



BAND 3

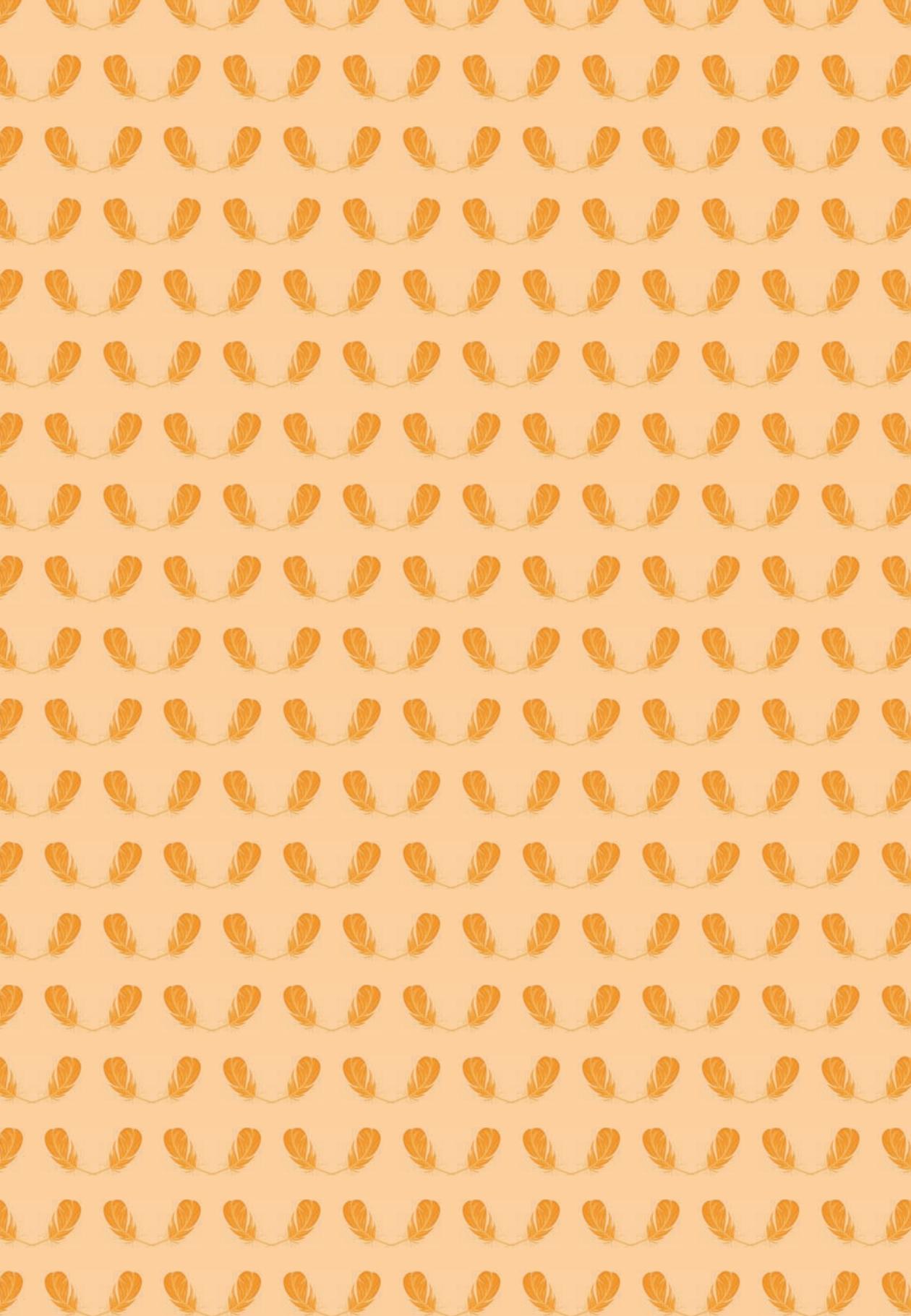
Bernd Hill

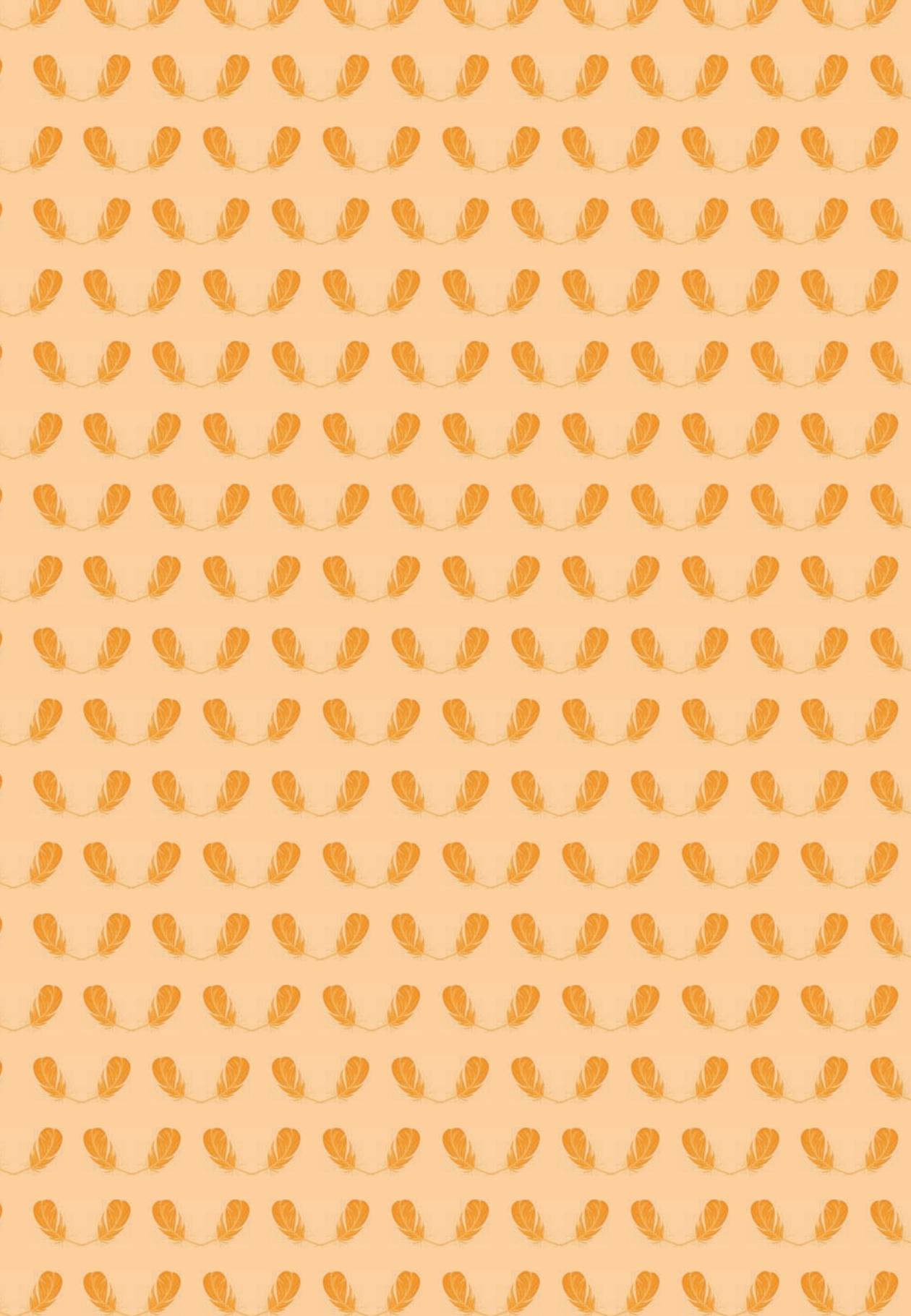
BIONIK

Leichtbau



Knabe Verlag Weimar





Bernd Hill

BIONIK

Leichtbau

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

Coverfoto cwhiteharp@www.freeimages.com

Illustrationen Prof. em. Dr. Bernd Hill

Fotos Seite 10: © Victorgrigas; Seite 24: © Norbert Potensky; Seite 30: © Peter Mildner;

Seite 31: © Krzysztof Szkurlatowski@www.freeimages.com;

Seite 56: © Ben Johnson@www.freeimages.com; Seite 60: © Olivier Cleynen

Alle hier nicht mit anderer Quelle benannten Fotos stammen vom Autor.

