



BAND 2

Bernd Hill

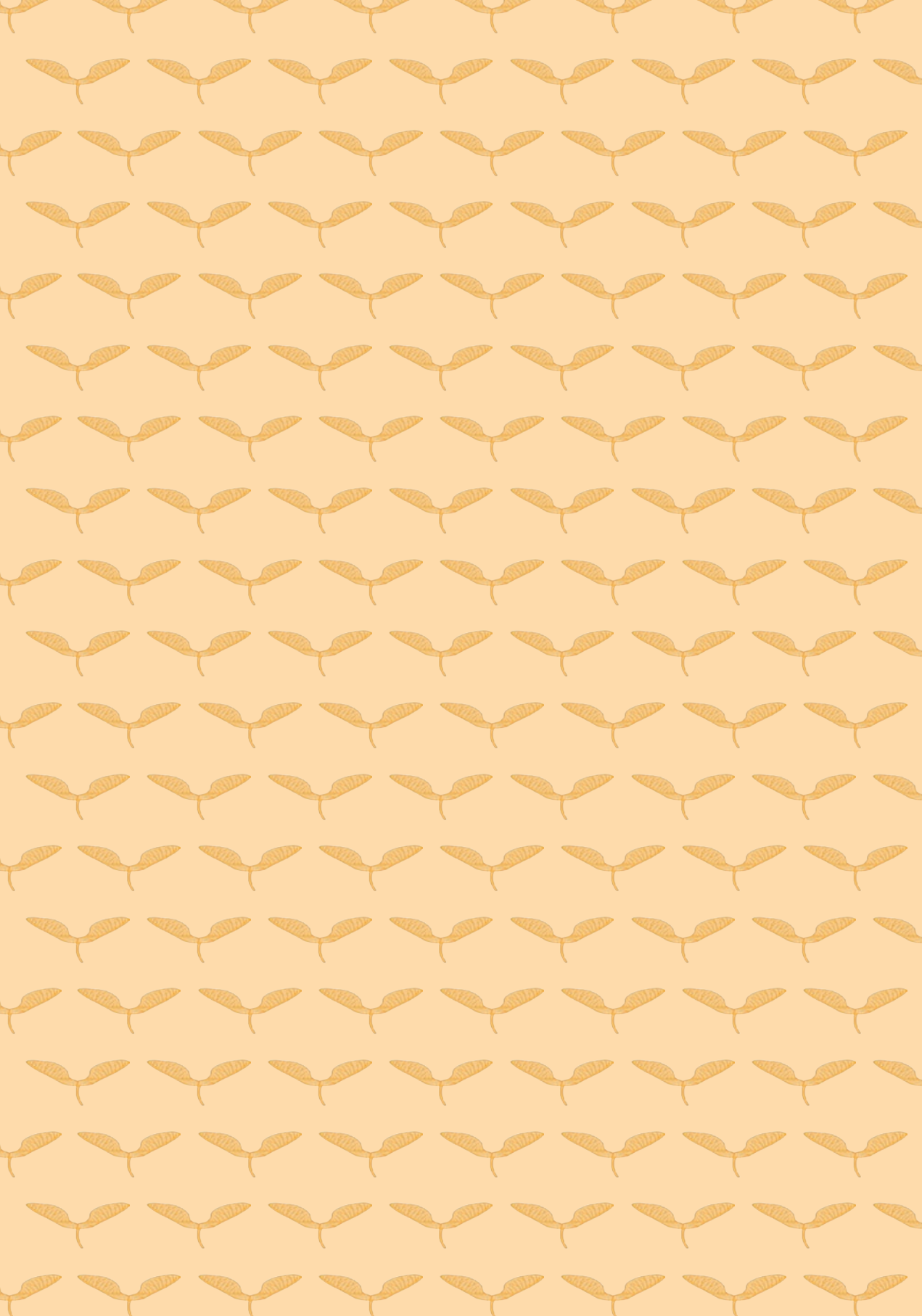
# BIONIK

VON FLUGFRÜCHTEN ABGESCHAUT



Knabe Verlag Weimar





**Bernd Hill**

# **BIONIK**

**VON FLUGFRÜCHTEN ABGESCHAUT**

**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. Bernd Hill

*Fotos* Seite 29: H Berends@www.sxc.hu; Seite 43: lockstockb@www.sxc.hu

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

1. Auflage März 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 978-3-944575-31-5  
www.knabe-verlag.de

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	5
<b>1</b> Einleitung .....	7
<b>2</b> Von Samen und Früchten lernen .....	9
<b>3</b> Windverbreitung von Samen und Früchten .....	27
<b>4</b> Aerodynamische Grundlagen .....	30
<b>5</b> Flugfrüchte und Flugsamen erforschen .....	44
<b>6</b> Flugmodelle nach Vorbildern der Natur erfinden .....	68
Literaturverzeichnis .....	86
Arbeitsblatt 1: Ahornfrüchte – Schraubenflieger der Natur .....	89
Arbeitsblatt 2: Aufbau einer Löwenzahnfrucht (I) .....	90
Arbeitsblatt 3: Aufbau einer Löwenzahnfrucht (II) .....	91
Arbeitsblatt 4: Die Wirkung der V-Form .....	92
Arbeitsblatt 5: Die Luftschraube .....	93
Arbeitsblatt 6: Helikoptermodelle .....	94
Register .....	95

