein, wie bionisches Handeln oder eine bionische Lösungsstrategie nun tatsächlich in einem Betrieb umgesetzt werden kann.

Erste VDI-Richtlinien, die diesem Anspruch gerecht werden, sind die VDI 6224 Blatt 1 und Blatt 2. Der Erfolg kann an den Verkaufszahlen und der dazu aufgesetzten Seminarreihe der VDI Wissensforum GmbH abgeleitet werden.

In diesem Sinne sollten weitere Arbeiten und finanzierte Projekte umgesetzt werden, die eine konkrete Umsetzung bionischer Lösungsstrategien beinhalten und daraus resultierend bionische Produkte darstellen. Zum einen als konkrete Handlungsempfehlungen, zum anderen aber auch als konkrete Umsetzungen in Betrieben.

## 11 Literatur

- [1] Oertel, Dagmar; Grunwald, Armin (2006): Potenziale und Anwendungsperspektiven der Bionik, Vorstudie, Büro für Technikfolgen-Abschätzung des Deutschen Bundestag, Arbeitsbericht 108.
- [2] Council Resolution (85/C 136/01) (1985): Council Resolution of 7 May 1985 on a new approach to technical harmonization and standards: Official Journal C 136 of 4 June.
- [3] Normungspolitisches Konzept der Bundesregierung (2009): [www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/M-O/normungspolitisches-konzept-der-bundesregierung,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf](http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/M-O/normungspolitisches-konzept-der-bundesregierung,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf)
- [4] Die Deutsche Normungsstrategie aktuell (2009): Die Deutsche Normungsstrategie aktuell – Die Zukunft im Fokus. Deutsches Institut für Normung e.V., [www.din.de/cmd?level=tpl-rubrik&menuid=47388&cmsareaid=47388&menurubricid=47467&cmsrubid=47467&languageid=de](http://www.din.de/cmd?level=tpl-rubrik&menuid=47388&cmsareaid=47388&menurubricid=47467&cmsrubid=47467&languageid=de)
- [5] Neumann, Dieter (1993): Bionik, Technologieanalyse. Herausgeber: VDI-Technologiezentrum Physikalische Technologien, Abteilung Zukünftige Technologien. Im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie.
- [6] VDI/VDE 3550 Blatt 2 (2002-10): Computational Intelligence - Fuzzy-Logic und Fuzzy-Control - Begriffe und Definitionen. Berlin: Beuth-Verlag.
- [7] VDI/VDE 3550 Blatt 3 (2003-02): Computational Intelligence - Evolutionäre Algorithmen - Begriffe und Definitionen. Berlin: Beuth-Verlag.
- [8] VDI/VDE 3550 Blatt (2001-09): Computational Intelligence - Künstliche Neuronale Netze in der Automatisierungstechnik - Begriffe und Definitionen. Berlin: Beuth-Verlag.

## 12 Anhänge

### Anhang 1: Deckblatt VDI 6220

ICS 07.080		VDI-RICHTLINIEN		Juni 2011 June 2011	
<b>VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE</b>		<b>Bionik</b> Konzeption und Strategie Abgrenzung zwischen bionischen und konventionellen Verfahren/Produkten  <b>Biomimetics</b> Conception and strategy Differences between bionic and conventional methods/products		<b>VDI 6220</b>  <i>Entwurf / Draft</i>  Ausg. deutsch/englisch Issue German/English	
<p><i>Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich. The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.</i></p>		<p><i>Einsprüche bis 2011-09-30</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>vorzugsweise in Tabellenform als Datei per E-Mail an <a href="mailto:tls@vdi.de">tls@vdi.de</a> Die Vorlage dieser Tabelle kann abgerufen werden unter <a href="http://www.vdi-richtlinien.de/einsprueche">http://www.vdi-richtlinien.de/einsprueche</a></i></li> <li><i>in Papierform an VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences Fachbereich Bionik Postfach 10 11 39 40002 Düsseldorf</i></li> </ul>			
<p><b>Inhalt</b> <span style="float:right">Seite</span></p>		<p><b>Contents</b> <span style="float:right">Page</span></p>			
Vorbemerkung . . . . . 2		Preliminary note . . . . . 2			
Einleitung. . . . . 2		Introduction . . . . . 2			
<b>1 Anwendungsbereich . . . . . 6</b>		<b>1 Scope . . . . . 6</b>			
<b>2 Begriffe . . . . . 7</b>		<b>2 Terms and definitions . . . . . 7</b>			
<b>3 Was ist Bionik? . . . . . 9</b>		<b>3 What is biomimetics? . . . . . 9</b>			
3.1 Begriffsdefinition . . . . . 9		3.1 Definition of the term. . . . . 9			
3.2 Wesen der Bionik . . . . . 10		3.2 The essentials of biomimetics . . . . . 10			
3.3 Abgrenzung zu und Schnittmengen mit verwandten Wissenschaften. . . . . 11		3.3 Boundaries to and areas of overlap with related sciences . . . . . 11			
3.4 Bionische Produkte und Prozesse. . . . . 13		3.4 Bionic products and processes . . . . . 13			
<b>4 Grund und Anlass bionische Verfahren            zu nutzen . . . . . 20</b>		<b>4 Reasons and occasions for            using bionic methods . . . . . 20</b>			
4.1 Möglichkeiten, Leistungsfähigkeit und Erfolgsfaktoren der Bionik . . . . . 20		4.1 Possibilities, performance, and success factors for biomimetics . . . . . 20			
4.2 Bionik und Nachhaltigkeit . . . . . 21		4.2 Biomimetics and sustainability. . . . . 21			
4.3 Grenzen der Bionik . . . . . 23		4.3 Limits of biomimetics . . . . . 23			
<b>5 Prozess des bionischen Arbeitens . . . . . 24</b>		<b>5 Bionic engineering process . . . . . 24</b>			
5.1 Ideenfindung . . . . . 26		5.1 Development of new ideas . . . . . 26			
5.2 Analyse . . . . . 28		5.2 Analysis. . . . . 28			
5.3 Abstraktion und Analogie. . . . . 30		5.3 Abstraction and analogy . . . . . 30			
5.4 Von der Planung bis zur Invention . . . . . 31		5.4 From the planning phase to the invention . 31			
5.5 Der Kommunikationsprozess im bionischen Arbeiten. . . . . 32		5.5 The communication process in biomimetics. . . . . 32			
<b>6 Implementierung der Bionik in die            Innovationssysteme . . . . . 33</b>		<b>6 Implementation of biomimetics in the            innovation systems . . . . . 33</b>			
Schrifttum. . . . . 35		Bibliography . . . . . 35			
VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences (TLS) Fachbereich Bionik					
<b>VDI-Handbuch Bionik</b>					