1. Auflage Juni 2014

© 2014 Knabe Verlag Weimar

Trierer Straße 65 99423 Weimar

Alle Rechte sind dem Verlag vorbehalten.

Grafische Bearbeitung Nicole Laka

Satz und Layout Nicole Laka

Lektorat Julia Roßberg

Druck und Bindung Jelgavas Tipografija SIA

Dieses Buch folgt den Regeln der neuen deutschen Rechtschreibung.

Printed in Latvia

ISBN 978-3-944575-32-2

www.knabe-verlag.de

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Einleitung	7
2 Leichtbau – was ist das?.....	12
3 Geheimnissen des Leichtbaus in der Natur auf der Spur	17
4 Das Minimum-Maximum-Prinzip	27
5 Lebende Natur physikalisch betrachtet	32
6 Tragwerke in Natur und Technik	61
7 Vom technischen Problem zur Lösung	71
Arbeitsblatt 1: Entwicklung, Bau und Erprobung von Brückenmodellen ..	84
Arbeitsblatt 2: Ermittlung der Tragfähigkeit von Kuppelkonstruktionen ..	86
Arbeitsblatt 3: Stabilität durch Leichtbauprofile	88
Arbeitsblatt 4: Faltwerke in Natur und Technik	91
Arbeitsblatt 5: Möglichkeiten der Druckerzeugung in pneumatischen Tragwerken (Traglufthalle).....	92
Literatur	93
Register	95

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



VORWORT

Lernen von der Natur

Mit dem dritten Band „Leichtbau“ wird die Buchreihe unter dem Motto „Frag' die Natur“ fortgesetzt. 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 Aufnahme 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.

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
- und 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

*Viel Spaß beim Lesen,
Forschen und Experimentieren.*

1

EINLEITUNG

Die Vielfalt der Natur

Muschel- und Schneckenschalen, Faltwerke von Insektenflügeln und Palmblättern, Fruchthüllen sowie vielfältige Profilformen von Knochen und Pflanzenstängeln begegnen uns in der lebenden Natur auf Schritt und Tritt. Bei Spaziergängen in der Natur entdecken wir beim aufmerksamen Beobachten die einmalige Schönheit, Vielgestaltigkeit und Leistungsfähigkeit von Pflanzen und Tieren. Der auf den ersten Blick unscheinbare Käfer am Wegesrand, der im Wind sanft schaukelnde Grashalm, die feinen waagrecht abstehenden Faltflügel der Libelle – sie alle können uns interessante Anregungen für technisches Gestalten liefern. So verfügt der Chitinpanzer des Käfers aufgrund seiner Sandwichbauweise über enorme Stabilität bei geringem Materialaufwand, der Grashalm durch seinen kegelstumpfförmigen Röhrenaufbau über hohe Knicksteifigkeit und der Libellenflügel biegt sich durch die Längsfaltung nicht durch.

Stabilität



Fähigkeit eines Systems (z. B. Getreidehalm) nach einer Störung durch äußere Einwirkungen (z. B. Sturm) wieder in den Ausgangszustand zurückzukehren (siehe auch Begriff: Elastizität).



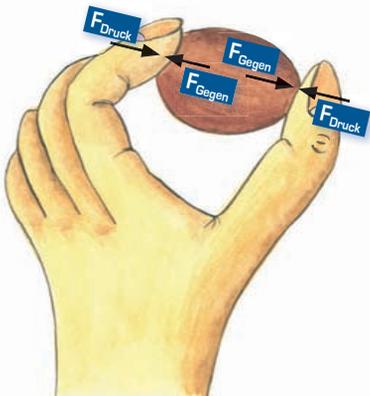
Bei genauerer Untersuchung könnte uns der Aufbau des Chitinpanzers Anregungen für den Leichtbau in der Technik liefern, der Grashalm für hohe Bauwerke, wie Türme und Sendemasten und das Faltnetz der Libellenflügel für selbsttragende Überdachungen.