# 1

## EINLEITUNG

Jeder kennt die Pusteblume, den Löwenzahn, und erfreut sich daran, die Früchte weg zu blasen. Dabei ist es ein Erlebnis zu sehen, wie der Wind lautlos die fein gestaltete, fast zerbrechlich wirkende Frucht davon trägt. Ein Wunder! Nur selten jedoch nehmen wir die Frucht in ihrer Ganzheit wahr, sehen nicht die filigrane Konstruktion des Schirmchens und das mit vielen kleinen Widerhäkchen besetzte Samenkorn.

Wir sagen fast ausnahmslos, dass die Früchte ausgefallen sind und entdecken kaum die Wunder des stabilen Schwebefluges. Oft bleiben uns die erstaunlichen und originellen „Erfindungen“ der Natur verborgen, weil wir sie nur unzureichend wahrnehmen. Wir können aber der Natur so manch Interessantes abschauen, von all ihren Erfindungen, die sie im Laufe von Jahrmillionen während Entwicklungsprozessen hervor gebracht hat.

Die lebende Natur ist eine unerschöpfliche Quelle für technische Erfindungen und andere Problemlösungen. Von unserer Aufnahmebereitschaft



Löwenzahn und seine Fallschirmfrüchte

und Kreativität hängt es ab, ob wir Anregungen für Lösungen finden, die wir brauchen.

Schon bei einem Spaziergang kann die Natur zahlreiche Vorbilder für Lösungsmöglichkeiten zur Auswahl bieten. Zielgerichtete Streifzüge und Exkursionen in der Natur eröffnen neue Perspektiven in Bezug auf ein zu lösendes Problem und begünstigen die Erzeugung von Lösungsideen, auf die wir zu Hause oder am Arbeitsplatz nie kommen würden.

Mit Flugsamen und -früchten können allerlei aufschlussreiche Experimente durchgeführt werden, um die Prinzipien des Gleit-, Schrauben- und Schirmfluges zu verstehen. Faszinierend ist es auch, von den verschiedenen Flugsamen und -früchten funktionsfähige Flugmodelle abzuleiten. Dabei fördert das Basteln handwerkliches Geschick im Umgang mit Werkzeugen und den unterschiedlichen Materialien. Hierbei sind der Fantasie und kreativen Neugier keinerlei Grenzen gesetzt. So besteht beispielsweise die Möglichkeit, Flugsamen und -früchte mit den verschiedensten Materialien nachzubauen oder neuartige Flugmodelle zu erfinden. Die Freude und der Stolz an selbst entwickelten und selbst hergestellten Flugmodellen, die auch richtig funktionieren, können zu einer Quelle weiterer eigener Entdeckungen und Erfindungen führen.

Die Baupläne der Natur in Form von Konstruktionen zu Flugsamen und -früchten dienen so als Denkanregung für die Entwicklung neuer Formen und Modelle. Untersuchungen des Aufbaus und der Funktion von Windverbreitungskonstruktionen können die eigenen gestalterischen Fähigkeiten und Fertigkeiten beflügeln und dazu verhelfen, tiefer in die Grundlagen des Fliegens einzudringen. Vielleicht werden auch durch die Untersuchung von pflanzlichen Flugobjekten gänzlich ausgefallene Ideen für Neukonstruktionen entstehen?

Das Buch zeigt u. a., wie durch die systematische und zielgerichtete Nutzung von Entdeckungs- und Erfindungsmethoden die Kreativität bei der Entwicklung von Flugobjekten nach Naturvorbildern entfaltet und sogar gesteigert werden kann. Begeben wir uns auf die Suche nach dem immer wieder aufs Neue faszinierenden und spannenden Abenteuer des Fliegens und lernen bewusst vom „Einfallsreichtum“ und „Know-how“ der lebenden Natur.





