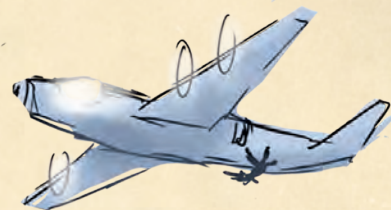


# SCHAU wie SCHLAU

Bionik: wenn Natur die Technik beflügelt





# SCHAU wie SCHLAU



**Bionik:** wenn Natur die Technik beflügelt

von Melanie Laibl  
mit Bildern von Lukas Vogl

# INHALTSVERZEICHNIS

## 6-7 WENN NATUR DIE TECHNIK BEFLÜGELT

Einleitung



### 10-11 BESCHWINGTE PILOTEN

Den Vögeln nachgesehelt

### 12-13 VIELFÄLTIGE FORMGEBER

Den Vögeln nachgebildet



### 16-17 ORGANISIERTE BAUMEISTERINNEN

Den Bienen und Wespen nachgeformt



### 18-19 ACHTBEINIGE SUPERHELDINNEN

Den Spinnen nachgewebt



### 22-23 COOLE TEAMARBEITERINNEN

Den Termiten nachgelüftet



### 26-27 FEINFÜHLIGE TIEFTAUCHER

Den Kraken und Perlobooten nachgetastet



### 28-29 FILIGRANE WUNDERWERKER

Den Kieselalgen und Strahlentierchen nachgezeichnet

## TIERE ALS BIONISCHE VORBILDER



### 14-15 LUFTIGE AKROBATEN

Den Fledermäusen und Flughörnchen nachgejagt



### 20-21 WAHRHAFT LEUCHTEN

Den Glühwürmchen nachgeblinkt



### 24-25 PFEILSCHNELLE SCHWIMMER

Den Haien nachgezischt

## PFLANZEN ALS BIONISCHE VORBILDER



### 32-33 GEFINKELTE LEBENSKÜNSTLERINNEN

Den Blättern und Blüten nachgerüstet



### 34-35 FLEISSIGE VERBREITERINNEN

Den Samen und Früchten nachgereist



### 36-37 STANDHAFTHE KRAFTPAKETE

Den Stämmen, Ästen und Halmen nachgestrebt



### 38-39 ZIELSTREBIGE VERSORGERINNEN

Den (Luft-)Wurzeln nachgespürt

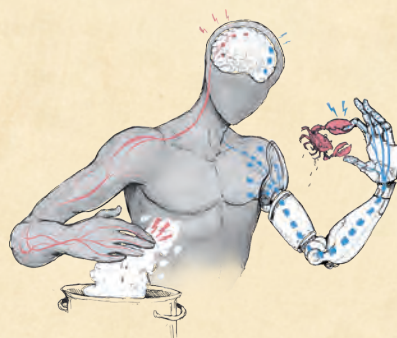
## KRISTALLE ALS BIONISCHE VORBILDER

### 42-43 BRILLANTE IDEENGEBER

Den Kristallen nachgeordnet



## MENSCHEN ALS BIONISCHE VORBILDER




### 46-47 MASSGESCHNEIDERTE DOPPELGÄNGER

Den Menschen nachgeeifert



48 REGISTER

# WENN NATUR DIE TECHNIK BEFLÜGELT

The illustration depicts a floating island with a deer, trees, and a brain. The island is a cross-section of a green landscape with a deer on top, trees, and a brain in the center. The background is a dark teal color with yellow lightning bolts. The text is centered on the island.

Die Natur ist eine begabte Erfinderin mit viel Geduld. Seit Jahrmillionen „baut“ sie an Tieren, Pflanzen, Kristallen und Menschen, um sie bestmöglich an die gerade herrschenden Bedingungen anzupassen. Dieses Tüfteln und Feilen führt zu jeweils perfekten Ergebnissen. Von ihnen kann die Technik lernen.

### Mit vereinten Kräften

Wenn die Natur etwas entwickelt, dann tut sie es nach denselben Spielregeln, die auch für die Technik gelten. Auf der Erde herrschen nun einmal bestimmte Gesetzmäßigkeiten wie physikalische Kräfte oder chemische Prozesse, die auf Lebewesen und Gegenstände einwirken. Darum lassen sich natürliche Lösungen, die beispielsweise zum Haften auf Oberflächen gefunden wurden (wie die Reibung oder Verhakung), grundsätzlich auf Erfindungen übertragen, die ebenfalls der Schwerkraft trotzen sollen. Genauso begehrt sind in der Bionik die Prinzipien „extrem stabil und gleichzeitig leicht“ oder „sehr schnell und trotzdem energiesparend“. Sie zeigen, wie man mit möglichst wenig (Material-)Aufwand möglichst gute Ergebnisse erzielt.



### Wer sucht, der erfindet

In der Bionik geht es nicht darum, bloß abzukupfern, was die Natur geschaffen hat. Es geht um ein Weiterdenken und Weiterentwickeln ihrer bewährten Abläufe und Prinzipien. Oft arbeiten Teams aus den unterschiedlichsten Bereichen gemeinsam an einer bionischen Entwicklung: von der Tier- und Pflanzenkunde über Medizin, Chemie und Physik bis hin zu Materialforschung, Architektur und Maschinenbau. Je mehr Leute ihre Köpfe zusammenstecken, desto mehr Geistesblitze gibt es.



Geckopfoten sind Kletterhilfen. Haftscheiben mit feinsten Widerhäkchen halten sie selbst auf spiegelglatten Flächen, als wären sie mit Superkleber fixiert.

### Bio-wie? Bio-wer? Bio-was?

Der Begriff „Bionik“ setzt sich aus zwei Wörtern zusammen. Aus Biologie (Lehre vom Leben) und Technik (handwerkliches Können).



### Bio trifft Nik

Ein Blick. Es macht „klick“.  
Sie schauen. Sie staunen.  
Ein Wunder! Ein Wow!  
So wird – tadaaa –  
aus den beiden ein Paar.

