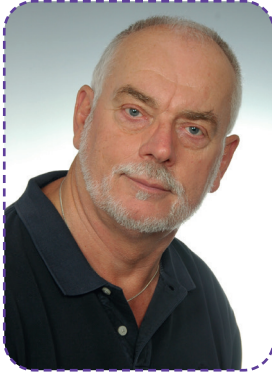


**Bernd Hill**

# BIONIK

Evolution in Natur und Technik

**Knabe Verlag Weimar**



**BERND HILL** wurde 1947 geboren. Er studierte an der PH/Universität Erfurt im Schwerpunkt Polytechnik. 1987 promovierte er über Erfindungsmethodik, 1995 erfolgte seine Habilitation über Biostrategien und biologische Organisationsprinzipien an der Martin-Luther-Universität Halle. Von 1998 bis 2012 lehrte Prof. Hill an der Universität Münster im Fachbereich Physik, Institut für Technik und ihre Didaktik. In verschiedenen Unternehmen führt er Innovationskurse durch und bezieht die angewandte Bionik in systematische Produktentwicklungsprozesse ein. Seine Forschungstätigkeit bezieht sich auf Innovationsstrategien, technische Kreativität sowie systematische und angewandte Bionik.

### **BILDNACHWEIS**

Illustrationen Prof. em. Dr. phil. habil. Prof. h.c. Bernd Hill;  
Cover Storchenbild, Photo by <https://unsplash.com/@janetab> unter <https://unsplash.com/photos/RvHCxzl6wSM>; Covervorschau Band 20: Spinne groß: <https://www.shutterstock.com/image-photo/scary-tarantula-spider-on-palm-leaf-2138224579>; Spinne klein: <https://www.shutterstock.com/de/image-illustration/robot-tarantula-3d-illustration-417266452>

Der Text wurde vom Autor nach vorliegendem Wissen erstellt und sorgfältig geprüft. Da inhaltliche Fehler trotzdem nicht ganz auszuschließen sind, erfolgen die Textangaben ohne jegliche Verpflichtung des Verlages und Autors. Autor und Verlag übernehmen daher keinerlei Haftung für mögliche inhaltliche Unrichtigkeiten.

1. Auflage Juli 2023

© 2023 Knabe Verlag Weimar | Herderplatz 11, 99423 Weimar  
Alle Rechte sind dem Verlag vorbehalten.

*Grafische Bearbeitung, Satz und Layout* Rike Schmidt  
*Lektorat* Friederike Andrees  
*Fachliches Lektorat* Konrad Hahn  
*Druck und Bindung* Jelgavas Tipografija SIA

Dieses Buch folgt den Regeln der neuen deutschen Rechtschreibung.  
Printed in Latvia

ISBN 978-3-944-575-48-3  
[www.knabe-verlag.de](http://www.knabe-verlag.de)



## Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	6
① Einleitung .....	8
② Abenteuer auf den Galápagos-Inseln .....	14
③ Eine revolutionäre Theorie entsteht. ....	23
④ Von der biologischen zur technischen Evolution. ....	47
⑤ Gesetzmäßigkeiten der technischen Evolution. ....	64
⑥ Evolutionsbionik .....	97
Arbeitsblatt 1: Quiz – Vervollständigen .....	110
Lösungen .....	113
Danksagung .....	113
Literatur .....	114
Register .....	117

Alle Titel der Buchreihe (nach Erscheinen):

1. Die Natur als Ideenschmiede
2. Von Flugfrüchten abgeschaut
3. Leichtbau
4. Riesenseerose und Kristallpalast
5. Schmetterlingen abgeschaut
6. Vom Fliegen
7. Schätze aus dem Tropenwald
8. Schwimmen und Tauchen
9. Wärmedämmung
10. Seil- & Netzkonstruktionen
11. Klimatisierung und Lüftung
12. Schönheit der Natur
13. Tarnen und Täuschen
14. Wettrüsten der Sinne
15. Arznei und Kosmetik
16. Verpacken
17. Roboter und Prothesen
18. Bionik in Wald und Flur
19. Evolution in Natur und Technik
20. 1x1 des naturorientierten Erfindens