# 2

## VON SAMEN UND FRÜCHTEN LERNEN

### Transport durch den Wind

Jeden Frühling bedeckt ein Meer goldgelber Löwenzahnblüten die sattgrünen Wiesen, die später ihre Samen mit Fallschirmen durch den Wind auf die Reise schicken. Auf dem Fruchtboden einer Löwenzahnpflanze können bis zu 400 Schirmflieger Platz haben. Macht man sich die Mühe und zählt die Anzahl der Haare eines Schirmfliegers, so gelangt man auf eine solche von 120.

Mit Löwenzahnfrüchten wurden interessante Flugversuche durchgeführt. Man hat dabei festgestellt, dass ein Schirmflieger etwa 5 Kilometer weit fliegt. Von 100 Schirmfliegern flog einer 10 Kilometer und von 1.000 einer 13 Kilometer weit. 10.000 Schirmflieger mussten jedoch gestartet werden, um einen mit einer Flugweite von mehr als 18 Kilometer zu finden. Durch die Windverbreitung, weit von der Mutterpflanze entfernt, werden viele Nachkommen auf die Reise geschickt. So kann das Überleben der Art gesichert und dabei Konkurrenz um Nahrung und Raum vermieden werden. In der Natur sind viele unterschiedliche Lösungen für das Problem der Oberflächenvergrößerung zur Erhöhung des Luftwiderstandes zu finden. Dieses, im Laufe der Evolution bewährte Konstruktionsprinzip, wird in einer riesengroßen Anzahl von Lösungsvarianten erprobt. So gibt es Varianten wie, Flügel, Schirme, Haarfortsätze und auch Ballone.

Interessant sind auch die Schirmflieger des Weidenröschens. Bevor sie vom Wind fort getragen werden, befinden sie sich in einer etwa 7 Zentimeter großen,



schotenförmigen Samenkapsel. Bis zu 200 Schirmchen mit ihren Samen sind darin enthalten.

Wir sind fasziniert, wie sie trotz ihres feingliedrigen und zarten Aufbaus einen stabilen Schwebeflug ausführen. Auch die Schraubenflieger des Ahorns und die der Esche sowie die Gleitflieger von Birke, Erle und Ulme faszinieren durch ihre hervorragenden Flugeigenschaften.

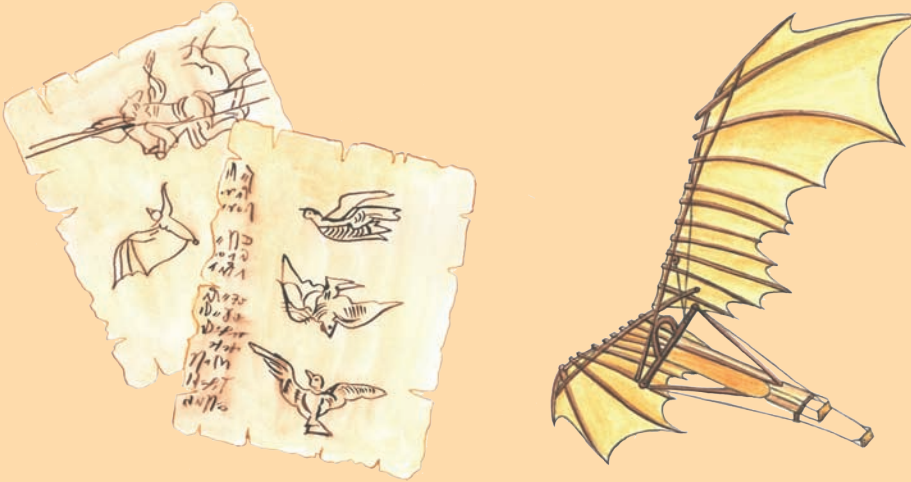
Die Natur zeigt zur Verbreitung von Samen und Früchten enorme Leistungsfähigkeit.

Mit Staunen erfahren wir, dass solche Leichtgewichte wie Körnchenflieger, die weder Flügel noch Haare aufweisen, vom Wind viele Kilometer transportiert werden. Ihre Chance, möglichst weit vom Wind mitgenommen zu werden, wird durch den geringen Umfang und das geringe Gewicht erreicht. Rekordhalter unter den Körnchenfliegern ist das Sumpferzblatt, dessen Samen 0,0003 Gramm wiegt. Blasenflieger, die von einer ballonartigen Hülle umgeben sind, können 100 Kilometer und mehr durch die Luft bewegt werden. Ein Vertreter der Blasenflieger ist die Große Händelwurz mit einem Gewicht von nur 0,000008 Gramm. Ist es nicht auch wie ein Wunder, dass 2.000 Birkensamen gerade mal ein Gramm wiegen?

Die Sehnsucht des Menschen, die Lüfte zu erobern, führte bei dem Universalgenie Leonardo da Vinci im 15. Jahrhundert zur Konstruktion unterschiedlicher Flugapparate.