Bleiben wir beim Grashalm. Er unterliegt bei Windbelastungen der Beanspruchung auf Biegung. Auch wenn wir uns auf das Fahrrad setzen, wird der Rahmen durch unser Körpergewicht der Biegung ausgesetzt. Grashalm und Fahrradrahmen, zwei unterschiedliche Konstruktionen aus Natur und Technik, widerstehen jedoch aufgrund ihres speziellen Aufbaues diesen Kräften bis zu einer gewissen Höchstbelastung, die durch die Stabilität des Aufbaues erreicht wird. Der Grundaufbau, das Rohr bzw. das Hohlprofil ist gegenüber Biegekräften widerstandsfähiger als ein massiver Stab gleicher Masse.

Ein Beispiel für eine stabile Konstruktion ist auch das Hühnerei. Nimmt man ein rohes Ei mit beiden Enden zwischen Daumen und Zeigefinger und versucht dieses zu zerdrücken, reicht die Kraft der menschlichen Hand nicht aus. Berechnungen haben nämlich ergeben, dass die Gestalt des Eies enorme Stabilität aufweist. Wird ein Ei in der Mitte getrennt, so erhält man zwei Schalenhälften. Beide Hälften zeigen das Bauprinzip von Kuppeln.

Dieses Bauprinzip ist in der Architektur eine häufig angewandte Bauweise bei Kirchen, Domen, Palästen und Kuppeln von Kernkraftwerken. Die Schalen von Kuppeln bestehen in der heutigen Zeit aus Beton und sind sehr stabil.

Stabilität des Hühnereies



Daher besitzen sie auch eine wesentlich größere Tragfähigkeit gegenüber einfachen Plattenkonstruktionen. Die naturnahe Kuppelform fügt sich als biologisches Design außerdem noch ansprechend in die Landschaft ein.

Aber das Ei in seiner meisterhaften Konstruktion ist nur ein Beispiel von unendlich vielen Bauweisen der lebenden Natur, von denen der Mensch lernen kann.

Doch Vorsicht – die Natur lässt sich nicht kopieren und ihre Konst-

Es gibt beispielsweise Schuppenstrukturen, Tapetenstrukturen, Kristallstrukturen, Hautstrukturen usw.

Als Struktur bezeichnet man allgemein eine Bauart, ein Gefüge oder eine Anordnung von Elementen, die ein Muster bilden. Also die Art und Weise, wie ein System aufgebaut, gegliedert und auch seine Oberfläche beschaffen ist.

raktionen lassen sich kaum nachbauen. Aus ganz bestimmten physikalischen Gründen, kann beispielsweise der schlanke Bau des Grashalmes nicht einfach vergrößert auf Türme und Wolkenkratzer übertragen werden.

BÄUME WACHSEN NICHT IN DEN HIMMEL

Jede Pflanze und jedes Tier hat einen bestimmten und begrenzten Bereich für seine Größe. Deshalb kann ein Eichhörnchen nicht so groß sein wie ein Rind, ein Nilpferd nicht so klein wie eine Maus und ein Getreidehalm nicht so hoch wie eine Pappel sein. Auch ist es unmöglich einen Getreidehalm zu finden, der so hoch ist wie ein Fernsehturm. Ameisen können das Vielfache ihres Körpergewichtes tragen. Das kann man beobachten, wenn eine Ameise eine fette Raupe durch die Gegend transportiert. Wir Menschen können kaum mehr tragen als unser eigenes Gewicht ausmacht. Auch Flugzeuge können nur ungefähr so viel transportieren, wie sie selbst wiegen.

Warum überträgt man nicht einfach den Körperbau von solchen kleinen Insekten, wie Ameisen, auf größere Erzeugnisse der Technik? Das geht überhaupt nicht, denn entscheidend dabei ist die Beachtung physikalischer Gesetze. Die Natur mit all ihren lebenden Konstruktionen lässt sich nicht 1:1 in die Welt der Technik übertragen. In Natur und Technik herrschen andere Größenverhältnisse, es gibt unterschiedliche Materialien und die Bedingungen der Umwelt sind oft auch anders.

Schauen wir uns einmal unterschiedlich große Tiere an, wie Nilpferd und Maus. Das große Nilpferd ist gegenüber dem kleinen, zierlichen Nager sehr plump gebaut, hat kurze dicke Beine und einen großen Rumpf. Es ist dabei keineswegs ein nur maßstäblich vergrößertes Modell der kleinen Maus.