»Ich bin mir dessen bewusst, dass ich mich in einer höchst hoffnungslosen Zwangslage befinde. Ich kann mir nicht vorstellen, dass die Welt, wie wir sie sehen, das Ergebnis von Zufall ist; und doch kann ich nicht jedes einzelne Ding als das Produkt eines schöpferischen Plans ansehen!«

*Charles Robert Darwin*  
(1809–1882)

Britischer Naturforscher und Begründer  
der modernen Evolutionstheorie

# VORWORT

## Lernen von der Natur

**D**er neunzehnte Band »Evolution in Natur und Technik« setzt die Buchreihe unter dem Motto »Frag' die Natur« fort. Die Reihe wendet sich an eine breite Leserschaft. Sie ist sowohl auf aktiven Wissenserwerb als auch auf eigenständiges Forschen, Entdecken, Experimentieren und Erfinden ausgerichtet. Comics und Infoboxen lockern die Wissensaneignung auf. Der Leser lernt die Vielfalt, Effizienz und Schönheit der Natur kennen. Interessante Sachverhalte stellen Handlungsschritte für die Nutzung der Natur vor.

Der Band macht neugierig und fordert zum Hinterfragen, Beobachten und Forschen auf. Anschaulich werden Methoden des Problemerkennens und -lösens dargestellt, damit eigenes Erfinden möglich wird und Freiräume für Kreativität entstehen. So erschließt sich in praktischer Weise die faszinierende Welt der Naturphänomene.

Im Buch sind Tiere mit Sprechblasen zu finden. Normalerweise können wir sie nicht verstehen. Wir versetzen uns aber in diesem Buch in sie hinein, damit die Tiere uns von sich berichten können.

An manchen Stellen findet ihr Rätsel oder Denksportaufgaben. Hier sind eure Kreativität und euer Forscher- und Erfindergeist gefragt!

Die Bände enthalten:

- Sachinformationen über interessante und erstaunliche biologische und technische Phänomene,
- Abenteuer des Entdeckens und Erfindens in Form von Bildergeschichten,
- Denk- und Arbeitsweisen von Entdecker- und Erfinderpersönlichkeiten,
- nützliche Methoden zur individuellen Erschließung von Natur und Technik,
- spannende Experimente zur Erkenntnisgewinnung und Selbstbau-Anleitungen zur praktischen Erprobung.

Im fortlaufenden Text dienen folgende Symbole zur Orientierung:



Infobox zur Begriffserläuterung



Modelle



Methoden zur Erkenntnisgewinnung und -umsetzung



Experimente



Kreativitätstraining



Professor Bionikus macht auf wichtiges Merkwissen aufmerksam

*Viel Spaß beim Lesen,  
Forschen und Experimentieren.*



# 1

## EINLEITUNG

### Evolution als Veränderungsprozess

»Wir suchen die Wahrheit nur in dem Maß,  
wie der Verstand uns gestattet sie zu erkennen.«  
Charles Darwin

**I**n der Natur begegnen uns oft spannende Erscheinungen – Tiere oder Pflanzen mit bemerkenswerten Farben, Formen oder Fähigkeiten. Schaut man sich bspw. einen farbenprächtigen Schmetterling mit seinem auffälligen Flügelmuster an, drängt sich die Frage auf, wie er entstanden ist. Wie hat sich so ein Aussehen gebildet?

Die Lebewesen auf der Erde sahen nicht immer so aus wie heute. Sie und auch wir Menschen stammen von winzig kleinen Organismen ab, deren Lebensraum lange Zeit das Wasser gewesen ist. Im Verlauf von vielen Millionen Jahren haben sich die kleinen Organismen verändert. Dadurch entstand die schier unüberschaubare Vielfalt der verschiedenen Lebewesen. Pflanzen und Tiere, wie wir sie heute kennen, sind im Lauf der Zeit im Prozess der Evolution entstanden.