### Über den Tellerrand

Streng genommen holt sich die Bionik ihre Ideen aus der „belebten Natur“, also bei Tieren, Pflanzen und Menschen. Kristalle sind demnach keine klassischen Vorbilder für technische Entwicklungen, sie zählen zur unbelebten Natur. In den Augen der Expertin Vera Hammer stecken sie trotzdem voller spannender Möglichkeiten. Ihre regelmäßigen Strukturen lassen sich nämlich künstlich nach- und sogar ausbauen. Bionik im traditionellen Sinne ist das nicht – „Kristallonik“ aber durchaus.

ZWICK MICH, ICH GLAUBE, ICH TRÄUME!  
TRÄUME ICH? ZWICK MICH MAL!



Der Oberkiefer eines Ameisenlöwen und die Kombizange schauen sich zwar ziemlich ähnlich, doch bionisch ist da „nix“.

### Bionik oder Bio-nix?

Manche technischen Lösungen sehen aus wie direkte Kopien der Natur – obwohl sie das nicht sind. Vor allem menschgemachte Werkzeuge ähneln oft rein zufällig jenen aus der Tierwelt. Die Wissenschaft spricht hier von einer „Analogie“ (Ähnlichkeit). Gerade bei frühen Erfindungen ist die Grenze zwischen Bionik und „Bio-nix“ nicht immer klar zu ziehen.

Die vielfältigen Lösungen der Natur haben die Menschen schon immer fasziniert – vor allem dort, wo ihnen die Tiere überlegen waren. Heute helfen das gesammelte Wissen vieler Generationen und hochentwickelte Geräte beim Verstehen und Messen. Früher mussten dafür die Sinne genügen. Man forschte mit einem auf-

merksamen Blick, hellhörigen Ohren und einer neugierigen Nase. Die Ergebnisse wurden in Aufzeichnungen und Skizzen festgehalten. Ein wahrer „Beobachtungsschatz“ ist von Leonardo da Vinci erhalten. Er zeigt, dass die Menschen bereits vor hunderten Jahren mit ihren Überlegungen oft gar nicht so falsch lagen.

# TIERE ALS BIONISCHE VORBILDER

## Ein Wiffzack wundert sich

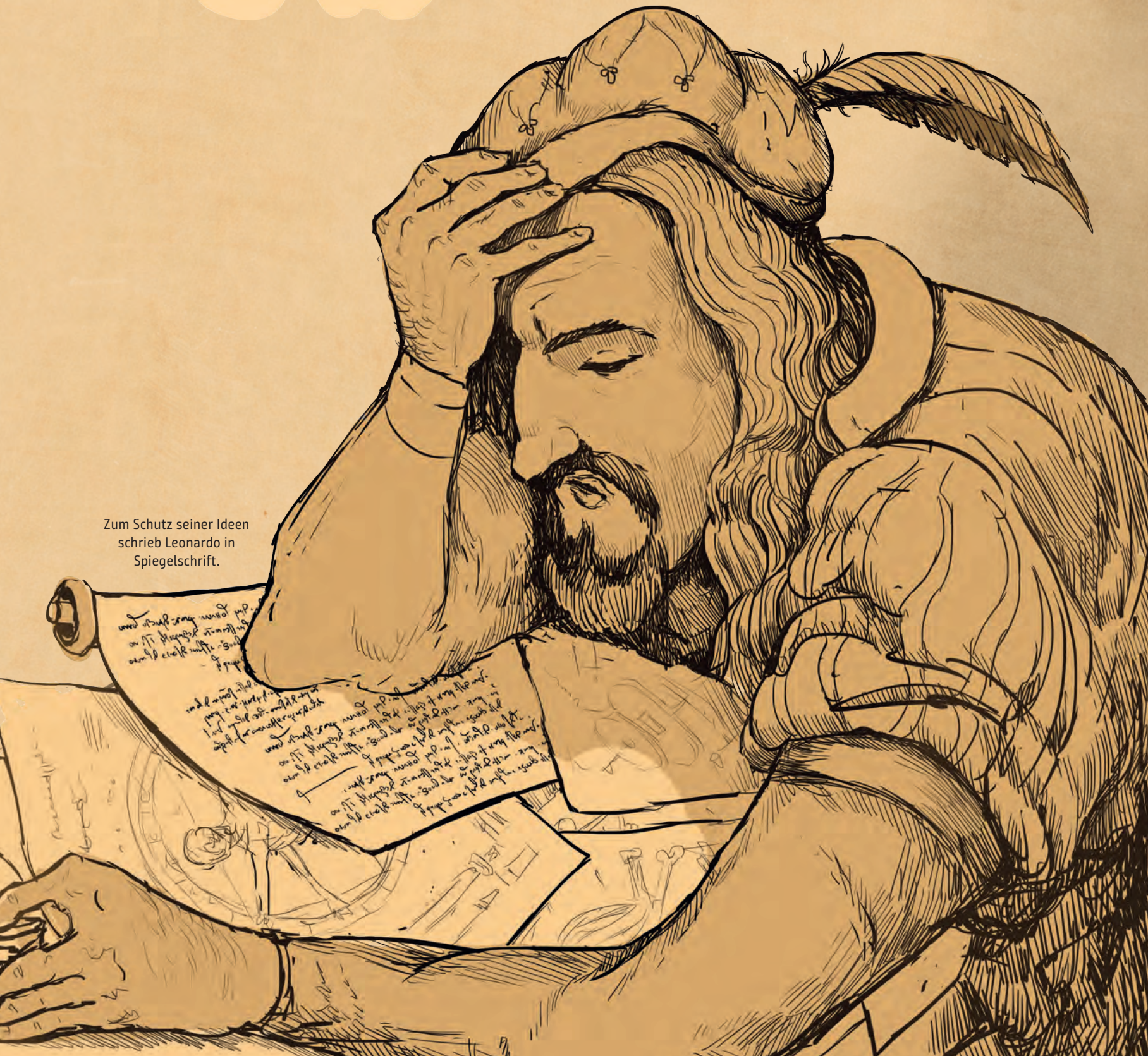
Eigentlich war Leonardo da Vinci ja gelernter Bildhauer und Maler. Mit der „Mona Lisa“ schuf er eines der berühmtesten Gemälde überhaupt. Gleichzeitig setzte er sein künstlerisches Talent ein, um Spannendes aus der Natur zu skizzieren. Besonders beschäftigte ihn die Fähigkeit, sich scheinbar mühelos durch die Luft zu bewegen. „Wie funktioniert das bloß, Fliegen?“, fragte sich Leonardo und füllte Seite um Seite mit Beobachtungen und Ideen. Irgendwann war er dem Flügelschlag der Vögel und dem Segeln von Pflanzensamen lange genug auf den Grund gegangen, um daraus Flugapparate ableiten zu können: Gleiter, Fallschirme und Hubschrauber. Das machte ihn zu einem der ersten Bioniker überhaupt – um 1500 herum, wohlgemerkt. Tatsächlich geflogen ist Leonardo mit seinen Erfindungen wohl nie. Doch man kann mittlerweile ausrechnen, dass ihn sein Gleiter durchaus in der Luft gehalten hätte. Und dass er mit seinem Fallschirm sicher hätte landen können. Nicht ohne Grund gilt der Mann aus dem italienischen Vinci heute als „Universalgenie“.



