



**BAND 10**

**Bernd Hill**

# BIONIK

**Seil- und Netzkonstruktionen**



**Knabe Verlag Weimar**





**Bernd Hill**

# BIONIK

Seil- und Netzkonstruktionen

**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**

*Cover:* Olaf Leillinger *Illustrationen:* Prof. em. Dr. phil. habil. Prof. h.c. Bernd Hill S. 9 Storch (2016); S. 13 nach Patzelt; S. 21–22 Birnbaum (1872); S. 40–42 nach Heimer (1988); S. 42 unten Naturkundemuseum Karlsruhe; S. 44 und 46 nach Wiehle (1949) und Maidhof (2004); S. 62 nach Hingston (1927) aus Wiehle (1954); S. 69–74 nach Bürgis (1988) und Vollrath (1992); S. 75 und 77 oben nach Crome (1969); S. 77 unten nach Rougerie, J. und Vignes, E. (1978); S. 79 nach Berlin und Thiele (2016); S. 81 nach Eibl-Eibesfeldt (1969); S. 85 Weule (1920)

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 Oktober 2017

© 2017 Knabe Verlag Weimar  
Herderplatz 11 99423 Weimar


Alle Rechte sind dem Verlag vorbehalten.

*Grafische Bearbeitung* Lena Haubner  
*Satz und Layout* Lena Haubner  
*Lektorat* Julia Roßberg  
*Druck und Bindung* Jelgavas Tipografija SIA

Dieses Buch folgt den Regeln der neuen deutschen Rechtschreibung.

Printed in Latvia

ISBN 978-3-944575-39-1  
[www.knabe-verlag.de](http://www.knabe-verlag.de)



## Inhaltsverzeichnis

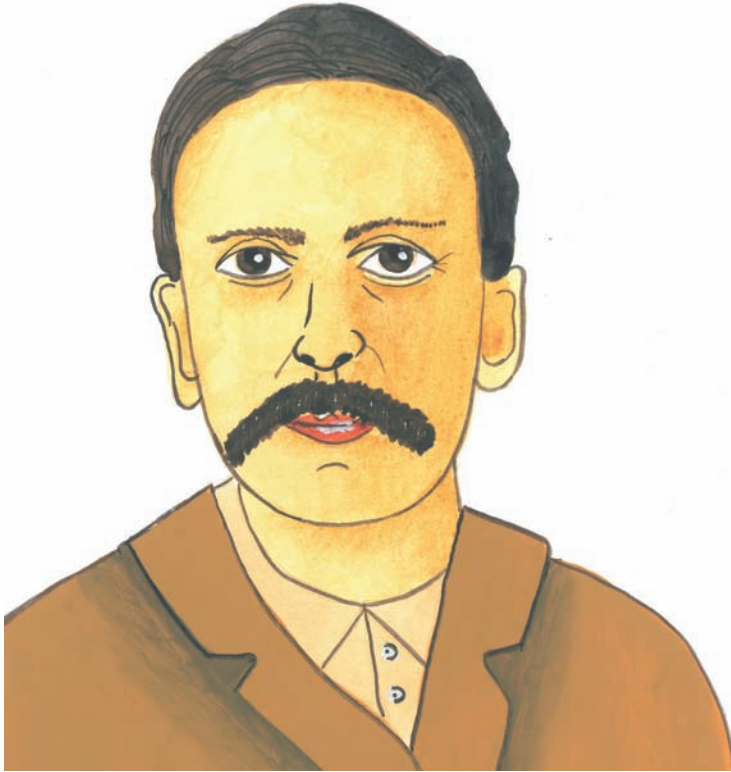
Vorwort .....	6
<b>1</b> Einleitung .....	8
<b>2</b> Lernen von Spinnen .....	15
<b>3</b> Von Arachne und Arachnologen .....	24
<b>4</b> Allerlei Wissenswertes über Webspinnen .....	36
<b>5</b> Biomechanik – kurz und bündig .....	52
<b>6</b> Webspinnen und ihre Netze .....	62
<b>7</b> Den Webspinnen abgeschaut .....	82
Arbeitsblatt 1: Zuordnen .....	98
Arbeitsblatt 2: Quiz-Vervollständigen .....	99
Arbeitsblatt 3: Spinnen und Insekten .....	101
Lösungen .....	102
Literatur .....	103
Register .....	106
Danksagung .....	109



Alle Titel der Buchreihe (nach Erscheinen):