## Anhang 2: Deckblatt VDI 6221

ICS 07.080

VDI-RICHTLINIEN

Juli 2011  
July 2011

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE	Bionik Funktionale bionische Oberflächen  Biomimetics Functional bionic surfaces	VDI 6221  Entwurf / Draft  Ausg. deutsch/englisch Issue German/English
<p><i>Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich. The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.</i></p> <p><i>Einsprüche bis 2011-10-31</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>vorzugsweise in Tabellenform als Datei per E-Mail an <a href="mailto:tls@vdi.de">tls@vdi.de</a>.</i> <i>Die Vorlage dieser Tabelle kann abgerufen werden unter <a href="http://www.vdi-richtlinien.de/einsprueche">http://www.vdi-richtlinien.de/einsprueche</a></i></li> <li>• <i>in Papierform an VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences Fachbereich Bionik Postfach 10 11 39 40002 Düsseldorf</i></li> </ul>		
<p><b>Inhalt</b> <span style="float: right;">Seite</span></p> <p>Vorbemerkung . . . . . 2</p> <p>Einleitung . . . . . 2</p> <p><b>1 Anwendungsbereich</b> . . . . . 3</p> <p><b>2 Normative Verweise</b> . . . . . 3</p> <p><b>3 Begriffe</b> . . . . . 4</p> <p><b>4 Beispiele für bionische Oberflächensysteme.</b> . . . . . 6</p> <p>4.1 Fluiddynamik . . . . . 10</p> <p>4.2 Adhäsion . . . . . 10</p> <p>4.3 Anti-Adhäsion . . . . . 10</p> <p>4.4 Festkörperreibung . . . . . 11</p> <p>4.5 Optische Effekte . . . . . 12</p> <p>4.6 Thermoregulation . . . . . 12</p> <p>4.7 Wasserregulation . . . . . 13</p> <p>4.8 Elektrische Effekte . . . . . 13</p> <p>4.9 Katalytische Effekte durch organische Moleküle . . . . . 14</p> <p>4.10 Nicht-katalytische Effekte durch organische Moleküle . . . . . 14</p> <p><b>5 Grundlage des Verfahrens</b> . . . . . 15</p> <p>5.1 Ideenfindung . . . . . 15</p> <p>5.2 Biology-Push-Prozess des bionischen Arbeitens (Bottom-up) . . . . . 15</p> <p>5.3 Technology-Pull-Prozess des bionischen Arbeitens (Top-down) . . . . . 16</p> <p>5.4 Analyse . . . . . 17</p> <p>5.5 Abstraktion und Analogie . . . . . 17</p> <p>5.6 Von der Planung bis zur Invention . . . . . 18</p> <p>5.7 Kommunikationsprozess im bionischen Arbeiten . . . . . 18</p> <p><b>6 Kriterien</b> . . . . . 18</p> <p>Schrifttum . . . . . 20</p>	<p><b>Contents</b> <span style="float: right;">Seite</span></p> <p>Preliminary note . . . . . 2</p> <p>Introduction . . . . . 2</p> <p><b>1 Scope</b> . . . . . 3</p> <p><b>2 Normative references.</b> . . . . . 3</p> <p><b>3 Terms and definition</b> . . . . . 4</p> <p><b>4 Examples of bionic surface systems</b> . . . . . 6</p> <p>4.1 Fluid dynamics . . . . . 10</p> <p>4.2 Adhesion . . . . . 10</p> <p>4.3 Anti-adhesion . . . . . 10</p> <p>4.4 Solid body friction . . . . . 11</p> <p>4.5 Optical effects . . . . . 12</p> <p>4.6 Temperature regulation . . . . . 12</p> <p>4.7 Water regulation . . . . . 13</p> <p>4.8 Electrical effects . . . . . 13</p> <p>4.9 Catalytic effects of organic molecules . . . . . 14</p> <p>4.10 Non-catalytic effects of organic molecules . . . . . 14</p> <p><b>5 Basis of the process</b> . . . . . 15</p> <p>5.1 Development of new ideas . . . . . 15</p> <p>5.2 Biology push process of bionic development (bottom-up) . . . . . 15</p> <p>5.3 Technology pull process of bionic development (top-down) . . . . . 16</p> <p>5.4 Analysis . . . . . 17</p> <p>5.5 Abstraction and analogy . . . . . 17</p> <p>5.6 From the planning to the invention . . . . . 18</p> <p>5.7 Communication process in biomimetics . . . . . 18</p> <p><b>6 Criteria</b> . . . . . 18</p> <p>Bibliography . . . . . 20</p>	
<p>VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences (TLS) Fachbereich Bionik</p>		
<p><b>VDI-Handbuch Bionik</b></p>		

Zu beziehen durch / Available at Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2011

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet / Reproduction – even for internal use – not permitted