Flugfrüchte und im Wind gleitende Blätter regten ihn zur Skizzierung von Gleitflugapparaten, Fallschirmen und sogar zu Hubschraubern an. Wer hätte je gedacht, dass Leonardo da Vinci schon vor 500 Jahren solche technischen Wunderwerke entwarf? Er war der festen Überzeugung, „dass der Mensch mit seinen Vorrichtungen und großen Flügeln, indem er gegen den Luftwiderstand anarbeitet, sieghaft seiner Herr werden und sich sicher in die Luft erheben wird.“ Mit dieser Begeisterung begann Leonardo mit Naturstudien. Zielgerichtet und systematisch nutzte er die lebende Natur, um Anregungen für die Lösung von

## Leonardos Skizzen mit Naturstudien und davon abgeleitete Flugapparate



Flugproblemen zu finden. Die Natur war für ihn stets Vorbild, wie es auch seine künstlerischen Studien beweisen. Ausgangspunkt war zunächst die Beobachtung von Flugfrüchten und Blättern. Er untersuchte deren Aufbau, experimentierte und gelangte zu prinzipiellen physikalischen Erscheinungen. Er fertigte Zeichnungen von seinen Fluggeräten an. Für das Experimentieren baute er mit Ausdauer und Beharrlichkeit Messgeräte für das Ermitteln von Windstärke und Windrichtung. Bei seinen Experimenten erkannte Leonardo gleiche Strömungsgesetzmäßigkeiten bei Wasser und Wind. In diesem Zusammenhang formulierte er: „Die Wissenschaft der Winde erkennen wir an Hand der Bewegungen des Wassers, und eine solche Wissenschaft gibt uns den Maßstab für das Verhalten von Flugkörpern in Luft und Wind.“

Leonardo stellte fest, dass Winde, nach Art der Strömungen in den Flüssen, Strudel und Wirbel bilden. Sie haben daher gleiche dynamische Gesetzmäßigkeiten, deren Kenntnis die wahre Beherrschung der Luft ermöglicht. Fallschirm, Helikopter und Gleitflugzeug sind daher einige von vielen Ergebnissen seines tiefen Naturverständnisses und seiner ausgeprägten Erfindungsgabe.

# Die Erfindung des Fallschirmes



Im Jahre 1495 erfand Leonardo den Fallschirm. Leonardo hielt sich zu dieser Zeit in Florenz auf. Man hatte ihn als Berater für den Bau des großen Versammlungssaales im Palazzo Vecchio herangezogen. Nebenbei beschäftigte sich der wissbegierige Leonardo mit der Erfindung einer technischen Lösung zum Absprung aus größeren Höhen, ohne dabei Knochenbrüche und andere Verletzungen zu erleiden. Die Frage, wie man von Gebäuden springen kann, ohne sich zu verletzen, erforderte ein wirksames technisches Gerät. Aber wie sollte es aussehen und funktionieren?



Dieses Problem müsste sich doch auf irgend eine Art lösen lassen. Leonardo überlegte ...



Leonardo fragte sich, ob es ähnliche Lösungen gibt, bei denen Gegenstände aus Höhen ohne Schaden unten angelangten. Er orientierte sich dabei an den Lösungen aus der Natur, wie die Fallschirmfrüchte des Löwenzahns, solche von Disteln und gleitenden Blättern im Wind.



Leonardo zeichnete und beschrieb deren Aufbau. Dabei erkannte er, das Prinzip des langsamen Sinkens durch den Luftwiderstand. „Eine größere Fläche erzeugt genügend Luftwiderstand, um langsam zu Boden zu sinken ...“ Vom Haarschirm der Löwenzahnfrucht leitete er entsprechende Lösungen ab und beschrieb ihre Wirkung im Luftstrom.



Vom Bild der Löwenzahnfrucht entstand so durch Veränderung ihrer Merkmale die Lösung des Fallschirms.



Leonardo fertigte aus Pergament kleinere Modelle an und überprüfte deren Verhalten beim Sinken.

Den Fallschirm soll Leonardo durch die Beobachtung der in der Luft sanft zu Boden schwebenden Löwenzahnfrucht entwickelt haben. Er wollte damit das Problem lösen, wie ein Mensch einen Sturz aus einer Höhe überleben könnte. Durch Untersuchung des Fruchtaufbaus und durch Experimentieren erkannte er die Funktion der einzelnen Teile, auch Elemente genannt.

Dabei kopierte Leonardo nicht die Löwenzahnfrucht, sondern setzte das ihr zugrunde liegende Prinzip in diejenigen Größenverhältnisse und Materialien um, damit ein Mensch gefahrlos zu Boden sinken konnte. Sein Fallschirm hatte die Gestalt einer Pyramide.