1. Die Natur als Ideenschmiede
2. Von Flugfrüchten abgeschaut
3. Leichtbau – Konstruktionsprinzipien der Natur abgeschaut
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. Das 1 x 1 des Erfindens
15. Wettrüsten der Sinne
16. Werkzeuge der Natur
17. Verpacken
18. Roboter und Prothesen
19. Erfinden mit der Natur
20. Bionik in Wald und Flur





»Es gibt kein anderes Tor zum Wissen als die Natur, und es gibt keine Weisheit außer den Weisheiten, die uns die Natur lehrt.«

*Luther Burbank*  
*(1849–1926)*

US-amerikanischer Botaniker  
und Pflanzenzüchter



# VORWORT

## Lernen von der Natur

**D**er zehnte Band »Seil- und Netzkonstruktionen« setzt die Buchreihe unter dem Motto »Frag' die Natur« weiter fort. Diese Reihe wendet sich an eine breite Leserschaft. Sie ist sowohl auf aktiven Wissenserwerb als auch auf das eigenständige Forschen, Entdecken, Experimentieren und Erfinden ausgerichtet. Comics und Infoboxen lockern dabei die Wissensaneignung auf. Der Leser erfährt durch eigenes Handeln an interessanten Sachverhalten die Funktionalität, Vielfalt, Effizienz und Schönheit der Natur und ihre Nutzung. Die Texte enden nicht mit der Vermittlung erklärenden Wissens, sondern machen neugierig und fordern zum Hinterfragen, Beobachten, Forschen, Modellieren, Experimentieren und Konstruieren auf. Anschaulich werden Methoden des Problemerkennens und -lösens dargestellt, um eigenes Entdecken und Erfinden zu ermöglichen und so Freiräume für Kreativität zu schaffen. Damit erschließt sich in persönlicher Weise die faszinierende Welt der Naturphänomene und ihre Nutzung.

An manchen Stellen des Buchs helfen Rätsel und Denksportaufgaben zur Förderung von Kreativität und Erfindergeist.



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 Erkenntnis-  
gewinnung und -umsetzung



Experimente



Kreativitätstraining

*Viel Spaß beim Lesen,  
Forschen und Experimentieren.*

# 1

## EINLEITUNG

### Spinnen überall

# W

ie kunstvoll schillernde Perlenketten glitzert der Tau morgens im Spätsommer auf den fein gestalteten Netzen der Webspinnen. Viele Menschen sind von der Schönheit, Vielgestaltigkeit und Kunstfertigkeit der Netze beeindruckt. Die Netzkonstruktionen sind regelrechte Wunderwerke der Natur. Sie vermitteln uns eine Leichtigkeit und Eleganz, die in der Zartheit des Materials zum Ausdruck kommt. Wer mit offenen und neugierigen Augen die Umwelt betrachtet, kann viele unterschiedliche Spinnennetze bestaunen. Auf Wiesen können wir beispielsweise in großer Zahl die mit Tau benetzten Deckennetze der Baldachinspinnen sehen.

Die Tautröpfchen lassen den Aufbau der fein gewebten Netze besonders gut erblicken. Ohne den Tau ist es dagegen nicht so einfach, zum Beispiel die Fäden des äußerst fein und zart gewebten Radnetzes unserer heimischen Gartenkreuzspinne zu erkennen. Doch wenn die Sonne den Fäden ein Glitzern entlockt, sind sie sofort wahrnehmbar.

Eindrucksvoll ist auch die alljährliche Beobachtung der großen Spinnenwanderungen im frühen Herbst. Es ist die Zeit des Altweibersommers. In dieser Zeit machen sich die Spinnen in großen Scharen auf die Reise durch die Luft und erschließen sich so ganz neue Lebensräume. Doch wie soll diese Luftreise ohne Flügel überhaupt funktionieren? Die leichtgewichtigen Spinnen sind recht erfinderisch. Bei ihnen hat sich im Laufe ihrer evolutionären Entwicklung eine



## Netzkonstruktionen



ganz besondere Fähigkeit herausgebildet: Sie spinnen ein Fadenbündel als Windsegel, sozusagen einen »fliegenden Teppich«.

Zuvor klettern die Spinnen auf Halmen, Masten, Zaunlatten oder anderen geeigneten Objekten in die Höhe. Dort recken sie ihren Hinterleib in Windrichtung nach oben, produzieren mit den Spinnwarzen ein Fadenbündel und lassen sich vom Wind erfassen. Mit diesem Windsegel können sie so viele Kilometer weit reisen.

Was können wir daraus lernen? Die Spinnen haben die unbegrenzt zur Verfügung stehende Windenergie genutzt – und das »kostenlos«. Also lautet ein Grundsatz des Erfindens: Nutze zur Ausführung einer Bewegung die Umweltenergie Wind. Die Windenergie ist ein umweltfreundlicher Energieträger.