**„Lerne von der Natur,  
denn dort liegt deine Zukunft.“**

*(Leonardo da Vinci)*

Zum Schutz seiner Ideen  
schrieb Leonardo in  
Spiegelschrift.





# BESCHWINGTE PILOTEN

DEN VÖGELN NACHGESEGELT | 10-11

Vögel haben's gut: Nach ein bisschen Flattern sehen sie die Welt von oben. Das weckte schon früh die menschliche Abenteuerlust. Man baute sich Flügel, klebte sich Federn an und setzte sich in tollkühne Flugapparate. So richtig aufwärts ging es jedoch erst, als zum Träumen das Verstehen kam.



KOLIBRI  
SPANNWEITE:  
9 - 21 cm



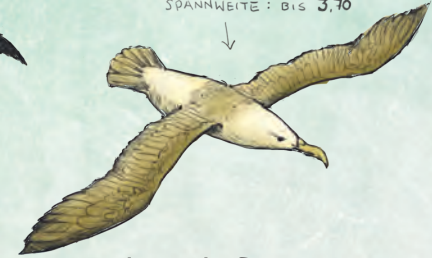
TAUBE  
SPANNWEITE:  
BIS 77 cm



RABE  
SPANNWEITE:  
BIS 1,50 m



MÖWE  
SPANNWEITE: BIS 1,70 m



WANDERALBATROS  
SPANNWEITE: BIS 3,70

## Reisen im Segelflug

Ist die gewünschte Flughöhe erreicht, kommt der gemütliche Teil: Flügel ausbreiten, Federn am Flügelende aufstellen und sich von der Luft tragen lassen. So spart man Kräfte.

## Landen im Gleitflug

Ziel in Sicht? Dann ist es Zeit, die Flügel zu drehen und die Federn weit auseinanderzuspreizen. Das bremst die Geschwindigkeit und sorgt für eine sanfte Landung.

## Starten im Ruderflug

Was wie ein Auf und Ab der Flügel aussieht, ist eigentlich ein Schlagen und Drehen. Anstrengend! Darum „rudern“ Vögel nur, wenn sie schnell in die Luft wollen.

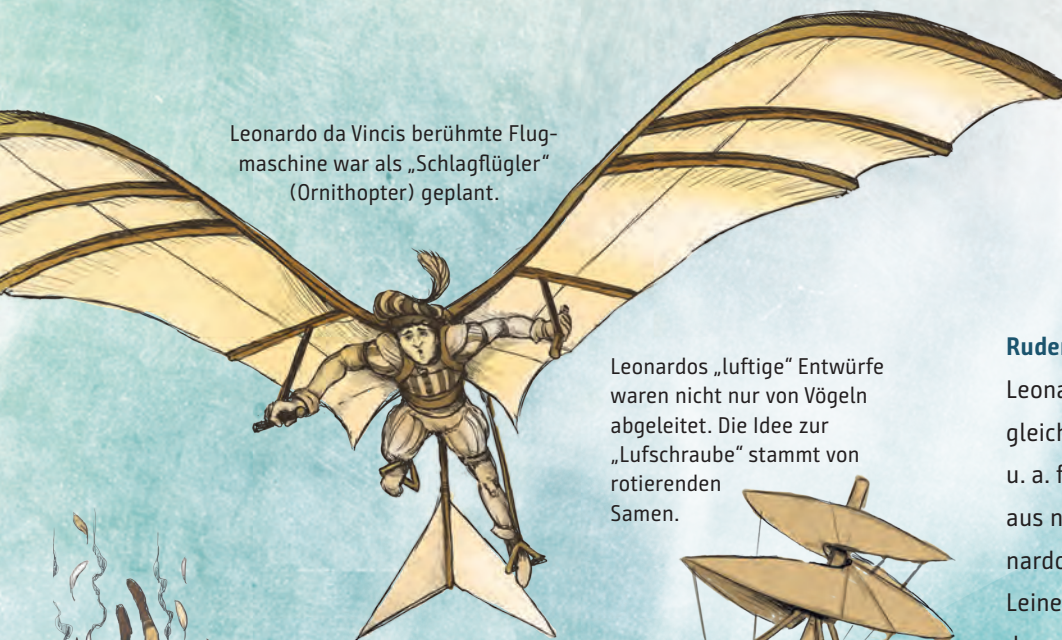
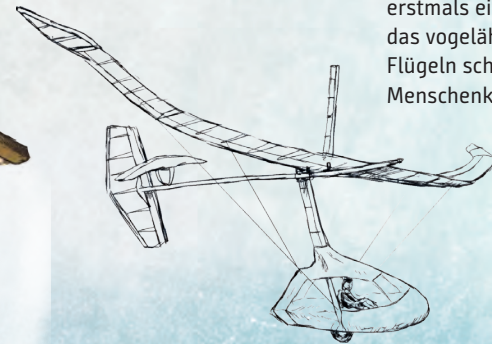
## Einmaleins des Vogelflugs

Um sich erfolgreich in die Lüfte zu schwingen, braucht man Flügel – und die passende Flugtechnik. Beides haben die Pioniere des Menschenflugs richtig beobachtet. Dabei wurde eher dem Storch zugeschaut als dem Huhn. Denn seine langen, breiten Schwingen sind fürs Viel- und Langstreckenfliegen gemacht. Sie sind Aufstiegshilfe und Tragfläche zugleich. Jeder Flügelmuskel und jede Feder hilft mit, damit der Vogel schnell und sicher vorankommt. Manches aus diesem Zusammenspiel findet sich als Grundidee bei Flugzeugen wieder.