## Anhang 3: Deckblatt VDI 6222

ICS 07.080, 25.140.30		VDI-RICHTLINIEN		November 2011	
<b>VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE</b>		<b>Bionik</b> Bionische Roboter  Biomimetics Bionic Robots		<b>VDI 6222</b>  Entwurf / Draft	
				Ausg. deutsch/englisch Issue German/English	
<i>Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.            The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.</i>		<i>Einsprüche bis 2012-02-29</i>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• vorzugsweise in Tabellenform als Datei per E-Mail an <a href="mailto:tls@vdi.de">tls@vdi.de</a>. Die Vorlage dieser Tabelle kann abgerufen werden unter <a href="http://www.vdi-richtlinien.de/einsprueche">http://www.vdi-richtlinien.de/einsprueche</a></li> <li>• in Papierform an            VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences (TLS)            Fachbereich Bionik            Postfach 10 11 39            40002 Düsseldorf</li> </ul>	
<b>Inhalt</b>		<b>Seite</b>		<b>Contents</b>	
<b>Vorbemerkung</b> . . . . .		2		<b>Preliminary note</b> . . . . .	
<b>1 Einleitung</b> . . . . .		2		<b>1 Introduction</b> . . . . .	
<b>2 Anwendungsbereich</b> . . . . .		3		<b>2 Scope</b> . . . . .	
<b>3 Definitionen</b> . . . . .		6		<b>3 Terms and definitions</b> . . . . .	
<b>4 Vorteile bionischer Roboter</b> . . . . .		7		<b>4 Advantages of bionic robots</b> . . . . .	
4.1 Merkmale, die sich aus der Mechanik bedingen . . . . .		8		4.1 Features originating in the mechanics . . . . .	
4.2 Merkmale, die sich aus der Regelung und Steuerung bedingen . . . . .		11		4.2 Features due to the control system . . . . .	
<b>5 Biologische Prinzipien für            bionische Roboter</b> . . . . .		12		<b>5 Biological principles for            bionic robots</b> . . . . .	
5.1 Energiespeicherung und -rückgewinnung . . . . .		12		5.1 Energy storage and recovery . . . . .	
5.2 Strukturen und Leichtbau . . . . .		13		5.2 Structures and lightweight design . . . . .	
5.3 Effizienz und Leistungsgewicht . . . . .		13		5.3 Efficiency and the power-to-weight ratio . . . . .	
5.4 Neurobionische Regelung . . . . .		14		5.4 Neurobionic feedback control . . . . .	
5.5 Neuronale Netze . . . . .		15		5.5 Neural networks . . . . .	
5.6 Sensorfusion . . . . .		15		5.6 Sensor fusion . . . . .	
5.7 Komplexe kinematische Ketten . . . . .		15		5.7 Complex kinematic chains . . . . .	
5.8 Schutz/Selbstschutz/ Fremdschutz . . . . .		16		5.8 Protection/self-protection/ protection of others . . . . .	
<b>6 Beispiele technischer Umsetzungen            biologischer Prinzipien</b> . . . . .		16		<b>6 Examples of technical implementations            of biological principles</b> . . . . .	
<b>7 Grenzen bionischer Robotik</b> . . . . .		26		<b>7 Limits of bionic robotics</b> . . . . .	
<b>8 Mögliche neue Anwendungsfelder</b> . . . . .		26		<b>8 Potential new fields of application</b> . . . . .	
Schrifttum . . . . .		28		Bibliography . . . . .	
VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences (TLS) Fachbereich Bionik					
<b>VDI-Handbuch Bionik</b>					

## Anhang 4: Deckblatt VDI 6223

ICS 07.080		VDI-RICHTLINIEN		August 2011	
<b>VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE</b>		<b>Bionik</b> Bionische Materialien, Strukturen und Bauteile  <b>Biomimetics</b> Biomimetic materials, structures and components		<b>VDI 6223</b>  <i>Entwurf / Draft</i>  Ausg. deutsch/englisch Issue German/English	
<p><i>Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich. The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.</i></p>		<p><i>Einsprüche bis 2011-11-30</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vorzugsweise in Tabellenform als Datei per E-Mail an <a href="mailto:tls@vdi.de">tls@vdi.de</a>.</li> <li>• Die Vorlage dieser Tabelle kann abgerufen werden unter <a href="http://www.vdi-richtlinien.de/einsprueche">http://www.vdi-richtlinien.de/einsprueche</a></li> <li>• in Papierform an VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences Fachbereich Bionik Postfach 10 11 39 40002 Düsseldorf</li> </ul>			
<p><b>Inhalt</b> <span style="float: right;">Seite</span></p> <p>Vorbemerkung . . . . . 2</p> <p><b>1 Anwendungsbereich</b> . . . . . 2</p> <p><b>2 Begriffe</b> . . . . . 3</p> <p><b>3 Grundlagen</b> . . . . . 7</p> <p>3.1 Bionik – eine Begriffsdefinition . . . . . 7</p> <p>3.2 Abgrenzung zur Technischen Biologie und Biotechnologie . . . . . 8</p> <p>3.3 Prozess des bionischen Arbeitens. . . . . 9</p> <p>3.4 Möglichkeiten und Grenzen der Bionik . . . . . 13</p> <p><b>4 Biologische Materialien</b> . . . . . 16</p> <p>4.1 Charakteristika . . . . . 16</p> <p>4.2 Leistungsfähigkeit. . . . . 20</p> <p><b>5 Methodik der bionischen Werkstoff- und Bauteilentwicklung</b> . . . . . 22</p> <p>5.1 Analyse . . . . . 22</p> <p>5.2 Analogiebetrachtung . . . . . 24</p> <p>5.3 Abstraktion . . . . . 26</p> <p>5.4 Materialauswahl. . . . . 28</p> <p>5.5 Beispiele für bionische Materialien, Strukturen und Bauteile. . . . . 30</p> <p>5.6 Bionische Fertigungstechniken für Materialien und Bauteile. . . . . 39</p> <p><b>6 Grund und Anlass für Unternehmen bionische Verfahren zu nutzen</b> . . . . . 43</p> <p><b>7 Ausblick</b> . . . . . 50</p> <p>Schrifttum . . . . . 51</p>		<p><b>Contents</b> <span style="float: right;">Page</span></p> <p>Preliminary note . . . . . 2</p> <p><b>1 Scope</b> . . . . . 2</p> <p><b>2 Terms and definitions</b> . . . . . 3</p> <p><b>3 Fundamentals</b> . . . . . 7</p> <p>3.1 Biomimetics – definition of the term . . . . . 7</p> <p>3.2 Differences between technical biology and biotechnology . . . . . 8</p> <p>3.3 Biomimetic engineering and process . . . . . 9</p> <p>3.4 Potential and limits of biomimetics . . . . . 13</p> <p><b>4 Biological materials</b> . . . . . 16</p> <p>4.1 Characteristics . . . . . 16</p> <p>4.2 Performance . . . . . 20</p> <p><b>5 Methodology of biomimetic material and component development</b> . . . . . 22</p> <p>5.1 Analysis . . . . . 22</p> <p>5.2 Examination of analogies . . . . . 24</p> <p>5.3 Abstraction . . . . . 26</p> <p>5.4 Material selection . . . . . 28</p> <p>5.5 Examples of biomimetic materials, structures and components . . . . . 30</p> <p>5.6 Biomimetic manufacturing techniques for materials und components . . . . . 39</p> <p><b>6 Reasons and occasions for using biomimetic methods in companies</b> . . . . . 43</p> <p><b>7 Outlook.</b> . . . . . 50</p> <p>Bibliography . . . . . 51</p>			
VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences (TLS) Fachbereich Bionik					
<b>VDI-Handbuch Bionik</b>					