## Evolution, evolutionäre Entwicklung



Allgemeine Entwicklung der Organismen im Verlauf der Erdgeschichte. In diesem langen Prozess verändern sich die Organismen allmählich.





Spinnenfäden sind die dünnsten Fäden, die es auf der Welt gibt. Der Durchmesser der Netzfäden des Radnetzes einer Gartenkreuzspinne beträgt nur einige Mikrometer. Ein Mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) ist der tausendste Teil eines Millimeters, also 0,001 Millimeter. Noch viel dünner sind jedoch die Fäden von Kräuselradnetzspinnen. Die Fäden ihres wollartigen Gespinnstes sind nur etwa einen Nanometer ( $\text{nm}$ ) dick. Ein Nanometer ist der millionste Teil eines Millimeters, also 0,000001 Millimeter.

Ein 0,1 Millimeter dickes Menschenhaar wirkt im Vergleich dazu fast wie ein Fabrikschornstein. Bei gleichem Durchmesser ist der Netzfaden der Kreuzspinne doppelt so reißfest wie ein Stahlfaden.

	Reißlänge in Kilometern (km)	Dehnbarkeit zur Ausgangslänge in Prozent (%)
<b>Spinnenfaden</b>	je nach Spinnenart 30 bis 70	31
<b>Stahlfaden</b>	je nach Stahlart 5 bis 30	8

Tab.1 Vergleich von Spinnenfaden und Stahlfaden bei gleichem Durchmesser

Würde man einen solchen Spinnenfaden einmal um den Äquator wickeln, so entspräche dieser über 42.000 Kilometer lange Faden einer Masse von etwa 250 Gramm, soviel wie ein Stück Butter wiegt.





Die Quadrate unten sind Teile aus dem oberen Spinnennetz.  
 Ordne sie den entsprechenden gleichen Quadraten im Netz zu!

	1	2	3	4
A				
B				
C				
D				
	 I	 II	 III	 IV



Die Spinne stellt ihr Netz sozusagen »vor Ort« in einem Arbeitsgang her. In der Technik dagegen sind für die Herstellung und Montage von Flächentragwerken aus Textil oder Kunststoff mehrere Arbeitsgänge, einschließlich des Transportaufwandes, erforderlich.

Die Webspinnen haben im Laufe ihrer lange währenden Entwicklungszeit ihre Fadenherstellung immer weiter verbessert und perfektioniert. Die Kunstfertigkeit dieser achtbeinigen Baumeister hat extrem feine Fäden und Gewebe hervorgebracht, sodass man im 18. und 19. Jahrhundert aus Spinnenseide zarte Strümpfe, Handschuhe und Schals herstellte. Sie wiesen im Gegensatz zur Raupenseide einen prunkhaften natürlicheren Glanz, höhere Leichtigkeit und Haltbarkeit auf. Spinnenseide ist aber viel zu aufwändig in ihrer Gewinnung. Daher sind solche Bekleidungsstücke nahezu unbezahlbar. Wir werden an anderer Stelle noch näher darauf eingehen.

Die Spinnen ziehen uns wie kein anderes Lebewesen, von Schlangen abgesehen, stark in den Bann. Sie rufen gleichzeitig Faszination und Staunen, Neugier, aber auch Abneigung und Ekel hervor. Dabei sind die Webspinnen geschickte Netzbauer und erfolgreiche Insektenjäger und damit wichtige und nützliche Helfer bei der Vernichtung von Schadinsekten. Trotzdem geraten viele Menschen in regelrechte Panik, wenn sie einer Spinne begegnen. Eine solche Angst vor Spinnen bezeichnet man als Spinnenphobie. Dass eine solche Angst oft unbegründet ist, erfahren wir im Abschnitt 4. Dabei sollten wir wissen, dass die Spinne in China als Glücksbringer gilt. Außerdem gehören gegrillte oder auch frittierte Spinnen zur asiatischen Esskultur.