## Mutige voraus!

Ohne die vielen verrückten „Vögel“ der Fluggeschichte gäbe es heute kein Flugzeug. Zwei von ihnen zeiten ganz besonders, wo die Reise hingehen sollte: **Leonardo da Vinci** und **Otto Lilienthal**. Sie waren begeisterte Naturbeobachter und gleichzeitig tolle Techniküftler.

2009 hob mit „Snowbird“ erstmals ein Flugzeug ab, das vogelähnlich mit den Flügeln schlägt. Es wird mit Menschenkraft betrieben.



Leonardo da Vincis berühmte Flugmaschine war als „Schlagflügler“ (Ornithopter) geplant.

Leonardos „luftige“ Entwürfe waren nicht nur von Vögeln abgeleitet. Die Idee zur „Lufschraube“ stammt von rotierenden Samen.



## Rudern mit Leonardo

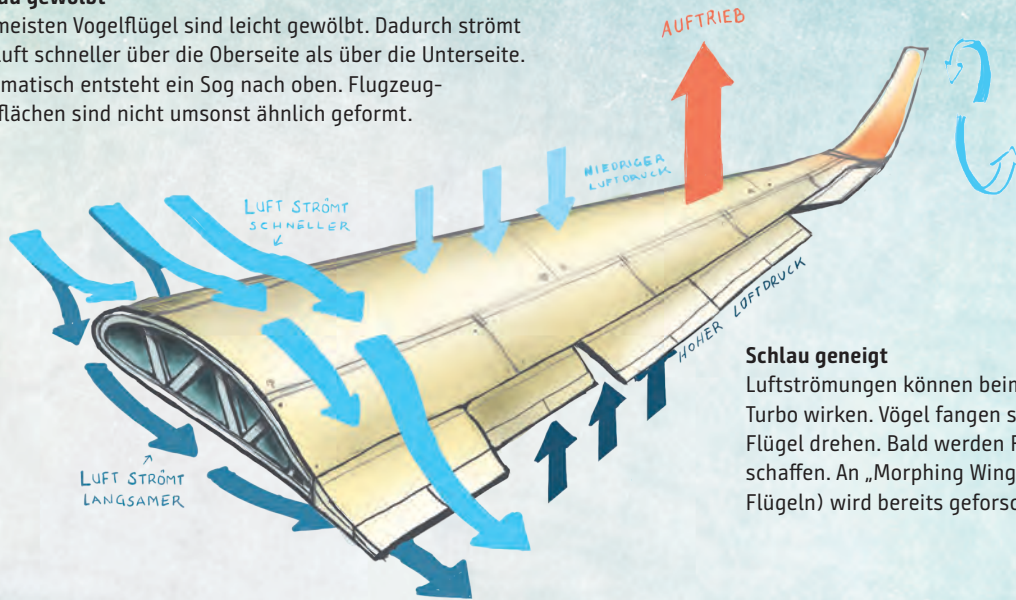
Leonardo da Vinci (1452–1519) kennt man als Malgenie. Er war aber gleichzeitig ein fleißiger Erfinder. Sein Kopf steckte voller Ideen, u. a. für Flugmaschinen. Eine davon, der „Schlagflügler“, bestand aus nachgebauten Flügeln zum Umschnallen. Damit wollte Leonardo den Ruderflug der Vögel nachahmen. Sogar an Klappen aus Leinen hatte er gedacht – für die Feineinstellung, die sonst die Federn übernehmen. Geflogen ist Leonardo seine Erfindung wohl nie. Für sein Schlagflügler-Modell hätte Muskelkraft nicht ausgereicht. Erst kürzlich, also ungefähr 500 Jahre nach Leonardo, konnte das Prinzip des Ruderflugs technisch umgesetzt werden: in einem modernen Schwingflügler namens „Snowbird“ (Schneevogel).



Ein Bruchpilot aus der griechischen Mythologie: Daedalus und sein Sohn Ikarus flohen mit Flügeln aus Wachs und Federn aus ihrer Gefangenschaft. Bis Ikarus der Sonne zu nah kam ...

### Schlau gewölbt

Die meisten Vogelflügel sind leicht gewölbt. Dadurch strömt die Luft schneller über die Oberseite als über die Unterseite. Automatisch entsteht ein Sog nach oben. Flugzeug-Tragflächen sind nicht umsonst ähnlich geformt.

