



**Sigrid Belzer**  
**Die genialsten Erfindungen der Natur**  
**Bionik für Kinder**  
**S. Fischer Verlag**  
**Frankfurt am Main 2010**  
**ISBN 978-3-396-85389-2**

Textauszug  
S. 42-63

# A

## m Anfang war der Vogel

Wie ein Vogel durch die Luft fliegen zu können, das war schon immer ein Traum der Menschen: Große Entfernungen leicht und mühelos überwinden, die Welt von oben betrachten, frei und schwerelos zu sein – hast du dir nicht auch schon einmal vorgestellt, wie es wäre, wenn du einfach losfliegen könntest?

Aber können Vögel wirklich mühelos fliegen? In diesem Kapitel erfährst du, welche Ideen Erfinder und Ingenieure hatten und haben, um Flugzeuge und erstaunliche Flugapparate nach Vorbildern aus der Natur zu bauen. Du wirst Tiere und Pflanzen kennenlernen, die dafür Modell standen, wirst lesen, welche Ideen sich bis heute durchgesetzt haben und welche Forschungsprojekte unsere Zukunft mitbestimmen könnten. Denn eins ist sicher: Wir Menschen haben bis heute nur einen Bruchteil der erstaunlich vielfältigen wie komplizierten Flugtechniken aus der Natur verstanden.

### **Leonardo da Vinci**

Ein Mann, den das Beobachten der Natur besonders faszinierte, war der Italiener Leonardo da Vinci. »Da Vinci« ist kein richtiger Nachname, sondern bedeutet »aus Vinci«, denn dort wurde Leonardo 1452, also vor über 500 Jahren, geboren. Leonardo da Vinci war ein unglaublich neugieriger Mensch. Er war Naturforscher, Maler, Erfinder, Architekt, Künstler und interessierte sich sehr für Medizin. Da er so viele unterschiedliche Interessen und Talente hatte, bezeichnen wir ihn heute als ein Universalgenie. Das bedeutet: Er war einfach in Allem gut!

Leonardo untersuchte die Dinge, indem er sie zeichnete und malte, das wissen wir aus unzähligen Zeichnungen, die bis heute erhalten sind.



Leonardo da Vinci studierte schon vor mehr als 500 Jahren den menschlichen Bewegungsapparat.



So bekam er einen sehr guten Blick für Details und erkannte besser als manch andere, wie technische Geräte und Lebewesen genau funktionieren. Leonardo war zudem sehr gebildet und kannte alle möglichen Bücher und Schriften über frühere Erfindungen anderer Personen. Deshalb war nicht alles, was er gezeichnet hat, auch wirklich eine neue Idee von ihm selbst. Vieles hat er aus Büchern zusammengetragen und sich dann weitere Funktionen für diese Erfindungen ausgedacht.

Das wohl berühmteste Bild von Leonardo da Vinci ist die Mona Lisa mit ihrem geheimnisvollen Lächeln. Aber noch erstaunlicher sind seine detaillierten Zeichnungen des Menschen: Da Vinci versuchte zu verstehen, wie der menschliche Körper und die einzelnen Körperteile aufgebaut sind, wie sie zusammenspielen und in welchen Abhängigkeiten sie zueinander stehen. Muskeln, Proportionen, Gesichtsausdruck – alles betrachtete er mit den Augen eines Zeichners und machte zahlreiche Skizzen davon. Er erkannte bereits, dass alle Bewegungen und Veränderungen der Körperhaltung durch das Zusammenspiel von Muskulatur, Bändern, Bindegewebe und Knochen geschehen. Jede noch so kleine Gewichtsverlagerung gleicht unser Körper sofort aus. Das ist eine wichtige Grundlage dafür, dass wir uns überhaupt aufrecht halten können. Erstaunlicherweise sind seine sehr alten Zeichnungen schon so exakt, dass sie heute noch ihre Gültigkeit haben.

### **Patenter Trick**

Leonardo da Vinci war übrigens Linkshänder und schrieb zudem meist in Spiegelschrift, also von rechts nach links. Das war zum einen gut, weil er so die Tinte auf dem Papier beim Schreiben nicht verschmierte, und zum anderen waren seine Erklärungen auf diese Art und Weise nicht sofort für jedermann lesbar!

Halte einen kleinen Spiegel neben die Schrift.  
Du kannst im Spiegel den italienischen Ausdruck  
für »Spiegelschrift« lesen.



Vor 500 Jahren gab es natürlich noch kein Patentamt. Leonardo wollte sich vielleicht durch diese besondere Weise zu schreiben davor schützen, dass seine Erfindungen nachgebaut wurden. Angeblich hat Leonardo sogar kleine Fehler in seine Zeichnungen gemacht, zum Beispiel ein falsch konstruiertes Zahnrad, damit das Gerät nicht funktionieren würde, falls es jemand nachbaute. Nur Leonardo wusste, was man beim Bau seiner Geräte zu beachten hatte. Damit machte er sich und sein Wissen für die technische Umsetzung seiner Ideen unentbehrlich.