Die Vielzahl von Formen, Farben und Körpermustern der Spinnen beeindruckt uns Menschen. Ihre Gestalt ist spiegelsymmetrisch, das heißt, die linke und rechte Körperhälfte ist gleich. Die Übersicht auf Seite 14 zeigt, dass Spinnen trotz aller Vorbehalte und Abneigung doch auch schön anzuschauen sind. Die achtbeinigen Überlebenskünstler sind so gut wie überall auf der Erde anzutreffen. Ihre Artenanzahl nimmt jedoch in Richtung des Nord- und Südpols ab. So haben Wissenschaftler bei einer Zählung etwa 20 Spinnenarten auf den Inseln des Nordpolarmeeres gefunden. In Mitteleuropa waren es um die 250 Arten und in den Regenwäldern um den Äquator mehrere 1.000 Arten. Ein Teil der Spinnenarten hält sich ständig in und an unseren Häusern auf und ist damit oft ein ungebetener Mitbewohner. Wir wissen noch sehr wenig über



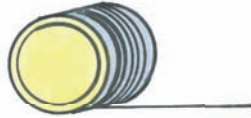
# Vergleich der Herstellung einer Textilüberdachung mit der eines Spinnennetzes (1–6 Arbeitsgänge)

## Technik

1. Rohstoffaufbereitung



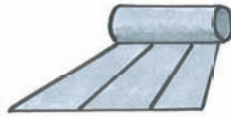
2. Spinnen



3. Weben



4. Konfektionieren



5. Transportieren

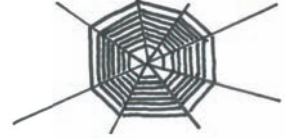


6. Montieren



## Natur

1. Spinnen und Weben



diese interessanten und geheimnisvollen Lebewesen. Sie gilt es, als wichtige Bestandteile der lebenden Natur zu erhalten und zu schützen.

Der vorliegende Band führt in die faszinierende Welt der Spinnen und ihrer beeindruckenden Netzkonstruktionen ein, zeigt viele technische Übertragungsmöglichkeiten und deckt so manches verborgene Geheimnis der Spinnen auf.

## Faszination, Vielgestaltigkeit und Schönheit der Spinnen



1



2



3



4



5



6



7



8



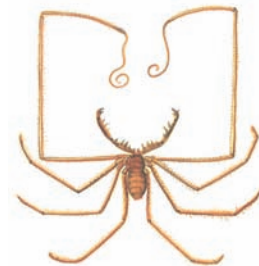
9



10



11



12

- 1 Gartenkreuzspinne
- 2 Pfauenspinne
- 3 Schwarze Witwe
- 4 Wespenspinne
- 5 Goldene Gartenspinne

- 6 Tarantel
- 7 Stachelspinne (a)
- 8 Rotknie-Vogelspinne
- 9 Stachelspinne (b)

- 10 Afrikanische Radnetzspinne
- 11 Echte Vogelbuchspinne
- 12 Geißelspinne







Spinnen gehören zu den faszinierendsten Lebewesen auf unserer Erde. Ihre bizarren Netzkonstruktionen versetzen uns in Erstaunen. Von ihnen gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Konstruktionstypen. Die Netze sind raffiniert gebaut und mit allerlei Signal- und Stolperfäden, Fußangeln und manche sogar mit Falltüren ausgerüstet. Die feinen Spinnfäden der Netze zeichnen sich durch äußerste Festigkeit und enorme Elastizität aus.

Für die Entwicklung technischer Konstruktionen hat sich der Mensch schon seit längerer Zeit an Spinnfäden und -netzen orientiert.

Dieser Band stellt viele Netzkonstruktionen der Spinnen vor und gibt Auskunft über wichtige technische Umsetzungen. Einfache Modelle und interessante Experimente ermöglichen dem Leser einen tieferen Einblick in technische Übertragungsmöglichkeiten.



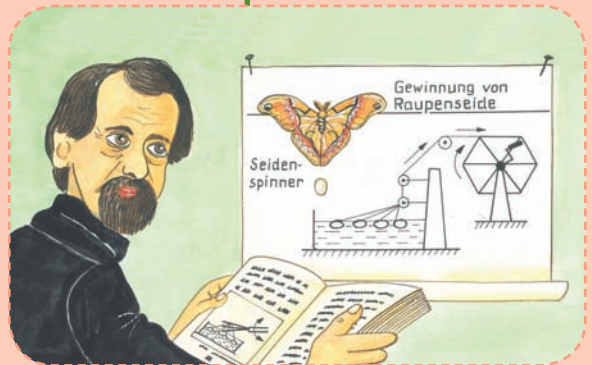
Sachinformationen über interessante und erstaunliche biologische und technische Phänomene

Abenteuer des Entdeckens und Erfindens in Form von Bilder-  
geschichten

Denk- und Arbeitsweisen  
von Entdecker- und Erfinder-  
persönlichkeiten

Nützliche Methoden zur  
individuellen Erschließung  
von Natur und Technik

Spannende Experimente zur  
Erkenntnisgewinnung und Selbst-  
bau-Anleitungen zur praktischen  
Erprobung



Preis: 16,95 €



9 783944 575391

Knabe Verlag Weimar