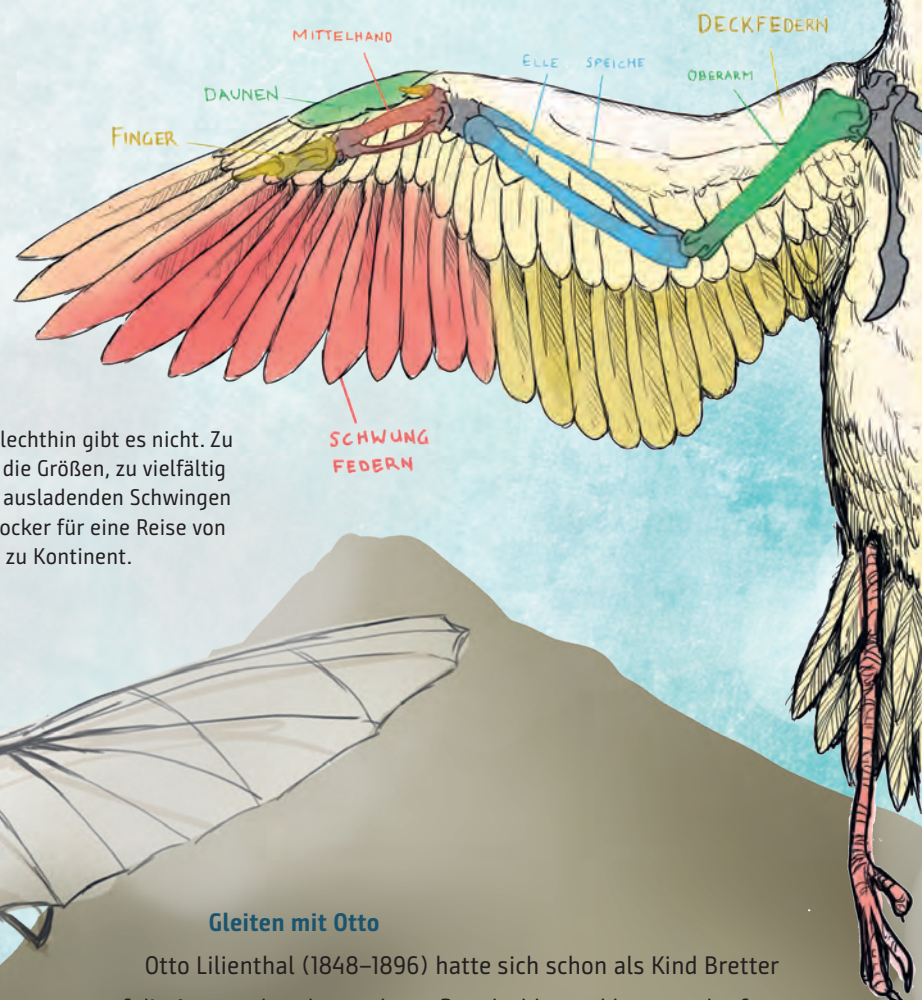


### Schlau gebogen

Beim Segeln stellen Vögel ihre Flügelenden auf. Das teilt den Widerstand der Luft in kleine Wirbel und der Flug wird ruhiger. Flugzeuge haben dafür „Winglets“ (englisch für: Flügelchen) oder „Spiroids“ (Kringel).

### Schlau geneigt

Luftströmungen können beim Fliegen wie ein Turbo wirken. Vögel fangen sie ein, indem sie ihre Flügel drehen. Bald werden Flugzeuge das auch schaffen. An „Morphing Wings“ (verformbaren Flügeln) wird bereits geforscht.



1889 lässt sich Reuben Jasper Spalding seine „Vogelweste“ patentieren. Auch sie diente vor allem zum Gleiten. Für den Aufstieg in die Luft sollte ein Ballon dienen.



„Den“ Vogelflügel schlechthin gibt es nicht. Zu unterschiedlich sind die Größen, zu vielfältig auch die Formen. Die ausladenden Schwingen des Storchs taugen locker für eine Reise von Kontinent zu Kontinent.



### Gleiten mit Otto

Otto Lilienthal (1848–1896) hatte sich schon als Kind Bretter auf die Arme gebunden und war flügelschlagend herumgelaufen.

Später studierte er die Störche im Gleitflug. Er wollte ihre Technik verstehen und diesen Flugmodus 1:1 imitieren. Schließlich baute er aus Weidenruten und Stoff ein Gleitflugzeug für Menschen und testete es, wieder und wieder. Die tausendfache Übung machte aus Otto einen Meister. Er startete von immer höheren Bergen und flog immer weiter. Als ihn eine Bö für immer vom Himmel holte, war Otto längst ein Star. 2016 wurde seine Erfindung ihm zu Ehren nachgebaut und erfolgreich geflogen: der „Normalsegelapparat“.

Ein verehrter Vogel aus dem Alten Ägypten: Der mächtige Himmels-gott Horus war halb Falke, halb Mensch. Sein Name bedeutet so viel wie „der oben Befindliche“.



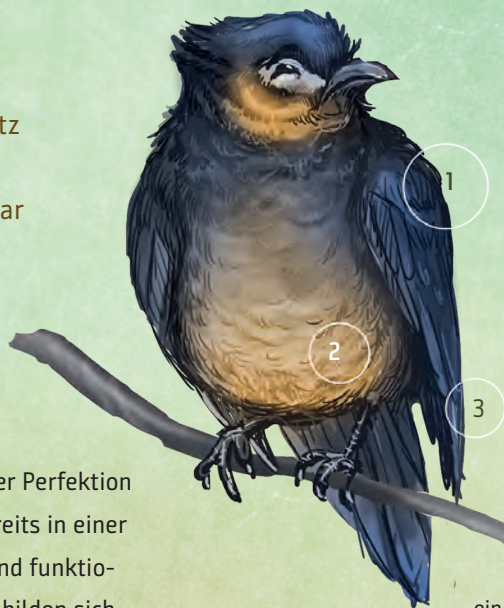
# VIelfältige Formgeber

## Den Vögeln nachgebildet | 12-13

Was hat der Storch mit dem Spatz gemeinsam? Und was der Spatz mit der Stockente? Auf den ersten Blick ist es nicht viel. Nur wer genau hinsieht, findet eine Reihe von ähnlichen Merkmalen. Sogar bei „Nichtfliegern“, die lieber laufen oder schwimmen, wie der Strauß oder der Pinguin.

### Meisterwerk Feder

Bis heute ist es dem Menschen nicht gelungen, die Vogelfeder in all ihrer Perfektion nachzubilden. Am besten klappt es noch bei den Daunen. Es gibt sie bereits in einer Version aus Kunstfasern. Sie stecken in Bettdecken und Winterjacken und funktionieren wie ihr natürliches Vorbild: Zwischen dem fluffig-weichen Flaum bilden sich Luftpolster. Diese schließen die Körperwärme ein, bevor sie in die Umgebungsluft entweicht. Bei den steiferen Federvarianten sind besonders Eulenfedern einen Nachbau wert. Weil ihre Enden gezahnt sind statt glatt, verwirbelt sich der Luftwiderstand und damit das Fluggeräusch. Flüsterleise statt „flappflapp“ ist praktisch beim Jagen in der Nacht – und für alles, was technisch durch die Luft zischt. Die Zähnchen-Idee wurde bereits bei Ventilatoren sowie Turbinen umgesetzt.



