

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Bionik  
Architektur, Ingenieurbau, Industriedesign  
Grundlagen

VDI 6226

Blatt 1 / Part 1

Biomimetics  
Architecture, civil engineering, industrial design  
Basic principles

Ausg. deutsch/englisch  
Issue German/English

*Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.*

*The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.*

<b>Inhalt</b>	Seite	<b>Contents</b>	Page
Vorbemerkung . . . . .	2	Preliminary note . . . . .	2
Einleitung . . . . .	2	Introduction . . . . .	2
<b>1 Anwendungsbereich</b> . . . . .	<b>5</b>	<b>1 Scope</b> . . . . .	<b>5</b>
<b>2 Normative Verweise</b> . . . . .	<b>6</b>	<b>2 Normative references</b> . . . . .	<b>6</b>
<b>3 Begriffe</b> . . . . .	<b>7</b>	<b>3 Terms and definitions</b> . . . . .	<b>7</b>
<b>4 Bionisches Arbeiten und Bionik gestalten</b> . . . . .	<b>10</b>	<b>4 The biomimetic process and biomimetic design</b> . . . . .	<b>10</b>
4.1 Bionisches Arbeiten . . . . .	10	4.1 The biomimetic process . . . . .	10
4.2 Bionik gestalten . . . . .	15	4.2 Biomimetic design . . . . .	15
<b>5 Vorgehensstrategien</b> . . . . .	<b>15</b>	<b>5 Strategic approaches</b> . . . . .	<b>15</b>
5.1 Strategien der Natur . . . . .	15	5.1 Strategies in nature . . . . .	15
5.2 Konstruktionsprinzipien der Natur . . . . .	20	5.2 Design principles in nature . . . . .	20
<b>6 Ergebnisse bionischen Arbeitens</b> . . . . .	<b>22</b>	<b>6 Results of the biomimetic process</b> . . . . .	<b>22</b>
6.1 Flectofin® . . . . .	23	6.1 Flectofin® . . . . .	23
6.2 BOWOOSS-Sommerpavillon . . . . .	25	6.2 BOWOOSS Summer Pavilion . . . . .	25
6.3 COCOON_FS . . . . .	27	6.3 COCOON_FS . . . . .	27
6.4 Rückbauroboter BRACHYO . . . . .	29	6.4 BRACHYO demolition robot . . . . .	29
6.5 BioSkin . . . . .	29	6.5 BioSkin . . . . .	29
6.6 Fin Ray Effect® . . . . .	31	6.6 Fin Ray Effect® . . . . .	31
6.7 Wasserspeicher für ein passives Pflanzenbewässerungssystem . . . . .	33	6.7 Water reservoir for a passive plant watering system . . . . .	33
6.8 Bionic Manufacturing-Verfahren am Beispiel Freischwinger (Cellular Loop) . . . . .	34	6.8 Bionic manufacturing processes based on the example of a cantilever chair (Cellular Loop) . . . . .	34
<b>7 Potenziale bionischen Arbeitens</b> . . . . .	<b>36</b>	<b>7 The potential of the biomimetic engineering process</b> . . . . .	<b>36</b>
7.1 Interdisziplinarität der Bionik . . . . .	36	7.1 Interdisciplinarity of biomimetics . . . . .	36
7.2 Bionik und Nachhaltigkeit . . . . .	37	7.2 Biomimetics and sustainability . . . . .	37
7.3 Hoher Marketingwert bionischer Entwicklungen . . . . .	39	7.3 Higher marketing value of biomimetic developments . . . . .	39
Schrifttum . . . . .	40	Bibliography . . . . .	40

VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences (TLS)

Fachbereich Bionik

VDI-Handbuch Bionik  
VDI-Handbuch Architektur  
VDI-Handbuch Bautechnik

## Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen ([www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erstellung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter [www.vdi.de/6226](http://www.vdi.de/6226).

## Einleitung

Die Schritte des bionischen Arbeitens in allgemeiner Form sind in der Rahmenrichtlinie VDI 6220 aufgenommen. Die vorliegende Richtlinie spricht primär die Disziplinen Architektur, Bauingenieurwesen und Industriedesign an. Hierbei werden die Disziplinen Architektur und Bauingenieurwesen auf den Hochbau und den Ingenieurbau besonders in den Teilen Baukonstruktion oder Entwurf fokussiert und im Folgenden als Bauwesen bezeichnet. Auf andere wichtige Disziplinen, wie Grundbau, Verkehrs- und Wasserwesen, sowie Architekturgeschichte, Architekturtheorie und Stadtplanung wird an dieser Stelle nicht explizit eingegangen.

Den angesprochenen Disziplinen Bauwesen und Industriedesign ist gemeinsam, dass für eine erfolgreiche Aufgabebearbeitung eine generalistische Denk- und Arbeitsweise erforderlich ist. Sie arbeiten nicht isoliert fachspezifisch, sondern grundsätzlich interdisziplinär. Typischerweise übernehmen sie in Projekten die Gesamtverantwortung, wodurch sie sich nicht nur mit dem Entwurf auseinandersetzen müssen, sondern ebenso mit dem Entwurfskontext, der Entwurfsrealisierung und der Entwurfsimplementierung in die Gesellschaft oder in den Markt. Kenntnisse in möglichst vielen fachfremden Disziplinen sind bei der Projektbearbeitung deshalb von Vorteil. Die Vielfalt an Fragestellungen innerhalb eines Planungs- und Entwicklungsprozesses erfordert eine breite Perspektive und die Integration verschiedener Fachgebiete. Das transwissenschaftlich interdisziplinäre Arbeiten in der Bionik erweitert den allgemei-

## Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions specified ([www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)) in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

A catalogue of all available parts of this series of standards can be accessed on the Internet at [www.vdi.de/6226](http://www.vdi.de/6226).