## Anhang 5: Deckblatt VDI 6224 Blatt 1

ICS 07.080

VDI-RICHTLINIEN

Juni 2011  
June 2011

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE	Bionische Optimierung Evolutionäre Algorithmen in der Anwendung  Bionic optimization Application of evolutionary algorithms	VDI 6224 Blatt 1 / Part 1 Entwurf / Draft  Ausg. deutsch/englisch Issue German/English
<p><i>Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich. The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.</i></p> <p><i>Einsprüche bis 2011-09-30</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>vorzugsweise in Tabellenform als Datei per E-Mail an <a href="mailto:tls@vdi.de">tls@vdi.de</a> Die Vorlage dieser Tabelle kann abgerufen werden unter <a href="http://www.vdi-richtlinien.de/einsprueche">http://www.vdi-richtlinien.de/einsprueche</a></i></li> <li>• <i>in Papierform an VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences Fachbereich Bionik Postfach 10 11 39 40002 Düsseldorf</i></li> </ul>		
<p><b>Inhalt</b> <span style="float: right;">Seite</span></p> <p>Vorbemerkung . . . . . 2</p> <p>Einleitung . . . . . 2</p> <p><b>1 Anwendungsbereich</b> . . . . . 4</p> <p><b>2 Begriffe</b> . . . . . 4</p> <p><b>3 Formelzeichen</b> . . . . . 4</p> <p><b>4 Prinzipielle Vorgehensweise in der evolutionären Optimierung.</b> . . . . . 5</p> <p>4.1 Aufgabenstellung . . . . . 5</p> <p>4.2 Mathematische Modellierung . . . . . 5</p> <p>4.3 Verwendeter Evolutionärer Algorithmus . . . . . 6</p> <p>4.4 Beispiel einer einfachen <math>(\mu/\mu, \lambda)</math>-<math>\sigma</math>-CMSA-Evolutionsstrategie . . . . . 9</p> <p>4.5 Optimierungsverlauf und Ergebnisse . . . . . 12</p> <p><b>5 Beispiele zur Durchführung des Verfahrens</b> . . . . . 15</p> <p>5.1 Kontinuierliche Optimierung . . . . . 15</p> <p>5.2 Optimierung mit diskreten Parametern . . . . . 18</p> <p>5.3 Kombinatorische Optimierung . . . . . 23</p> <p>5.4 Subjektive Optimierung . . . . . 26</p> <p><b>6 Weitere Problemklassen</b> . . . . . 29</p> <p>6.1 Optimierung unter mehrfacher Zielsetzung . . . . . 29</p> <p>6.2 Optimierung unter Nebenbedingungen . . . . . 32</p> <p>6.3 Optimierung unter Unsicherheiten . . . . . 33</p> <p><b>7 Abschließende Bemerkungen</b> . . . . . 34</p> <p>7.1 Historische Algorithmen . . . . . 34</p> <p>7.2 Abgrenzung zu anderen Optimierungsstrategien . . . . . 34</p> <p>7.3 Andere bionische Verfahren . . . . . 35</p> <p><b>Anhang</b> . . . . . 37</p> <p>Schrifttum . . . . . 38</p>	<p><b>Contents</b> <span style="float: right;">Page</span></p> <p>Preliminary note . . . . . 2</p> <p>Introduction . . . . . 2</p> <p><b>1 Scope</b> . . . . . 4</p> <p><b>2 Terms and definitions</b> . . . . . 4</p> <p><b>3 Symbols</b> . . . . . 4</p> <p><b>4 Basic approach to evolutionary optimization</b> . . . . . 5</p> <p>4.1 Problem definition . . . . . 5</p> <p>4.2 Mathematical model . . . . . 5</p> <p>4.3 Evolutionary algorithms used . . . . . 6</p> <p>4.4 Example of a simple <math>(\mu/\mu, \lambda)</math>-<math>\sigma</math>-CMSA evolution strategy . . . . . 9</p> <p>4.5 Optimization process and results . . . . . 12</p> <p><b>5 Examples of application of the method.</b> . . . . . 15</p> <p>5.1 Continuous optimization . . . . . 15</p> <p>5.2 Optimization with discrete parameters . . . . . 18</p> <p>5.3 Combinatorial optimization . . . . . 23</p> <p>5.4 Subjective optimization . . . . . 26</p> <p><b>6 Additional classes of problems</b> . . . . . 29</p> <p>6.1 Optimization of multiple objectives . . . . . 29</p> <p>6.2 Optimization with constraints . . . . . 32</p> <p>6.3 Optimization with uncertainties . . . . . 33</p> <p><b>7 Closing remarks</b> . . . . . 34</p> <p>7.1 Historical algorithms . . . . . 34</p> <p>7.2 Differences from other optimization strategies . . . . . 34</p> <p>7.3 Other bionic methods . . . . . 35</p> <p><b>Annex</b> . . . . . 37</p> <p>Bibliography . . . . . 38</p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Zu beziehen durch / Available at Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2011</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet / Reproduction – even for internal use – not permitted</p>
<p>VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences (TLS) Fachbereich Bionik</p>		
<p><b>VDI-Handbuch Bionik</b></p>		