### **Der erste Bioniker**

Leonardo da Vinci verbrachte viel Zeit damit, in der Natur alles genau zu beobachten. Seine Gehilfen mussten oft stundenlang mit ihm am Teich sitzen, während er fasziniert zuschaute, wie sich Libellen, Käfer und andere Tiere bewegten und wie sie lebten.

Aufgrund seiner Beobachtungen dachte er sich die unglaublichsten Gerätschaften aus. Unter anderem inspirierten ihn sicherlich die Flügel der Fledermaus zu eindrucksvollen Plänen für ein fliegendes Gerät, denn Form und Aufbau der Flügel ähneln sich deutlich.

Das Gerät sollte nach da Vincis Plänen durch die Muskelkraft eines einzelnen Menschen zum Fliegen gebracht werden. Mit Armen und Beinen sollte der Pilot gleichmäßig an Seilen und Stangen ziehen und drücken, so dass die Flügel sich auf und ab bewegen. Ob das funktioniert hätte, was meinst du?

Schauen wir uns einen noch älteren Versuch der Menschen an, mit auf und ab schlagenden Flügeln abzuheben.



### **Ikarus**

Nach einer alten griechischen Sage waren Daedalus und sein Sohn Ikarus die ersten Menschen, die versuchten zu fliegen wie die Vögel. Daedalus war ein Erfinder, der gemeinsam mit seinem Sohn Ikarus vom griechischen König Minos auf der Insel Kreta gefangen gehalten wurde, damit er keine Geheimnisse über die Erfindungen verraten

konnte, die er für den König gemacht hatte. Daedalus wollte fliehen. Da rings um die Insel nur Wasser war und die Meere vom König überwacht wurden, blieb ihnen als Fluchtweg nur die Luft. Aber wie sollte das gehen? Daedalus sammelte Federn von Vögeln und baute für sich und seinen Sohn Flügel, die sie sich an die Arme banden. Die Federn wurden mit Bändern und Wachs zusammengehalten. Ikarus fand das alles sehr interessant und spielte an den Flügeln herum, während sein Vater daran baute. Daedalus schimpfte deshalb mit Ikarus und



Bei diesem Fluggerät sind die langen dünnen Fingerknochen der Fledermaus als Holzstreben in den Flügeln eingepflanzt.



beschwor ihn eindringlich, dass er mit diesen Flügeln keinesfalls zu hoch oder zu niedrig fliegen durfte. Er befürchtete nämlich, dass einerseits die Federn von der Gischt des Meerwassers durchtränkt und zu schwer werden könnten, wenn sie zu niedrig flögen. Die Wärme der Sonne würde andererseits das Wachs schmelzen, das die Federn zu-

sammen hielt, und die Flügel würden sich auflösen, wenn sie zu hoch fliegen würden. Daher war Vorsicht geboten, und die richtige Flughöhe musste unbedingt eingehalten werden. Als die Reise dann losging, flatterten die beiden übers Meer und an mehreren Inseln vorbei. Alle, die zufällig zuschauten, waren der Sage nach völlig verblüfft und konnten gar nicht verstehen, was sie da sahen. Fliegende Menschen – das war doch unmöglich!





Nach einiger Zeit wurde Ikarus übermütig, probierte neue Flugmanöver aus und flog immer höher, der Sonne entgegen. Und dann passierte genau das, was Daedalus befürchtet hatte: Das Wachs schmolz in der Hitze, und Ikarus' Flügel zerfielen, während er noch in der Luft war. Er stürzte ab und überlebte diesen Unfall nicht. Daedalus beerdigte seinen Sohn auf einer Insel, die er nach ihm benannte: Ikaria. Auch das Meer, über das sie der Sage nach flogen, heißt heute noch Ikarisches Meer.

### Kann ein Mensch wie ein Vogel mit schlagenden Flügeln fliegen?

Diese Geschichte ist eine Sage, und keiner weiß, wie viel davon wahr ist. Glaubst du, die Kraft eines Menschen würde ausreichen, um mit Flügeln schlagend zu fliegen? Probier es selbst aus: Stell dich aufrecht hin und schlage ungefähr zwei Minuten lang gemächlich mit deinen Armen auf und ab. Stell dir dabei vor, du hättest große Flügel an den Armen. Wie fühlen sich deine Muskeln nach dem »Flug« an? Wie lange könntest du ein Flügelpaar wohl in dieser Weise bewegen? Könntest du schnell genug schlagen, um die nötige Geschwindigkeit zum Abheben zu erreichen?

**Warnung:** Wir Menschen können nicht fliegen! Deswegen versuche erst gar nicht loszufliegen – weder von einer Mauer noch von einem Baum. Bleibe bei diesem Experiment unbedingt auf dem Boden!