So folgerte er: „Wenn ein Mensch einen Pavillon [gemeint ist hier: Fallschirm] aus dichter Leinwand hat, 12 Ellen breit und 12 hoch, wird er sich aus jeder Höhe herunter werfen können, ohne Schaden zu nehmen.“

Elle 

**Die Elle ist eine alte Längenmaßeinheit. Sie wurde ursprünglich von der Länge des Unterarmes abgeleitet. Damit ist der Abstand zwischen Ellbogen und Mittelfingerspitze eines ausgewachsenen mittelgroßen Mannes gemeint. Die Elle hat eine Länge von etwas über einen halben Meter.**

In der Fallschirmspitze brachte er eine nach unten führende Stange an, um die Stabilität des Schirmes zu erhöhen und die Halteleinen zu befestigen.

Um 1500 entwarf Leonardo auch einen Helikopter. Dieser Flugapparat bestand aus einer spiralförmigen Luftschaube, die sich durch Ziehen von Schnüren bewegen ließ. Angeblich hatten ihn die spiralförmigen Früchte des Schneckenkrees dazu angeregt. Das Spiralschraubenprinzip entwickelte schon Archimedes von Syrakus (285–212 v. Chr.), ein griechischer Gelehrter und Erfinder. Er erfand eine technische Lösung zur Bewässerung von Feldern mit Hilfe einer Wasserschnecke, die auch „Archimedische Schraube“ genannt wurde.

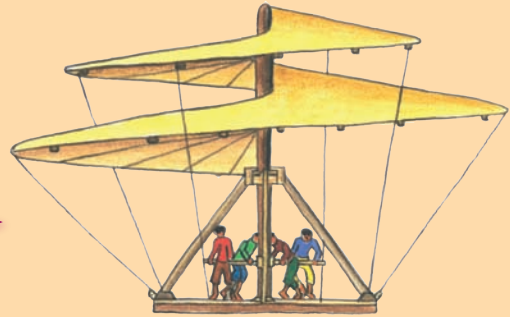
Leonardos Helikopter drehte sich mit der Spiralschraube in die Luft hinein, ähnlich wie eine Schraube immer tiefer in das Holz eindringt. Diese Schraube wurde mit einer Schnur in schnelle Bewegung versetzt, so dass sie wie ein horizontal positionierter Propeller in die Luft ging. Die Spiralschraube hatte einen



## Vom Schneckenklee zum Hubschrauber



Flugfrucht des Schneckenklee



Luftschrauber

Radius von 4,80 Metern, war mit Leinentuch bespannt und besaß einen metallverstärkten Rand zur Stabilisierung.

Leonardo beschrieb sie so: „Wenn dieses schraubenförmige Instrument gut gemacht ist, nämlich aus Leinwand, deren Poren mit Stärkekleister gedichtet sind, und wenn es dann schnell gedreht wird, so wird diese Schraube sich in der Luft empor schrauben und aufsteigen.“

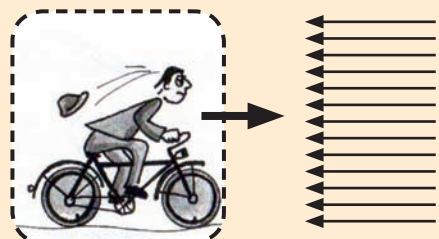
Da Leonardo sich auch mit den Strömungseigenschaften des Wassers befasste und von der Archimedischen Schraube wusste, könnte er deren Aufbau auch mit in die Vorüberlegungen einbezogen haben. Die Ähnlichkeiten in der konstruktiven