**Anhang 6: Deckblatt VDI 6224 Blatt 2**

ICS 07.080	VDI-RICHTLINIEN	November 2010
<b>VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE</b>	<b>Bionische Optimierung</b> Anwendung biologischer Wachstumsgesetze zur strukturemechanischen Optimierung technischer Bauteile  <b>Bionic optimization</b> Application of biological growth laws for the structure- mechanical optimization of technical components	<b>VDI 6224</b> Blatt 2 / Part 2 <i>Entwurf / Draft</i>  Ausg. deutsch/englisch Issue German/English
<p><i>Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.</i>  <i>The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.</i></p> <p><i>Einsprüche bis 2011-04-30</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>vorzugsweise in Tabellenform als Datei per E-Mail an <a href="mailto:tis@vdi.de">tis@vdi.de</a></i>  <i>Die Vorlage dieser Tabelle kann abgerufen werden unter <a href="http://www.vdi-richtlinien.de/einsprueche">http://www.vdi-richtlinien.de/einsprueche</a></i></li> <li>• <i>in Papierform an</i>  <i>VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences</i>  <i>Fachbereich Bionik</i>  <i>Postfach 10 11 39</i>  <i>40002 Düsseldorf</i></li> </ul>		
<p>Zu beziehen durch / Available at Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2010</p>	<p>Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet / Reproduction – even for internal use – not permitted</p>	
<p><b>Inhalt</b></p> <p>Vorbemerkung . . . . . 2</p> <p>Einleitung . . . . . 2</p> <p><b>1 Anwendungsbereich</b> . . . . . 4</p> <p><b>2 Begriffe</b> . . . . . 4</p> <p><b>3 Formelzeichen und Abkürzungen</b> . . . . . 5</p> <p><b>4 Prinzipien biologischer Wachstumsgesetze</b> . . . . . 6</p> <p><b>5 Durchführung der Verfahren</b> . . . . . 8</p> <p>    5.1 Computer Aided Optimization (CAO) . . . . . 8</p> <p>    5.2 Soft Kill Option (SKO) . . . . . 11</p> <p>    5.3 Computer Aided Internal Optimization (CAIO) . . . . . 16</p> <p>    5.4 Methode der Zugdreiecke . . . . . 18</p> <p>Schrifttum. . . . . 24</p>	<p><b>Contents</b></p> <p>Preliminary note . . . . . 2</p> <p>Introduction . . . . . 2</p> <p><b>1 Scope</b> . . . . . 4</p> <p><b>2 Terms and definitions</b> . . . . . 4</p> <p><b>3 Symbols</b> . . . . . 5</p> <p><b>4 Principles of biological growth laws</b> . . . . . 6</p> <p><b>5 Applying the methods</b> . . . . . 8</p> <p>    5.1 Computer aided optimization (CAO) . . . . . 8</p> <p>    5.2 Soft kill option (SKO) . . . . . 11</p> <p>    5.3 Computer aided internal optimization (CAIO). . . . . 16</p> <p>    5.4 Method of tensile triangles . . . . . 18</p> <p>Bibliography . . . . . 24</p>	
VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences (TLS) Fachbereich Bionik		
<b>VDI-Handbuch Bionik</b>		