als Schutz vor Nässe, Wind und Wetter



zum Tempomachen und Steuern

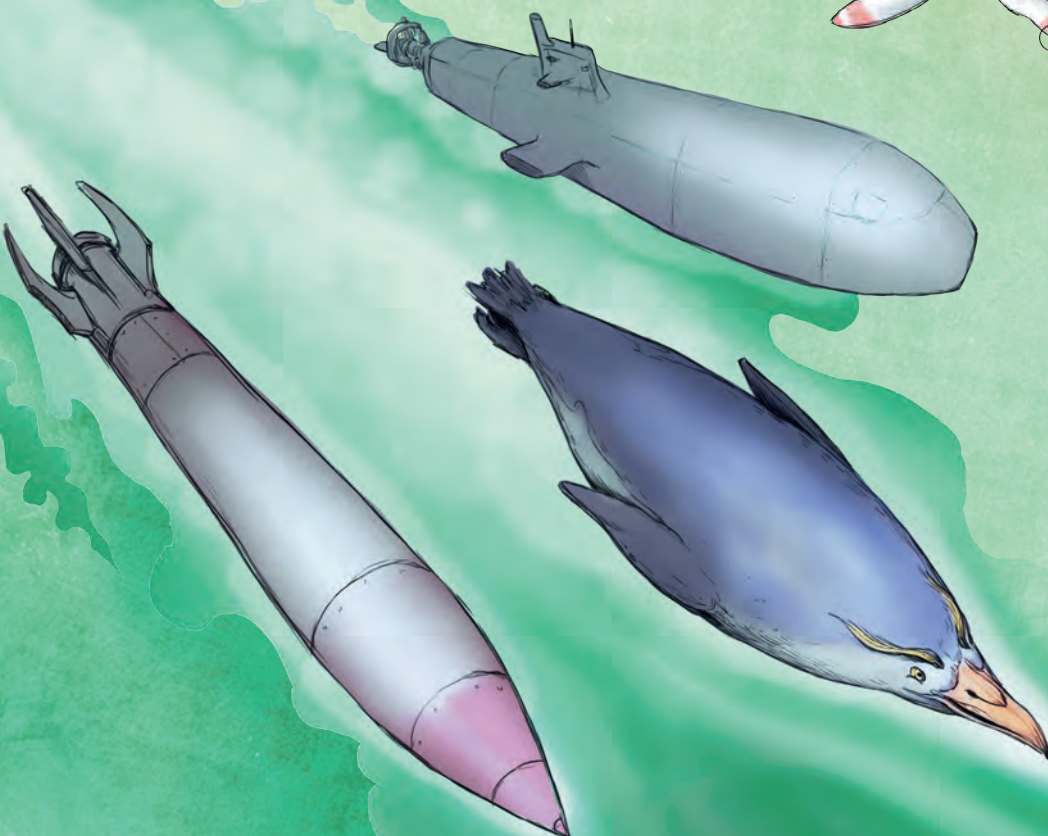


ein Teil der wärmenden „Vogelunterwäsche“

Gezackte Enden entwickeln weniger Geräusche.



künstliche Daune

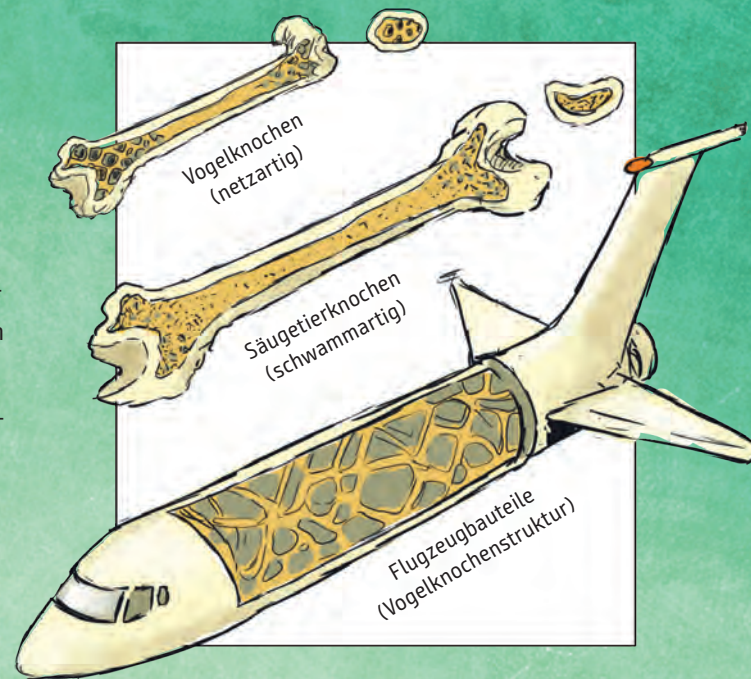


### Modellfigur

Pinguine haben im Laufe ihrer Entwicklung das Fliegen verlernt. Aus ihren Flügeln wurden Flossen. Auch der Rest ihres Körpers hat sich an den Lebensraum Wasser angepasst. Seine „flutschige“ Spindelform hält dem Nass wenig Widerstand entgegen. Das spart Kraft beim Schwimmen und Tauchen. Dieses Design ist wie gemacht für technische Entwicklungen, bei denen Tempo zählt. Der Pinguin darf somit für U-Boote und Raketen Modell stehen. Sie werden durch seine Spindelform nicht nur schneller, sondern auch sparsamer im Energieverbrauch.

## Luftikus-Knochen

Leichtgewichte fliegen besser. Darum hat die Natur bei den Vögeln Gewicht eingespart, wo immer sie konnte. Vogelknochen z. B. sind innen fast hohl. Nur ein feines Netz aus Knochenmaterial stützt die Außenwände. Dieses Prinzip ist besonders für die Planung von Fluzeugen interessant. Dort bedeutet jedes unnötige Kilo unnötig verbrauchten Treibstoff. Aktuell wird untersucht, ob man die Kabine von Passagierflugzeugen wie ein Vogelskelett zusammensetzen könnte. Die entsprechenden Bauteile haben zwei feste Außenschichten, im Inneren sitzt eine netzartige Struktur. Durch die zahlreichen Hohlräume verringert sich das Gewicht der Teile, während die Querverstrebungen für die nötige Stabilität sorgen.



## Das Ei (des Kolumbus)

Eier sind eine geniale Verpackung für den Vogelnachwuchs. Durch winzige Löcher in der Schale kriegt das werdende Küken frische Luft. Gleichzeitig kann die verbrauchte Luft entweichen. Dieser Gas-Austausch funktioniert auch, wenn man die leeren Schalen weiterverwendet. Etwa zum Lagern von Trinkwasser in der Wüste, wie es in Afrika Tradition hat. Vergleichsweise brandneu ist eine Folie nach Eierschalen-Art. Sie wird mit einem Laser feinst durchlöchert. Dadurch kann das Eingewickelte atmen und reift weniger schnell als in einer luftdichten Hülle.