### Luftwiderstand

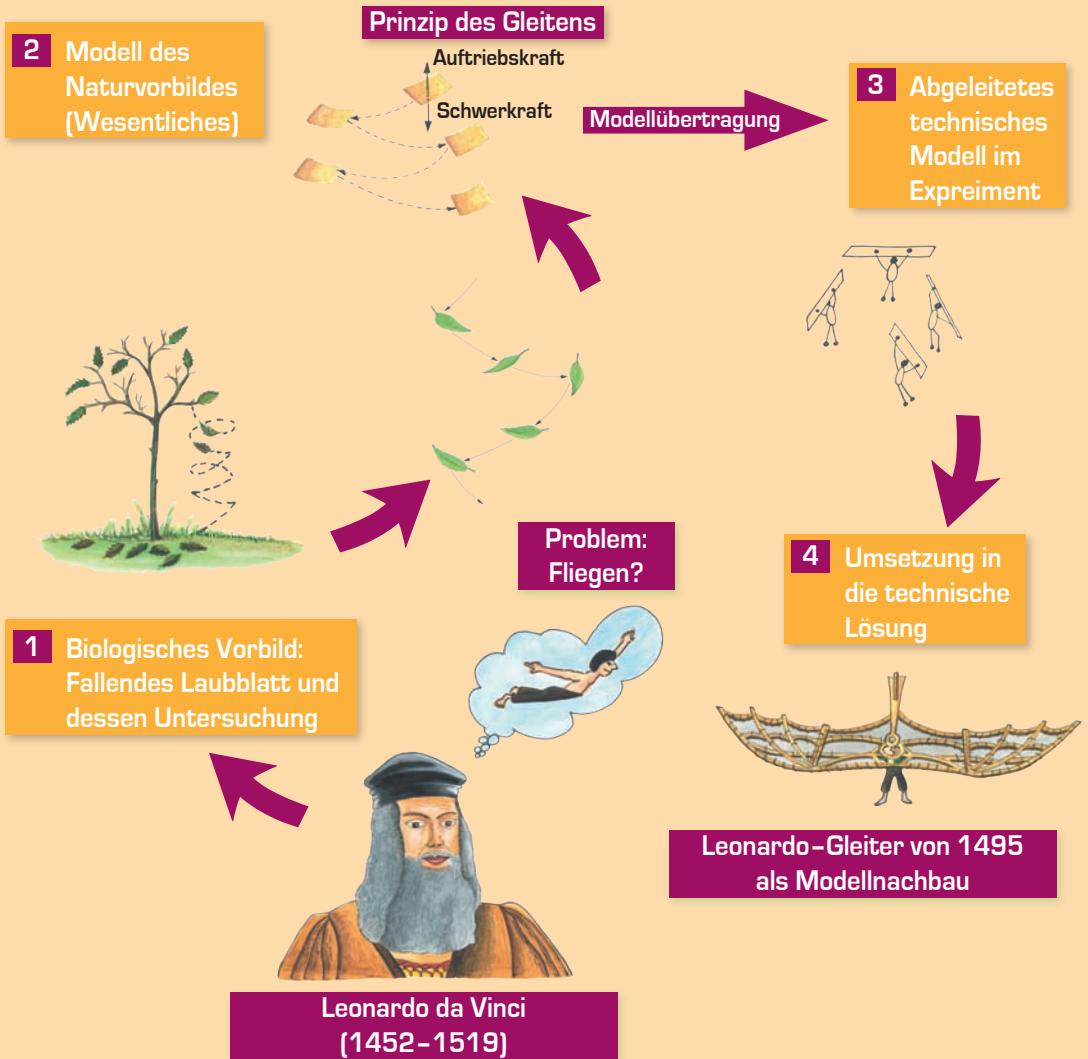
Eine der Bewegungsrichtung entgegen wirkende Kraft, die von der Geschwindigkeit des bewegten Körpers, seiner Gestalt und Oberflächenbeschaffenheit abhängt.

Je schneller der Radfahrer fährt, umso höher ist der Luftwiderstand.



Gestalt von Schneckenklee, Archimedischer Schraube und Helikopter sprechen für sich. Beim Entwurf des Gleitflugzeuges ist jedoch sicher, dass Leonardo Studien an Blättern im Gleitflug durchführte. Prinzipielle Gleitflugversuche stellte er dazu mit Papierbögen an. Leonardo wurde dadurch klar, dass der Luftwiderstand von der Größe der angeströmten Fläche abhing.

## Leonardos Denk- und Handlungsprozess



Für sein Gleitflugzeug existiert jedoch keine Zeichnung, aber in seinen Abhandlungen eine genaue Beschreibung. Als Herstellungsmaterialien sollten Bambusrohr und Leinwand verwendet werden. Unter den mit einer Spannweite von 10 Meter großen Flügel wurde ein Rohr hängend angebracht, in dem der Luftschiffer liegend Platz haben sollte. Leonardo erkannte außerdem, dass bei der Konstruktion des Fluggerätes der Luftwiderstand gering gehalten und bei der von Fallschirmen dagegenen möglichst groß sein muss, um langsam zu sinken.