## Anhang 7: Deckblatt VDI 6225

ICS 07.080, 35.240.01		VDI-RICHTLINIEN		November 2010	
<b>VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE</b>		<b>Bionik</b> Bionische Informationsverarbeitung  <b>Biomimetics</b> Bionic information processing		<b>VDI 6225</b>  <i>Entwurf / Draft</i>  Ausg. deutsch/englisch Issue German/English	
<p><i>Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich. The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.</i></p>		<p><i>Einsprüche bis 2011-04-30</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>vorzugsweise in Tabellenform als Datei per E-Mail an <a href="mailto:tls@vdi.de">tls@vdi.de</a></i> <i>Die Vorlage dieser Tabelle kann abgerufen werden unter <a href="http://www.vdi-richtlinien.de/einsprueche">http://www.vdi-richtlinien.de/einsprueche</a></i></li> <li>• <i>in Papierform an VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences (TLS) Fachbereich Bionik Postfach 10 11 39 40002 Düsseldorf</i></li> </ul>			
<p><b>Inhalt</b> <span style="float: right;">Seite</span></p> <p>Vorbemerkung . . . . . 2</p> <p>Einleitung . . . . . 2</p> <p><b>1 Anwendungsbereich</b> . . . . . 2</p> <p><b>2 Begriffe</b> . . . . . 3</p> <p><b>3 Was ist biologische Informationsverarbeitung?</b> 5</p> <p><b>4 Was ist bionische Informationsverarbeitung?</b> 7</p> <p><b>5 Vorteile und Leistungsgrenzen bionischer Informationsverarbeitung</b> . . . . . 7</p> <p><b>6 Beispiele biologischer Vorbilder und ihre Realisierung</b> . . . . . 8</p> <p>6.1 Korrelation und Koinzidenz . . . . . 9</p> <p>6.2 Mustererkennung . . . . . 11</p> <p>6.3 Sensomotorik . . . . . 19</p> <p>6.4 Lernfähigkeit und Gedächtnisleistung . . . 26</p> <p>Schrifttum . . . . . 27</p>		<p><b>Contents</b> <span style="float: right;">Seite</span></p> <p>Preliminary note . . . . . 2</p> <p>Introduction . . . . . 2</p> <p><b>1 Scope</b> . . . . . 2</p> <p><b>2 Terms and definitions</b> . . . . . 3</p> <p><b>3 What is biological information processing?</b> . 5</p> <p><b>4 Was ist bionic information processing?</b> . . . 7</p> <p><b>5 Advantages and performance limits of bionic information processing</b> . . . . . 7</p> <p><b>6 Examples of biological models and their realization</b> . . . . . 8</p> <p>6.1 Correlation and coincidence . . . . . 9</p> <p>6.2 Pattern recognition . . . . . 11</p> <p>6.3 Sensomotrics . . . . . 19</p> <p>6.4 The ability to learn and memory performance . . . . . 26</p> <p>Bibliography . . . . . 27</p>			
VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences (TLS) Fachbereich Bionik					
<b>VDI-Handbuch Bionik</b>					

Zu beziehen durch / Available at Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2010

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet / Reproduction – even for internal use – not permitted

## Anhang 8: Informationsbroschüre



### BIONIK

#### Die Natur als genialer Ingenieur

Bionik verbindet Technik und Biologie mit dem Ziel der Übertragung und Anwendung von Erkenntnissen der biologischen Forschung zur Lösung technischer Problemstellungen



### BIONIK im VDI-Kompetenzfeld Biotechnologie

In der Bionik geht es darum, Anregungen aus der Natur zu verstehen und technisch anzuwenden. Die Umsetzung bionischer Erkenntnisse in die technische Nutzung gestaltet sich oft eher schwierig, denn für ingenieurwissenschaftlich geprägte Entwickler und Konstrukteure sind die Möglichkeiten der Bionik oftmals nicht bekannt oder schwer zugänglich.

Das VDI-Kompetenzfeld Biotechnologie entwickelt in einem von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Projekt gemeinsam mit Fachleuten VDI-Richtlinien zur Bionik.

Diese VDI-Richtlinien sollen insbesondere Ingenieuren einen Zugang zur Bionik erschließen, indem sie den Wissenstransfer als Dienstleistung für die technischen Anwender übernehmen. Darüber hinaus wird gewährleistet, dass bionische Verfahren von verschiedenen Anwendern in gleicher Weise genutzt werden können. Dies ermöglicht es, hohe Qualitätsstandards zu erfüllen



#### Weitere Informationen:

VDI-Kompetenzfeld Biotechnologie  
Peter-Müller-Straße 1  
40468 Düsseldorf  
Tel. +49 (0) 211 62 14-2 66  
Fax +49 (0) 211 62 14-1 77

E-Mail: [biotechnologie@vdi.de](mailto:biotechnologie@vdi.de)  
Internet:  
[www.vdi.de/bionik](http://www.vdi.de/bionik)  
[www.vdi.de/biotechnologie](http://www.vdi.de/biotechnologie)  
[www.dbu.de](http://www.dbu.de)

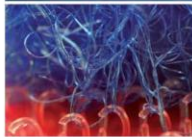
### VDI-Richtlinien in der Bionik



VDI 6220 Rahmenrichtlinie Bionik; Konzeption und Strategie  
Definitionen und Abgrenzung zwischen bionischen und konventionellen Verfahren/Produkten.



VDI 6221 Funktionale bionische Oberflächen  
Oberflächen mit besonderen Eigenschaften: Selbstreinigung, Verringerung des Reibungswiderstandes, Haften, Kleben etc.



VDI 6222 Bionische Maschinen und Roboter  
Schnittstelle Mensch-Maschine. Kennzeichen eines bionischen Roboters.



VDI 6223 Bionische Materialien,  
Strukturen, Bauteile und Konstruktionen  
Leichtbaukonstruktionen nach dem Vorbild von Pflanzenachsen und weitere Faserverbundstoffe.

VDI 6224 Blatt 1 Bionische Optimierung  
Evolutionäre Algorithmen in der Anwendung.

VDI 6224 Blatt 2 Bionische Optimierung  
Anwendung biologischer Wachstumsgesetze zur Optimierung technischer Strukturen.

VDI 6225 Bionische Informationsverarbeitung  
Verfahren zur Anwendung von bionischen Kommunikationssystemen, Sensorik.

Alle Richtlinien befinden sich in Vorbereitung.

Bildnachweise:  
Seite 1: „Marine Bionik“, Hochschule Bremen, B-I-C  
„Oberflächliche Lotusblättr“, Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)  
Seite 2:  
Seite 3: „Marine Bionik“, Hochschule Bremen, B-I-C  
„Aqual jelly“, Festo AG & Co. KG  
„Klettverschluss“, Knut Braun, Internationales Bionik Zentrum  
„Ariis's Arm“, Amal Waldeck für Festo AG & Co. KG  
Seite 4: „Verleihung Bionic Award“, Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)

### Internationaler Bionic Award

Der internationale „Bionic Award“ wird im Zweijahresrhythmus über den Verein Deutscher Ingenieure und die Deutsche Bundesstiftung Umwelt im Auftrag der Schauenburg-Stiftung im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft verliehen. Er ist mit 10.000 € dotiert und wurde erstmals im Jahr 2008 vergeben.