Als biologische Evolution bezeichnet man die allmähliche Veränderung der vererbaren Merkmale von Lebewesen. Dabei sollte man wissen, dass sich Lebewesen nicht von sich aus verändern. Im Lauf der Evolution passen sich



Unter Evolution versteht man eine Entwicklung über lange Zeiträume, die zu Veränderungen führt. Dabei entwickeln sich neue Arten oder bestehende Arten entwickeln sich weiter. Das geschieht, weil bei der Vererbung von Merkmalen Kopierfehler entstehen. Erweisen sich diese Merkmalsveränderungen als nützlich, setzen sie sich durch. Der Grund dafür ist, dass Träger dieser neuen Merkmale viele Nachkommen zeugen. Manche Merkmale sind jedoch ungünstig, ja sogar schädlich. Dann sterben diese Merkmalsträger aus, weil ein Überleben unter den bestehenden Umweltbedingungen unmöglich ist.

Lebewesen an ihre Umwelt an. Die Anpassung erhöht ihre Überlebenschancen. Sie können sich dann erfolgreich fortpflanzen und so ihre Eigenschaften an Nachkommen weitergeben.

Zu einer Art gehören Lebewesen, die gemeinsame erbliche Merkmale besitzen. Durch diese Merkmale unterscheiden sie sich von anderen Arten.

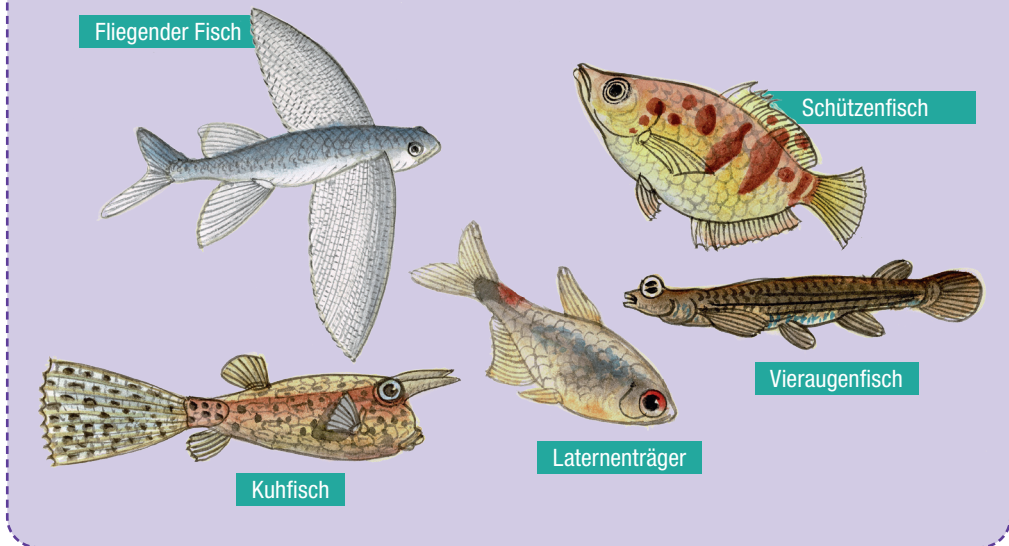
Jene Lebewesen, die nicht gut angepasst sind, haben geringere Möglichkeiten, ihr Erbgut zu übertragen. Wissenschaftler nennen das Selektion. Das bedeutet so viel wie Auswahl oder Auslese. Durch Selektion verändern sich Lebewesen über viele Generationen hinweg und können sich anpassen.