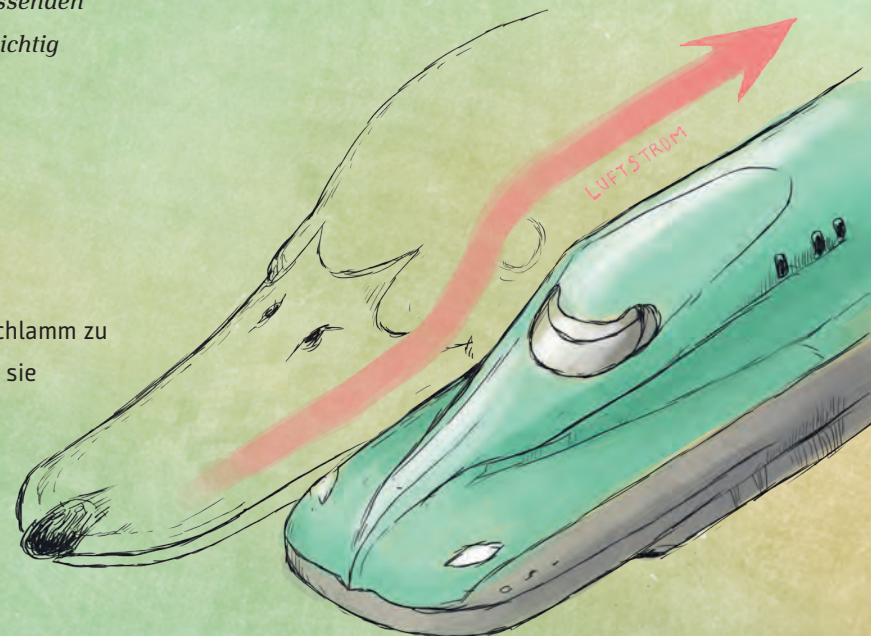
Keine lahme Ente:  
Mit bis zu 443 km/h  
zählt der Shinkansen  
zu den schnellsten  
Zügen der Welt.

## Kleine Spielerei

Die Redensart „Ei des Kolumbus“ meint eine verblüffend einfache Lösung für ein scheinbar unlösbares Problem. Sie kommt vermutlich von einem Fest, bei dem der Seefahrer Christoph Kolumbus die anderen Gäste herausgefordert hat. Sie sollten ein Ei ohne weitere Hilfsmittel auf seine Spitze stellen. Den passenden Einfall hatte allein Kolumbus: Er dellte das Ei leicht ein, indem er es vorsichtig auf den Tisch schlug.

## Schnabelschnell?

Der länglich-flache Schnabel der Stockente ist dafür gemacht, in aller Ruhe im Schlamm zu wühlen. Ein Entwicklungsteam fand diese gemütliche Form spannend und setzte sie ausgerechnet bei einem Hochgeschwindigkeitszug um. Der berühmte japanische „Shinkansen“ hatte nämlich ein Problem: Je mehr er auf die Tube drückte, desto unruhiger und lauter wurde die Fahrt. Durch die Entenschnabel-Lokomotive macht die Luft jetzt weniger Wirbel, wenn sie von vorne nach hinten über die Waggons strömt – und folglich weniger Lärm.