Mit dem internationalen Bionic Award wird eine herausragende Arbeit eines Teams junger Nachwuchsforscher oder auch eines Einzelnen ausgezeichnet, z. B. in Form einer bionischen Produktentwicklung und/oder einer Dissertation/Habilitation, die in den letzten zwei Jahren vor dem Einreichungstermin fertig gestellt wurde. Für die Vergabe im Jahr 2010 können die Unterlagen beim VDI-Kompetenzfeld Biotechnologie eingereicht werden.

Den internationalen Bionic Award 2008 erhielt Dr.-Ing. Michael Hermann. Dr. Hermann hat sich während seiner wissenschaftlichen Arbeit an den Strukturen von Pflanzenblättern und menschlichen Blutgefäßen orientiert, um z. B. Sonnenkollektoren und andere Wärmetauscher leistungsfähiger zu gestalten. Heute arbeitet er am Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (FSE) in Freiburg.



Hans-Georg Schauenburg, Dr.-Ing. Michael Hermann, Prof. Dr. Antonia Kessel

## Anhang 9: Richtlinienflyer zur Bestellung



VDI-Gesellschaft  
Technologies of Life Sciences

### VDI-Richtlinien Bionik

Ich bestelle gegen Rechnung, ggf. mit 10% VDI-Mitgliedspreismachlass\*: FAX: +49 (0) 211 6214-177

Anzahl	Name	Titel	Ausgabe	Preis in €
				
	Quelle: Festo			
	VDI 6220	Bionik – Konzeption und Strategie – Abgrenzung zwischen bionischen und konventionellen Verfahren/Produkten	2011-07	83,70
	VDI 6221	Bionik - Funktionale bionische Oberflächen	2011-06	68,10
	VDI 6222	Bionik - Bionische Roboter	2011-11	-
	VDI 6223	Bionik - Bionische Materialien, Strukturen und Bauteile	2011-08	100,20
	VDI 6224 Blatt 1	Bionische Optimierung - Evolutionäre Algorithmen in der Anwendung	2011-06	88,10
	VDI 6224 Blatt 2	Bionische Optimierung - Anwendung biologischer Wachstumsgesetze zur Optimierung technischer Strukturen	2010-11	68,10
	VDI 6225	Bionik - Bionische Informationsverarbeitung	2010-11	73,90
	VDI 6226	Bionik – Architektur, Ingenieurbau, Industriedesign	In Vorbereitung	-

Gesamtübersicht der veröffentlichten Richtlinien auch unter [www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)  
Stand: August 2011 (alle Preise inkl. MwSt., Änderungen vorbehalten)

#### Absender:

Name: \_\_\_\_\_  
 Tel./Fax: \_\_\_\_\_  
 Firma/Institut: \_\_\_\_\_  
 E-Mail: \_\_\_\_\_  
 Straße/Nr./Postfach: \_\_\_\_\_  
 VDI-Mitgliedsnr. \*: \_\_\_\_\_  
 Land/PLZ/Ort: \_\_\_\_\_  
 Datum/Unterschrift: \_\_\_\_\_

#### Weitere Informationen über Richtlinien des VDI-Fachbereichs Bionik erhalten Sie hier:

VDI – Verein Deutscher Ingenieure e. V. Fachbereich Bionik in der VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences (TLS) Postfach 10 11 39 40002 Duesseldorf	Dr. Heike Beismann Tel.: +49 (0) 211 6214-266 Fax +49 (0) 211 6214-177 E-Mail: <a href="mailto:bionik@vdi.de">bionik@vdi.de</a> Internet: <a href="http://www.vdi.de/bionik">www.vdi.de/bionik</a>
--	--

Wenn Sie nicht den Bestellcoupon nutzen, richten Sie Ihre Bestellung von VDI-Richtlinien bitte an:

Beuth Verlag GmbH Burggrafenstraße 6 10772 Berlin	Tel.: +49 (0) 30 2601-2260 Fax: +49 (0) 30 2601-1260 E-Mail: <a href="mailto:info@beuth.de">info@beuth.de</a> Download: <a href="http://www.beuth.de">www.beuth.de</a>
---	---

93482

Abonnieren Sie unseren Newsletter: [www.vdi.de/FachNews](http://www.vdi.de/FachNews)



## Anhang 10: Poster zur Bionik im VDI



VDI-Fachbereich  
Bionik



**BIO KON**  
Bionik-Kompetenz-Netz

# BIONIK

## Die Natur als genialer Ingenieur

Bionik verbindet Biologie und Technik mit dem Ziel, durch Abstraktion, Übertragung und Anwendung von Erkenntnissen, die durch interdisziplinäre Zusammenarbeit an biologischen Vorbildern gewonnen werden, technische Fragestellungen zu lösen.

### BIONIK im VDI

In der Bionik geht es darum, Anregungen aus der Natur zu verstehen und technisch anzuwenden. Die Umsetzung bionischer Erkenntnisse in die technische Nutzung gestaltet sich oft schwierig, denn für ingenieurwissenschaftlich geprägte Entwickler und Konstrukteure sind die Möglichkeiten der Bionik oftmals nicht bekannt oder schwer zugänglich. Es ist Ziel des VDI, eine gemeinsame Sprache für Naturwissenschaftler und Ingenieure zu entwickeln, die die Bionik nutzen wollen. Dazu führt der VDI zwei Projekte durch, die dem Zweck dienen, die Bekanntheit und Verwendungsmöglichkeit bionischer Verfahren bei Entwicklern und anderen Anwendern zu steigern.