Im Märchen vom tapferen Schneiderlein ist die rein maßstäbliche Vergrößerung des Menschen im Riesen zu finden. Ist so ein gewaltiger Riese denn überhaupt lebensfähig? Kann er sich überhaupt bewegen? Im Märchen der Gebrüder Grimm ist das möglich.

Das kleine Schneiderlein und der Riese sind zwar gleich gebaut, aber der Riese ist um den Faktor 3 größer. Nehmen wir für das tapfere Schneiderlein großzügig eine Masse von 70 Kilogramm an, dann müsste sich dagegen der Riese mit einer Masse von 1,89 Tonnen bewegen. Ziemlich schwer für das Knochengerüst des Riesen. Es ist aber erwiesen, dass die Festigkeit des Knochengerüsts nur proportional der Querschnittsfläche der einzelnen Knochen ist. Das Knochengerüst



des Riesen würde unter dieser Last zusammenbrechen, wenn er sich bewegen würde. Da die Querschnittsfläche des Oberschenkelknochens des Riesen im Vergleich mit dem des Schneidersleins zwar 30-mal größer ist und somit eine 30-fach höhere Tragfähigkeit aufweist, muss er aber auch eine 300-fach höhere Belastung aushalten. Auf 1 Quadratzentimeter würde der Riesenknochen dreimal so stark belastet wie 1 Quadratzentimeter des Menschenknochens.

Die Verhältnisse des Wachstums von Fläche, Volumen und Länge lassen sich anschaulich an einem Würfel verdeutlichen. Die Oberfläche des Würfels wächst um das Vierfache, sein Volumen und damit seine Masse sogar um das Achtfache – und das nur, wenn man lediglich seine Kantenlänge verdoppelt. Beim Riesen haben wir also festgestellt, dass bei seinen großen Abmessungen das Körpervolumen sehr schnell wächst und damit natürlich auch sein Gewicht.

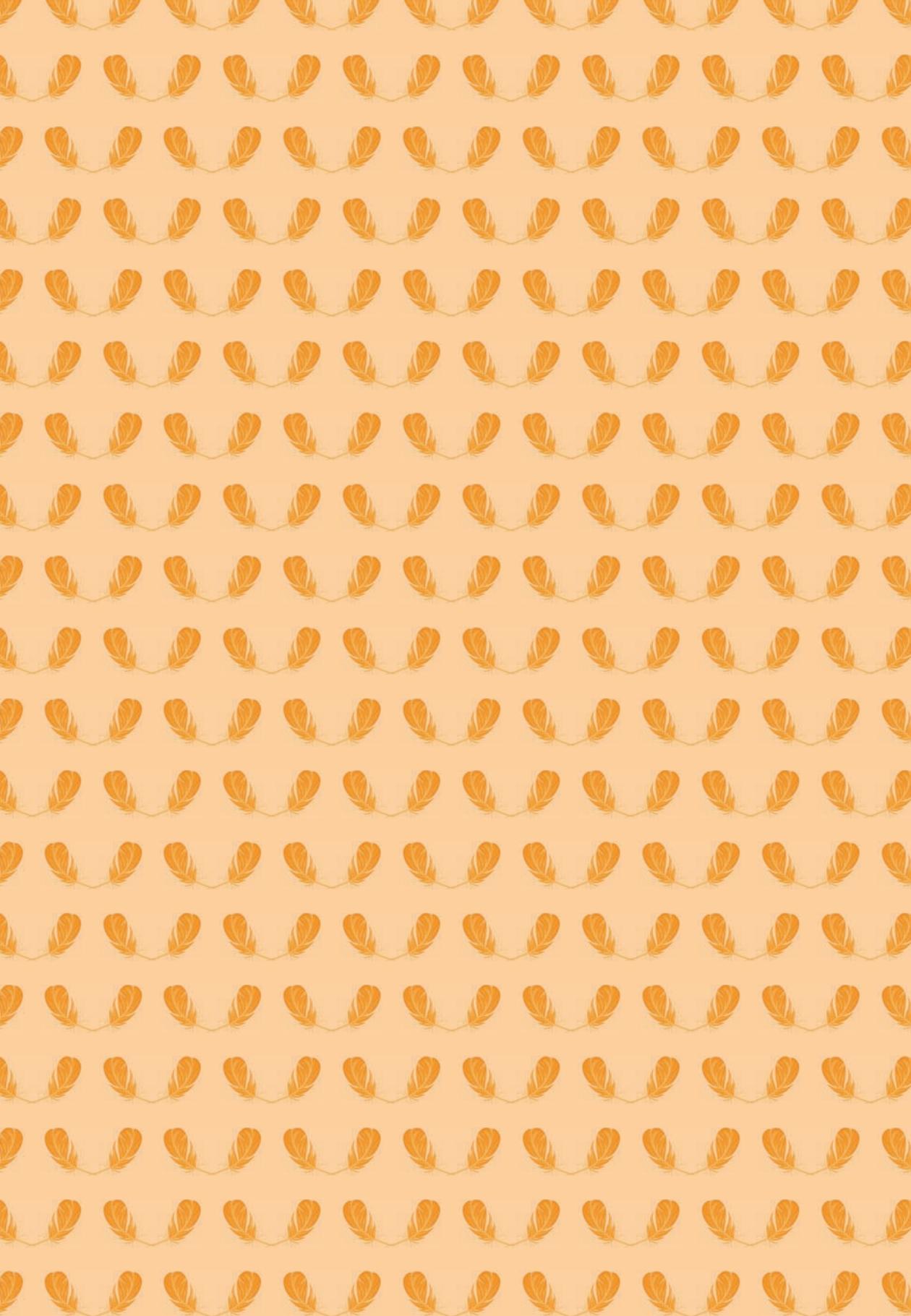
Nun wissen wir auch, warum Bäume nicht in den Himmel wachsen und man Ameisen nicht einfach vergrößern kann. Das hat schon Galileo Galilei (1564–1642) durch Berechnungen