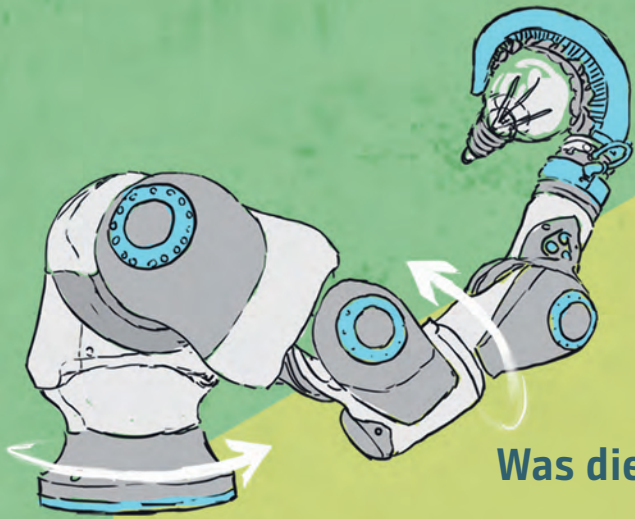


# REGISTER

Absorber-Tücher	17	Francé, Raoul Heinrich	35	Megaselachus megalodon	25	Snowbird	10
Absorption	42	Fullerene	43	messen, Messgeräte	8, 14, 30, 34	Sonnensegel	21, 33
Ahlborn, Friedrich	34	Fundament	36	Mineral	40, 42, 43	Sophia	44, 45
Anatomie	11	Gecko	7	Miura-Faltung	21	Spachtelhärchen	19
Android	46	Gehäuse	28	Miura, Koryo	21	Spindelform, spindelförmig	12, 25
Anti-Fouling	25	Gehirn	46, 47	Mohnkapsel	35	Spiroid	11
Antihaf-Beschichtung	33	Gestein	42	Mohs, Skala von	43	Sprachassistent	46
Architektur, Architekt	6, 16, 19, 22, 28, 36	Gleiter, gleiten	8, 10, 11, 15, 24, 34, 35	Morphing Wings	11	Squirrel Wingsuit	15
Atom	42	Gleitflug	10, 11, 34, 35	Muskel	10, 18, 26, 46, 47	stabil, Stabilität	7, 13, 16, 28, 32, 34, 35, 37, 43
Aufsitzerpflanze	38	Graphit	43	Nanotube	43	Statik	16, 19
Avatar	46	Haeckel, Ernst	28, 29	Naturhist. Museum Wien	40	Strelitzie	33
Bambus	37	haften	7, 35	Nautilus	27	Streuer	35
Bat Bot	14	Härte	27, 28, 35, 43	Nerv	19, 46	Stromlinienförmigkeit	25
biegesteif	37	Haut	14, 15, 24, 25, 26, 34, 42, 44, 47	Netz	13, 19, 38	Superorganismus	17, 23
Binet, René	28	Helligkeit	20	Normalsegelapparat	11, 34	Synthese, synthetisch	43
Bio-nix	7, 13	Hightech	25, 47	Nurflügler	34, 35	Tragfläche	10, 11, 34
Biolumineszenz	20	Hochgeschwindigkeitszug	13	OHM-Krabbler	18	Transmission	42
Blütenöl	17	Hohlraum	13, 38, 43	Oktopus	26, 27	Transpirationssoog	37
Bot	46	Holz	16, 17, 37, 38, 39, 47	Olympiastadion, München	19	Tree Church	36
Brechung	42	Horus	11	Orchidee	38	U-Boot	12, 27
Brettwurzel	39	Hubschrauber	8, 10	Ornithopter	10	Universalgenie	8
Calcit	42	humanoid	44, 46	Papier	16, 17, 21, 32	van Herpen, Iris	25
Carbon	27	Hundertwasserhaus	36	Paradiesvogelblume	33	Verbundmaterialien	16
Chatbot	46	Hydraulik	18	Paxton, Joseph und Annie	32	Verdickung	37
Chemie	6, 20, 41	Hyperion	18	Pearce, Mick	22	Verhakung	7, 18
Computer	37, 46	Ikarus	10	Perlmutter	27	Verpackungen	13, 16, 32, 34
Crystal Palace	32	Isolierschicht	18	Pflanzenjäger	30	Verstrebung	13, 28
Cyborg	46	Jugendstil	29	Pflanzenkunde	7	Victoria amazonica	32
da Vinci, Leonardo	8, 9, 10	Kalk	27	Philodendron	38	von Humboldt, Alexander	30
Daedalus	10	Kalmar	26	Physik	7, 11, 21, 23, 26, 40	von Österreich, Maria L.	40
Daune	12	Kannenpflanze	33	Pilzfaden	38	Wabe	16, 28
de Mestral, George	35	Keller, Friedrich Gottlob	17	Plankton	28, 29	Wabenstruktur	16
Deckfeder	12	Kieselsäure	28	Porte Monumentale	28	Wachsschicht	33
Design	12, 25, 37	Klette	35	Prothese	46, 47	Wärme	12, 16, 20, 22, 23, 43, 47
Diamant	43	Kletterpflanze	38	Radiolarie	28	Wasser	12, 13, 17, 18, 24, 25, 27, 28, 32, 33, 34, 37, 38, 43
Doppelbrechung	42	Klettverschluss	35	Reflexion	42	Wellpappe	32
Druck	12, 13, 16, 18, 19, 26, 27, 28, 33, 35, 37, 43	knicken	32	Regelmäßigkeit	29, 43	Wels, Franz Xaver	34
Eastgate Building	22	Knochen	13, 28, 37, 46	Regenwald	38	Weltausstellung	28, 32
Echo	14	Kopffüßer	26, 27	Reibung	7, 33	Werkzeug	7, 44
Edelstein	42	Kraft	7, 10, 11, 12, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 28, 36, 44, 46	Riblet	24	Widerhäkchen	35
Ei	13	Kraftlinienarchitektur	36	Rille, rillig	20, 24, 32, 33	Winglet	11
Einzell	28, 29	Künstliche Intelligenz	44, 45, 46	Rippe	28, 32	Wingsuit	15
Elektrode	46	LED	20	Roboter	15, 18, 26, 39, 44, 46	Wirbel	11, 12, 13, 19, 24, 29
Energie	7, 12, 20, 22, 32, 37	leuchten	20	Ruderflug	10	Wood Wide Web	38
Energiesparlampe	20	Leuchtkraft	20	Rutil	42	Würgefeige	38
Energieverbrauch	12, 20	Liane	38	Sagrada Familia	36	Wurzelfuß	39
Epiphyt	38	Licht	20, 42	Sandwich, Sandwich-Platte	16, 32	Zanonia	34
Etrich-Taube	35	Lichtbrechung	42	Sauerstoff	20	Zeolithe	43
Etrich, Ignaz („Igo“)	34, 25	Lilienthal, Otto	10, 11, 34	Schachtelhalm	37		
Faden	18, 19, 37, 38	Lotus-Effekt	33	Schall	14		
Falten, Faltung	20, 29, 32	Lotus-Pflanze	33	Schlagflügler	10		
Flectofin	33	Luftschraube	10	Schönbrunner Palmenhaus	32		
Flugapparat	8, 10	Luftwiderstand	12	Schuppen	24		
Flügel	8, 10, 11, 12, 15, 21, 34, 35	Luziferase	20	Schwefelkraft	7		
Flughund	14, 34	Luziferin	20	Schwingflügler	10		
Flugsaurier	14	Macrozania macrocarpa	34	Schwungfeder	12		
Flugtechnik	10, 11	Medizin, medizinisch	7, 28, 33, 35, 37, 39, 44	Segelflug	10		
Flugzeug	10, 11, 13, 15, 16, 24			Selbstorganisation	16		
Forschungsreise	30, 40			selbstreinigend	33		
Fossil, lebendes	24			Sensor	44, 46, 47		
				Shinkansen	13		



Bei aller gebotenen Sorgfalt kann ein  
Wissensschatz niemals komplett sein.  
Und genauso wenig frei von Inhalten,  
über die man diskutieren kann und soll.  
Für gefundene Fehler oder zweifelhafte  
Darstellungen gibt es eine Adresse:  
buchverlag@tyrolia.at  
Wir freuen uns über jeden klärenden  
Hinweis.



## Was die Natur schon lange kann ...

Was hat der Hai mit dem Flugzeug zu tun? Und die Biene mit der Waschmaschine? Was die Mohnkapsel mit dem Salzstreuer und der Graphit mit einem Tennisschläger?

Für viele technische Fragestellungen lassen sich in der Natur schlaue Lösungen finden. Vorausgesetzt, man schaut genau.

Bionik: ein vielseitiges Thema – umfassend, informativ und bildgewaltig präsentiert.

Wer dieses Buch liest, wird die Welt plötzlich mit neuen Augen sehen

Tiere – Pflanzen – Kristalle – Menschen



ISBN 978-3-7022-3991-6



www.tyrolia-verlag.at