Der Fachbereich Bionik in der VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences arbeitet in beiden Projekten eng mit der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) zusammen. Gemeinsam mit Fachleuten werden VDI-Richtlinien entwickelt, und auf Veranstaltungen und Messen werden diese und weitere Ergebnisse aus den Ausschüssen präsentiert.

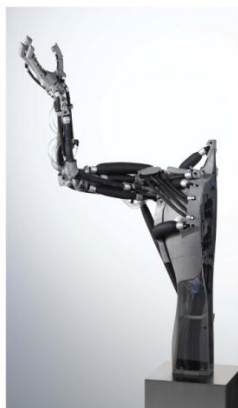


### VDI-Richtlinien zur BIONIK

Im F & E-Projekt der DBU „Transfer bionischer Forschungs- und Entwicklungsergebnisse in ökologisch vorteilhafte industrielle und technische Anwendungen“ werden VDI-Richtlinien zur Bionik entwickelt. Diese Richtlinien sollen die Umsetzung bionischer Entwicklungen in technische Anwendungen ermöglichen oder vereinfachen.

Durch die Standardisierung kann insbesondere Ingenieuren der Zugang zu den Potenzialen der Bionik erleichtert werden, indem die Beschreibung der Methoden in einer technischen Sprache verfasst wird. VDI-Richtlinien gewährleisten, dass bionische Verfahren von verschiedenen Anwendern in gleicher Weise genutzt werden. Dies ermöglicht den Transfer von Wissen, eine Profilschärfung und hohe Qualitätssicherung.

### Richtlinien in Vorbereitung



- VDI 6220 Rahmenrichtlinie: Bionik; Konzeption und Strategie; Abgrenzung zwischen bionischen und konventionellen Verfahren und Produkten.
- VDI 6221: Bionik; Funktionale bionische Oberflächen; Oberflächenstrukturen zur Selbstreinigung und zur Reduktion von Bewuchs.
- VDI 6222: Bionik; Bionische Roboter.
- VDI 6223: Bionik; Bionische Materialien, Strukturen und Bauteile.
- VDI 6224 Blatt 1: Bionik; Bionische Optimierung; Evolutionäre Algorithmen in der Anwendung.
- VDI 6224 Blatt 2: Bionik; Bionische Optimierung; Anwendung biologischer Wachstumsgesetze zur Optimierung technischer Strukturen.
- VDI 6225: Bionik; Bionische Informationsverarbeitung.

### Internationaler Bionic-Award

Der internationale Bionic-Award wird regelmäßig im Zweijahresrhythmus durch den VDI und die DBU im Auftrag der Schauenburg-Stiftung im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft verliehen. Er ist mit 10.000 € dotiert und wurde erstmals im Jahr 2008 verliehen.



BIONIC AWARD



Mit dem internationalen Bionic-Award verfolgt die Stiftung das Ziel, praxisorientierte Forschungsergebnisse und Entwicklungsarbeiten sowie Innovationen des wissenschaftlichen Nachwuchses im Bereich der Bionik zu fördern.

Ausgezeichnet wird eine herausragende Arbeit eines Teams junger Nachwuchsforscher/innen oder auch eines Einzelnen. Dies können beispielsweise eine bionische Produktentwicklung und/oder eine Dissertation oder Habilitation sein, die in den letzten zwei Jahren vor dem Einreichungstermin fertig gestellt wurde. Die neunköpfige Jury, die den Preisträger ermittelt, besteht neben Vertretern des VDI, der DBU und dem Stifter aus Mitgliedern des internationalen Bionik-Kompetenznetzes „BIOKON international“.

Weitere Informationen unter [www.vdi.de/bionik](http://www.vdi.de/bionik)

### Der VDI bringt BIONIK zu den Ingenieuren

Mit dem F & E-Projekt „Bionik – Wissenstransfer durch die direkte Ansprache von Entwicklern und Konstrukteuren“ sollen neue und zusätzliche Interessenten aus dem Ingenieurbereich für die Bionik gewonnen werden. Als inhaltliche Grundlage für die geplanten Veranstaltungsaktivitäten dienen die VDI-Richtlinien zur Bionik.



Mit diesem Projekt soll die Bionik auf Veranstaltungen und Messen mit Informationsmaterial, Fachvorträgen und Gesprächsangeboten präsentiert werden. Bislang wurde die Bionik nur in Einzelfällen auf derartigen Veranstaltungen beworben; dies wurde von den Teilnehmern immer mit großem Interesse verfolgt. Mit einem intensivierten Informationsangebot kann eine große Anzahl an potenziellen Nutzern der Bionik angesprochen werden.

Ziel ist es, neben Plenarvorträgen und Impulsreferaten die Möglichkeit zu vertiefenden Gesprächen mit Fachleuten, die auf den Veranstaltungen sein werden, zu schaffen.

### Bildnachweise

Technischer Pflanzenhalm, © Plant Biomechanics Group, Freiburg  
Marine Bionik, © Hochschule Bremen  
Aircic's Arm, © Axel Waldecker für Festo AG & Co. KG

### Kontakt:

VDI-Technologies of Life Sciences  
VDI-Platz 1  
40468 Düsseldorf  
Tel.: +49 (0) 211 62 14-266  
Fax: +49 (0) 211 62 14-177

E-Mail: [bionik@vdi.de](mailto:bionik@vdi.de)  
Internet: [www.vdi.de/tls](http://www.vdi.de/tls)  
[www.vdi.de/bionik](http://www.vdi.de/bionik)  
[www.dbu.de](http://www.dbu.de)  
[www.biokon.net](http://www.biokon.net)