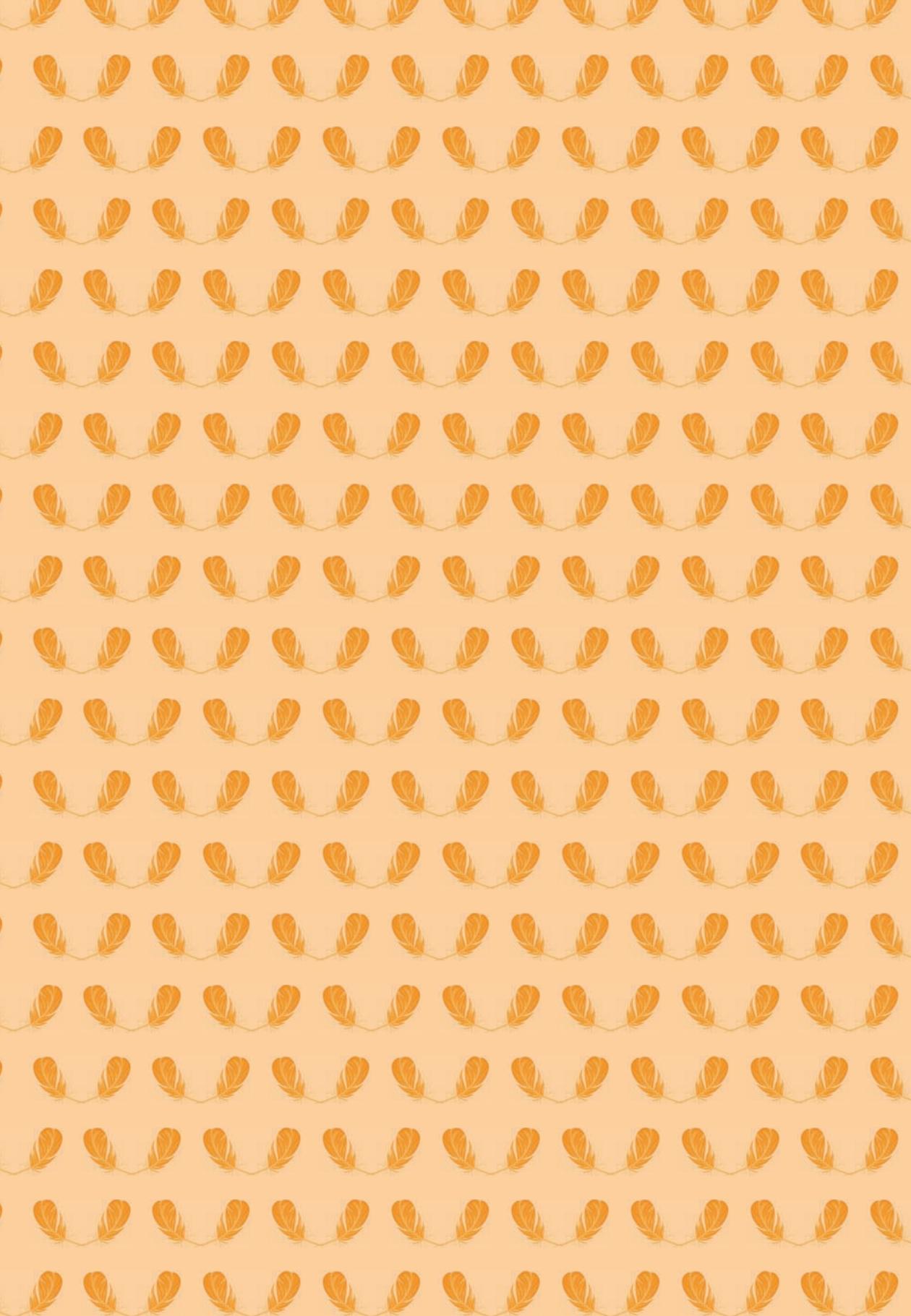
festgestellt. Urwaldriesen können Höhen von fast 100 Metern erreichen. Mammutbäume sogar 120 Meter. Höher geht nicht, da sie dann viel zu schwer werden würden. Dadurch könnten sie sich nicht mehr halten. Diese Tatsache gilt auch für alle Bauwerke, wie Wolkenkratzer und Fernsehtürme. Auch die größten auf der Erde lebenden Tiere, wie früher die Dinosaurier und heute die Wale und Elefanten, hatten und haben ihre Maximalgröße erreicht. Größer geht nicht, denn die Naturgesetze lassen das nicht zu.