Zum besseren Verständnis schauen wir uns die Anpasstheit von Lebewesen an ihre Umwelt anhand fünf verschiedener Fischarten an: der Schützenfisch, der Kuhfisch, der Laterenträger, der Vieraugenfisch und der Fliegende Fisch. Bei diesen Fischen hat sich durch Evolution ein strömungsgünstiger Körper mit mehr oder weniger ausgeprägter Spindelgestalt herausgebildet, der ihnen im Wasser ein energiearmes Fortbewegen ermöglicht.

»Die vielfältigen Formen der Lebewesen sind zurückzuführen auf recht einfache Typen, aus denen sich die gegenwärtig bekannte Artenfülle im Verlauf langer Zeiträume entwickelt hat, weil die Lebewesen zur Anpassung fähig sind.«



## Angepasstheit ausgewählter Fischarten an das Wasserleben



### ■ Schützenfisch (*Toxotes jacularix*)

Bei diesem Fisch hat sich eine einzigartige Jagdtechnik ausgeprägt. Er ernährt sich von Insekten, die er mit einem Wasserstrahl von Ästen und Zweigen schießt. Der Schützenfisch kann nämlich die Lichtbrechung am Übergang zwischen Wasser und Luft durch Lernen berücksichtigen. Er ist in der Lage, die Stärke des Wasserstrahls auf die Größe des Beuteinsektes abzustimmen.

### ■ Kuhfisch (*Lactoria cornuta*)

Er gehört zur Familie der Kofferfische und hat eine kantige, gepanzerte Körpergestalt. Als Riffbewohner ist er ein wendiger Schwimmer und kann mit seinen Brustflossen, die wie kleine Propeller funktionieren, gut manövrieren.

### ■ Laternenträger (*Hemigrammus ocellifer*)

Der Laternenträger lebt in großen Wassertiefen, wo es ziemlich dunkel ist. Er besitzt ein bohnenförmiges Leuchtorgan unter den Augen. Es kann durch das Augenlid ausgeschaltet werden. Das grünliche Licht des Leuchtorgans wird von Bakterien in seinem Inneren erzeugt. Das Licht dient zur Anlockung von Zooplankton, von dem sich der Laternenträger ernährt.

■ Vieraugenfisch (*Anableps anableps*)

Dieser Fisch lebt an der Wasseroberfläche. Er besitzt ganz besondere Augen, mit denen er gleichzeitig über und unter Wasser sehen kann. Die Augen bestehen jeweils aus zwei Pupillen, die durch eine quer liegende Scheidewand getrennt sind. So wird das Auge in zwei Hälften mit je einer Pupille geteilt. Mit diesen raffinierten Augen kann er Fressfeinde gleichzeitig aus der Luft und unter Wasser wahrnehmen.

■ Fliegender Fisch (*Cheilopogon melanurus*)

Der Fliegende Fisch lebt in tropischen und subtropischen Meeren. Seine Brustflossen sind stark vergrößert und zu einer Art Flügel ausgebildet. Sie ermöglichen einen Gleitflug über der Wasseroberfläche. Dadurch kann der Fisch seinen Fressfeinden schnell entweichen.

Alle fünf Lebewesen gehören zur Klasse der Fische. Sie haben Merkmale, die für Fische allgemein typisch sind, wie beispielsweise ein seitlich abgeflachter, langgestreckter Körper, Schuppen und eine Fortbewegung durch Flossen. Darüber hinaus haben sie aber Merkmale, die ihnen eigen sind. Sie begünstigen das Überleben, weil sich die Lebewesen dank ihnen nicht bspw. bei der Nahrungssuche in die Quere kommen. Ihre Merkmale und die aller anderen Lebewesen – auch die des Menschen – sind durch Evolution entstanden.

Mit dem Menschen begann eine Entwicklung die als andere Art von Evolution gedeutet werden kann – als technische. Sie begann, als das erste Werkzeug erfunden wurde, um menschliche Fähigkeiten zu erweitern.