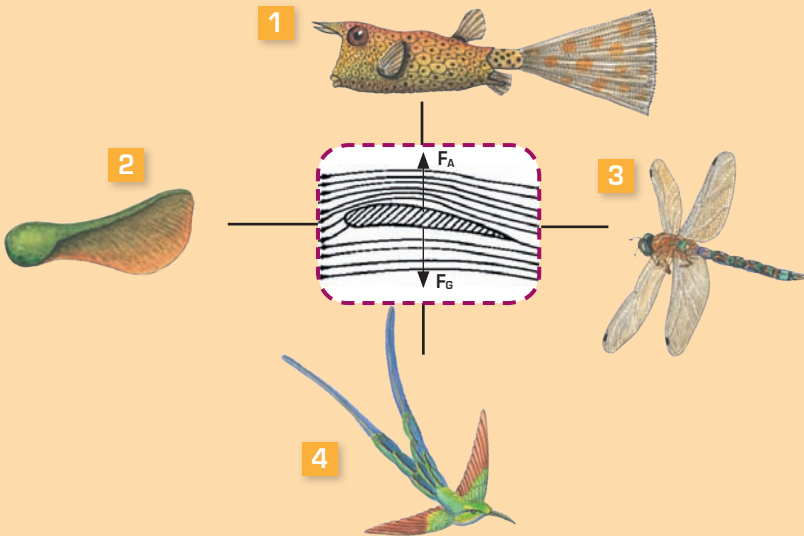
Leonardo war durch seine Erfindungen und Entdeckungen seiner Zeit weit voraus.

Seine Denk- und Handlungsweise ist für das bionische Vorgehen typisch: Vom Vorbild der Natur zum Prinzip und von da aus zur technischen Lösung.

Leonardo drang durch seine Forschungen, gepaart mit wissenschaftlicher Neugier in die Geheimnisse der Natur und des Fliegens ein. Es gelang ihm aber in seiner Zeit nicht, daraus eine umfassende Theorie zu entwickeln.

In unserer Zeit wurden einige Flugapparate von da Vinci nach seinen Vorlagen nachgebaut. Einige funktionierten, andere wiederum nicht.

### Prinzip des Strömungsprofils

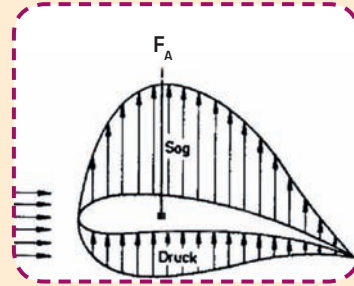


Prinzip des Strömungsprofils im Querschnitt der Brustflosse des Kofferfisches **1**, des Flügels der Ahornfrucht **2** sowie des Libellen- **3** und Kolibriflügels **4**.

**F<sub>A</sub>** Auftriebskraft  
**F<sub>G</sub>** Gewichtskraft



Als Auftrieb wird allgemein das Emporsteigen eines Körpers entgegen der Schwerkraft durch Druckunterschiede an seiner Ober- und Unterseite bezeichnet. So herrscht infolge der hohen Strömungsgeschwindigkeit an der Oberseite des Flügels ein Unterdruck (Sog) und an der Unterseite ein Überdruck. Diese Druckunterschiede ergeben den Auftrieb  $F_A$ .