Es geht nicht darum, naturgetreue Kopien von Lebewesen anzufertigen und sie dann in die Technik zu übertragen. Aber was von der Natur übertragbar ist, sind die vielen Gestaltungsanregungen und Prinzipien, die wir in kreativer Weise nutzen können. Die Natur zeigt uns an vielen Beispielen, wie leistungsfähig ihre Strukturen und Mechanismen sind, und das bei geringstem Material- und Energieeinsatz. Es lassen sich noch viele Leichtbauprinzipien bei Pflanzen und Tieren entdecken und nach ihrem Vorbild Material sparende Konstruktionen entwickeln.

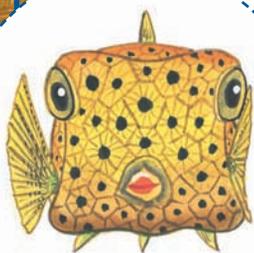
Wir können diese Prinzipien aufdecken und mit unseren kreativen Fähigkeiten so weiterentwickeln, dass daraus neue technische Lösungsmöglichkeiten für den Leichtbau entstehen.

Dieser Band zeigt, wie man von den natürlichen Leichtbauprinzipien lernen kann – die dabei dargestellten Methoden helfen bei der Entschlüsselung der Naturgeheimnisse und ihrer Übertragung in die Technik.





Der dritte Band der Reihe stellt die Leichtbauprinzipien der Natur vor und gibt darüber Auskunft, wie bei biologischen Konstruktionen mit einem Minimum an Biomaterial ein Maximum an Stabilität erreicht werden kann. Vorgestellt werden dabei unter anderem natürliche Leichtbauprofile, Prinzipien der Verbundstabilisierung sowie interessante Faltprinzipien und ihre technischen Anwendungen. Methoden des Forschens, Entdeckens und Erfindens fördern am Leseinhalt die eigene Kreativität und regen zum Konstruieren, Basteln und Bauen einfacher Modelle an. Mit Hilfe spannender Experimente zum Leichtbau können die angefertigten Modelle getestet und selbstständig Erkenntnisse gewonnen werden.



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 575322

Knabe Verlag Weimar