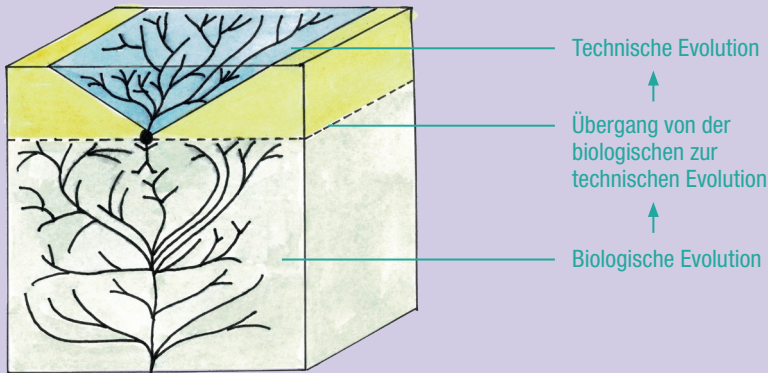
Der Mensch wurde zum Schöpfer und Gestalter der technischen Evolution. In diesem Sinn können technische Evolution und biologische Evolution miteinander verglichen werden.

Der Mensch verstand Erscheinungen der Natur und entlockte ihr interessante Geheimnisse. Er konnte Gesetzmäßigkeiten erkennen. Gesetzmäßigkeiten sind allgemeine und

Erste einfache Werkzeuge des Menschen



## Von der biologischen zur technischen Evolution



wesentliche Zusammenhänge. Sie sind allgemeingültig und können nicht vom Menschen nach dessen Belieben in oder außer Kraft gesetzt werden. Wir kennen das von Naturgesetzen: Zum Beispiel das Gravitationsgesetz von Isaac Newton (1642–1726), das er angeblich formulierte, nachdem er einen fallenden Apfel beobachtet hatte. Aufgrund der Erdanziehungs- bzw. Gravitationskraft fällt der Apfel durch seine Masse senkrecht nach unten zu Boden. Gravitation wirkt natürlich auch auf ein Flugzeug. Aber das fällt im Gegensatz zum Apfel keineswegs auf die Erde, weil der Gravitationskraft entgegengewirkt wird. Später entdeckte der Mensch Gesetzmäßigkeiten auch bei der Entwicklung von Technik.

Der Mensch, genauer gesagt, der Flugpionier Otto Lilienthal (1848–1896), entdeckte das Auftriebsgesetz und erfand das Gleitflugzeug, das trotz Schwerkraft Fliegen ermöglichte. Er hat das Gravitationsgesetz dafür nicht außer Kraft gesetzt, sondern durch seine Entdeckung der Auftriebskraft die Gewichtskraft des Flugzeuges so beeinflusst, dass letztere beim Fliegen überwunden werden kann. Die Gewichtskraft ist die Kraft, mit der ein Gegenstand zu Boden gezogen wird.

In diesem Zusammenhang ergeben sich zwei Fragen: Welche Gesetzmäßigkeiten liegen der biologischen und technischen Evolution zugrunde und wie können diese zur Weiter- und Neuentwicklung von Technik genutzt werden? Der vorliegende Band gibt dazu, gespickt mit vielen Beispielen aus Natur und

Technik, umfassend Auskunft. Dabei erfährt der Leser auch Informatives über ein Teilgebiet der Bionik, die Evolutionsbionik.

In einem Comic, der die Weltreise des berühmten Naturforschers Charles Darwin mit dem Schiff »Beagle« lebendig werden lässt, kann man sehen, welcher Weg ihn zu seiner bahnbrechenden Evolutionstheorie geführt hat.

## Evolutionstheorie



Die Evolutionstheorie beschreibt die Veränderung und Entfaltung der Organismen in ihrer gesamten Entwicklung vom Ursprung bis in die heutige Zeit. Sie untersucht auch, wie gegenwärtig neue Arten entstehen und wie sie sich entwickeln.

Zum Schluss lässt sich mit Hilfe eines einfachen Experimentes die Evolution von Gleitflugmodellen aus Papier nachvollziehen.