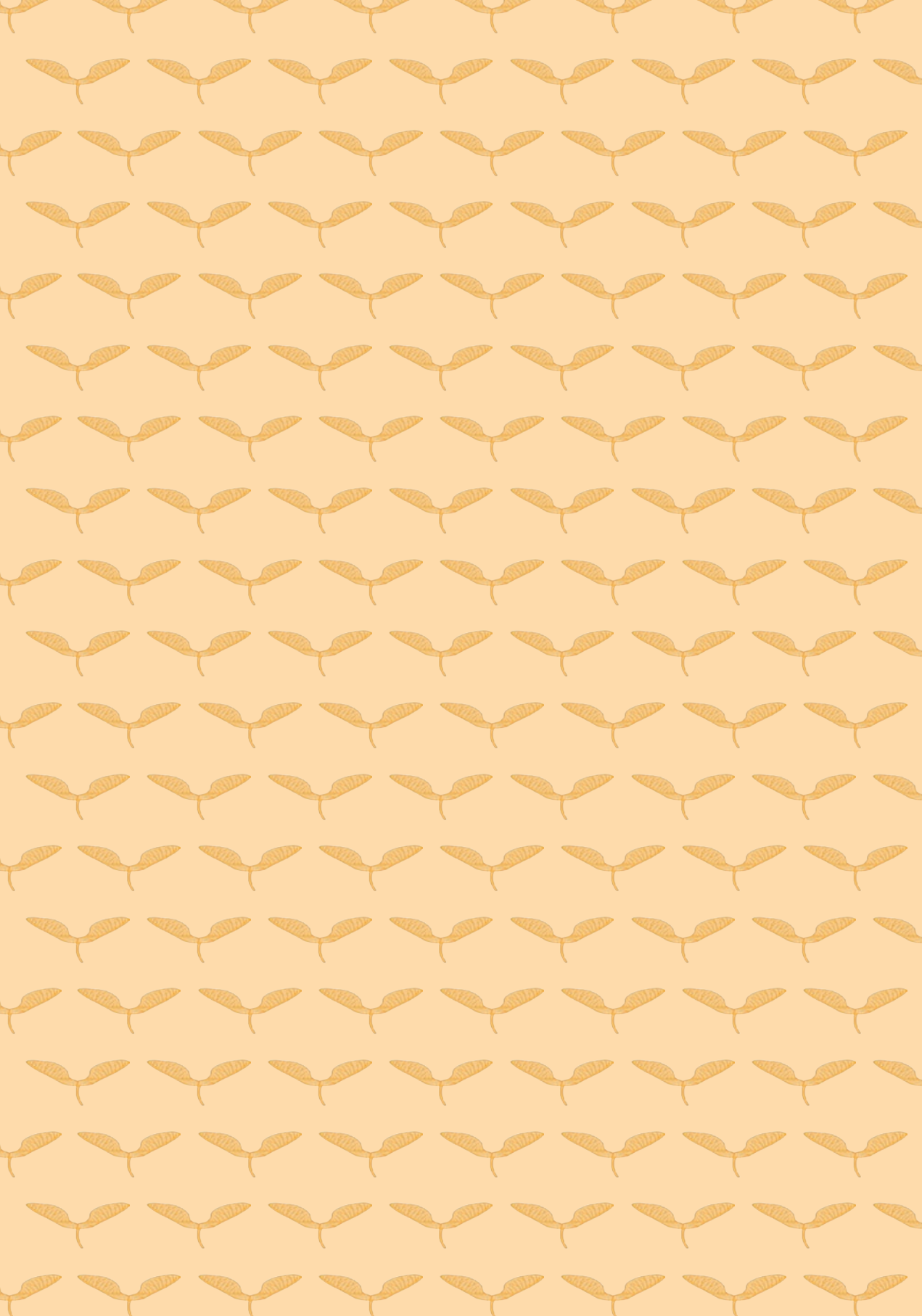
Viele Probleme, an denen Flugzeugkonstrukteure und Ingenieure heute arbeiten und nach Lösungen suchen, hat die Natur längst mit Erfolg auf ihre Weise gelöst. Als der menschliche Erfindergeist Gleitflugzeuge und Hubschrauber entwickelte und baute, existierten diese schon seit Jahrmillionen in Form von Flugsamen und Flugfrüchten in der Natur.

In den Forschungs- und Entwicklungsabteilungen der Flugzeugindustrie könnte eine Menge Entwicklungsaufwand gespart werden, würden die Konstrukteure und Ingenieure die lebende Natur noch systematischer und zielgerichteter als Ideenquelle nutzen.

Sie können dabei von der Tatsache ausgehen, dass trotz unterschiedlicher Größenverhältnisse und Materialien in Natur und Technik, doch die gleichen Kräfte wirken. Dadurch ist es nicht verwunderlich, dass unterschiedliche Arten von Tieren und Pflanzen einen ähnlichen Aufbau aufweisen. So finden wir beispielsweise an Flossen und Flügeln, zur Fortbewegung in den Bereichen Wasser und Luft, eine verdickte Vorderkante, die das Querschnittsprofil bildet. Sie ist bei der Frucht des Löwenzahns, beim Vogelflügel, bei den meisten Insektenflügeln und sogar in den Brustflossen von Fischen und Meeressäugern vorhanden.

Alle diese Lebewesen können dadurch den Auftrieb in der Luft und im Wasser positiv beeinflussen, um die Wirkung der Schwerkraft zu überwinden. Beim Insektenflügel, der eigentlich eben ist, wird das Profil durch die Flügelfaltung in Längsrichtung und die anströmende Luft gebildet. Die Luft erzeugt in den Faltentälern des Flügels so genannte Wirbelwalzen, die das Flügelprofil bilden.





Mit Flugsamen und -früchten können allerlei aufschlussreiche Experimente durchgeführt werden, um die Prinzipien des Gleit-, Schrauben- und Schirmfluges zu verstehen. Mit dem zweiten Band „Flugfrüchte“ wird die neue Buchreihe BIONIK unter dem Motto „Frag' die Natur“ fortgesetzt. Er zeigt u. a., wie durch die systematische und zielgerichtete Nutzung von Entdeckungs- und Erfindungsmethoden die Kreativität bei der Entwicklung von Flugobjekten nach Naturvorbildern entfaltet und sogar gesteigert werden kann.

Begeben wir uns auf die Suche nach dem immer wieder aufs Neue faszinierenden und spannenden Abenteuer des Fliegens und lernen bewusst vom „Einfallsreichtum“ und „Know-how“ der lebenden Natur.



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 575315

Knabe Verlag Weimar