## Introduction

The general steps involved in biomimetic engineering are handled in the framework standard VDI 6220. The present standard is intended primarily for the disciplines of architecture, civil engineering, and industrial design. In the architecture and civil engineering disciplines, it focuses on building construction and structural engineering, and in particular on the areas of structural design and construction planning. In the following, they are collectively referred to as building construction. This standard does not explicitly include other important disciplines such as foundation engineering, traffic engineering, or water management, nor does it cover architectural history, architectural theory, or city planning.

What the building construction and industrial design disciplines mentioned have in common is that it is necessary to think and work like a generalist in order to complete a task successfully. They are inherently interdisciplinary and are not restricted to a specific field of specialization. People working in these disciplines usually have overall responsibility for projects, and consequently, they usually not only need to deal with the construction plan itself, but also with its context, realization, and implementation in society or in the market. This means knowledge of as many outside disciplines as possible is an advantage when working on a project. The variety of questions arising in a planning and development process requires a wide perspective, and therefore a need to integrate knowledge from different fields. The trans-scientific interdisciplinary work in biomimetics thus expands the general work process used by architects, civil en-

nen Arbeitsprozess von Architekten, Bauingenieuren und Industriedesignern damit um eine weitere Methodik.

Ideen dienen dazu, in einem spezifischen Arbeitsumfeld oder für ein konkretes Problem Lösungen und Antworten auf Fragestellungen zu generieren. Diese Ideen werden durch vielerlei Einflüsse geformt, ihre Randbedingungen entstammen aus allen Lebensbereichen eines kulturell und technisch geprägten Menschen. Die einzelnen Aspekte beeinflussen die Idee, sich aber auch gegenseitig, was zu iterativen Arbeitsprozessen führt<sup>1)</sup>.

Bei der Konzeptfindung im Industriedesign und dem Entwurf im Bauwesen handelt es sich um einen offenen und kreativen Prozess, der nicht durch Vorbedingungen eindeutig definiert ist. Bewertungskriterien und Entwicklungsziele sind zu Beginn nicht vollständig definiert. Sie werden erst im Prozess präzisiert und sind ständiger Veränderung und Anpassung unterworfen. Die in Bild 1 abgebildete Ideenfindung zeigt, dass neben der Entwicklung technischer Lösungen auch der Arbeitsprozess beziehungsweise die Bauweisen durch Prozesse der Natur inspiriert sein können. Damit erweitert sich die Definition des bionischen Arbeitens nach VDI 6220 um den Aspekt des ergebnisoffenen Gestaltens und Entwerfens.

Für eine generalistische Denk- und Arbeitsweise ist es entscheidend, alle wesentlichen Aspekte zu betrachten und einzubeziehen. Im Rahmen dieser Richtlinie stehen Natur und Technologie – als Teil der vom Mensch gemachten Kultur – im Fokus, ihre Symbiose wird mit den Themen der Bionik behandelt.

Die besondere Qualität biologisch inspirierter Konstruktionen und Produkte in Bauwesen und Industriedesign wird aus ihrer inneren und/oder äußeren Funktion entwickelt. Sie orientiert sich an biologischen Prinzipien, wobei ihre Form und Gestaltgebung in ihren Grundzügen nicht zwingend an lebende Organismen erinnern muss, vielmehr kann es sich auch um einen bionischen Entwurfsprozess handeln. Die Entstehung liegt in der biologischen und technischen Herleitung begründet, und ist durch die prozessorientierte Entstehungskette gekennzeichnet, die in der Richtlinie VDI 6220 und in der vorliegenden Richtlinie beschrieben ist.

gineers, and industrial designers through the addition of a new methodology.

Ideas in this case serve to generate solutions and answer questions for a specific problem or in a specific work environment. These ideas are shaped by various influences, and their constraints come from every aspect of the life of a culturally and technically oriented person. Each of these aspects influences an idea, but they also influence each other, which results in iterative work processes<sup>1)</sup>.

The development of a concept in industrial design and the design of a building construction are open and creative processes that are not clearly defined by preconditions. Not all evaluation criteria and development goals are fully defined at the beginning. They are defined more precisely only after the process has started and are subject to constant changes and adaptations. The development of new ideas illustrated in Figure 1 shows that in addition to being an inspiration for the development of technical solutions, processes in nature can also be an inspiration for the work process or construction method used. This means the definition of the bionic development process according to VDI 6220 has been expanded to include the aspect of open-ended design and planning.

A decisive factor for thinking and working like a generalist is to examine and consider all essential aspects. In the context of this standard, the focus is on nature and technology – as part of man-made culture – and their symbiosis is handled using topics in biomimetics.

The special quality of biologically inspired designs and products in building construction and industrial design is developed from their internal and/or external function. It is based on biological principles, although the basic design and shape do not necessarily have to mimic those of a living organism. In fact, the result may be a biomimetic design process instead. Its creation is based on biological and technical derivation and is characterized by a process-oriented development chain, which is described in the standard VDI 6220 and in this standard.

<sup>1)</sup> Um diese Iterationen zu verdeutlichen, wurden in Bild 1 Mensch, Technologie und Markt von der Kultur losgelöst dargestellt, auch wenn sie dieser in einem größeren Zusammenhang direkt zuzuordnen sind.

<sup>1)</sup> To illustrate these iterations, Figure 1 depicts people, technology, and market as separated from culture even though they would be considered a direct part of culture when examined from a wider perspective.