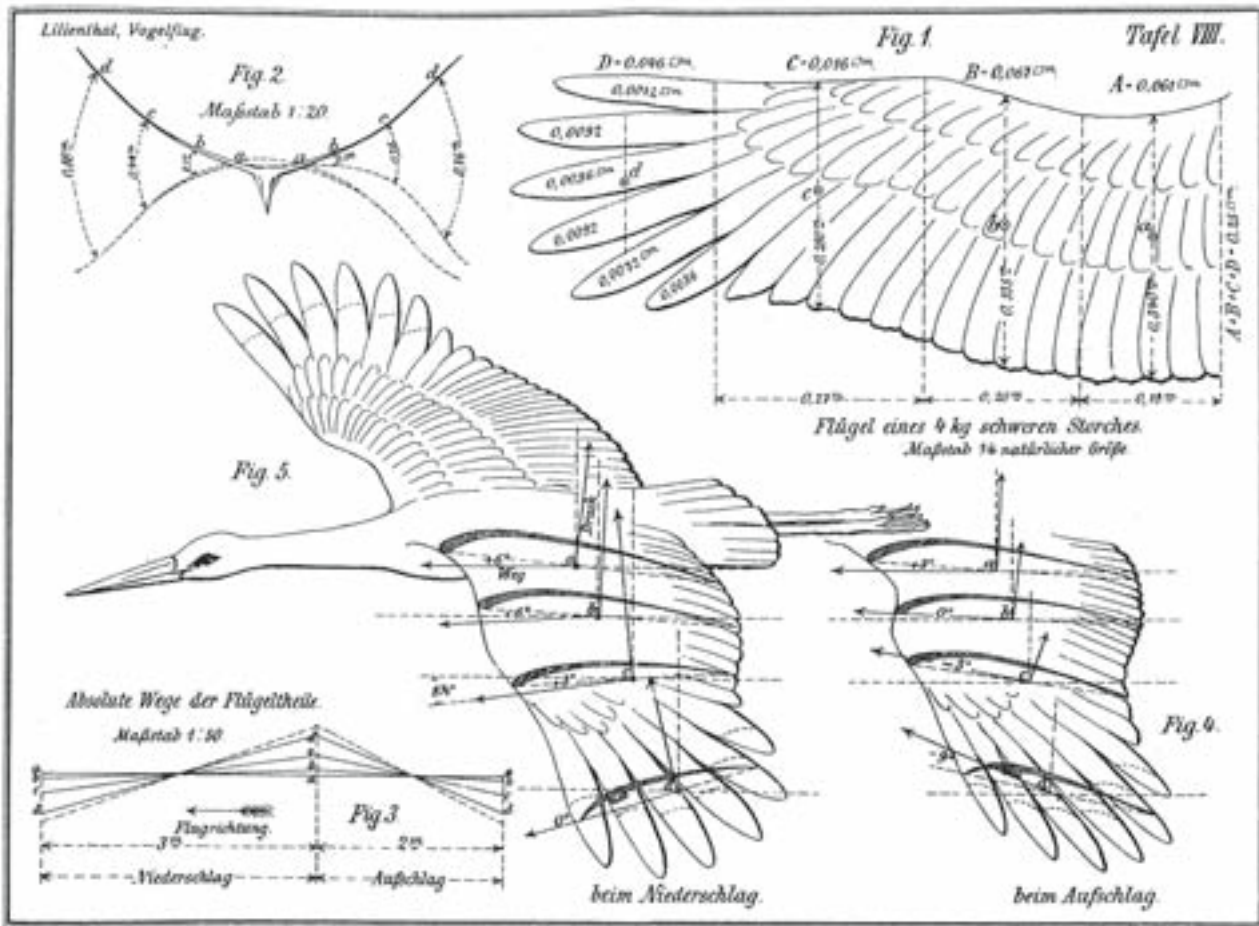
Übrigens: Das ursprüngliche Ziel der Reise war Sizilien in Italien, wohin Daedalus nach dem Tod seines Sohnes allein weiterreiste. Die Inseln Kreta und Sizilien liegen fast 800 Kilometer Luftlinie voneinander entfernt. So eine Strecke kann kein Mensch mit eigener Muskelkraft im Flug zurücklegen.

Selbstgebaute Flügel sollten Daedalus und seinen Sohn Ikarus aus der Gefangenschaft tragen.

# E

## ntwicklung zu modernen Flugzeugen

Für die Zugvögel hingegen sind große Entfernungen gar kein Problem, sie legen oft Tausende Kilometer zurück. Im Winter ziehen sie in wärmere Gegenden, um im Sommer zurückzukehren wie beispielsweise der Storch. Deswegen stand dieser Vogel Pate für die ersten Fluggeräte.



Otto Lilienthal schaute dem Storch genau auf die Flügel – und baute fortan Fluggeräte, die ein neues Kapitel der Luftfahrt einläuteten.

### Pionier der Luftfahrt: Otto Lilienthal

Der begeisterte Flieger Otto Lilienthal lebte von 1848 bis 1896. Er baute viele Fluggeräte und schaute sich, um auf neue Ideen zu kommen, genau an, wie die Vögel fliegen und wie ihre Flügel aufgebaut sind.

Vor allem der Storch hatte es ihm angetan. Er beobachtete und beschrieb diesen Vogel, als ob es sich dabei um ein technisches Fluggerät handeln würde. Wie lang und wie breit waren die Flügel? Wie groß



war der Winkel, in dem sie auf und ab schlugen? Wie genau war der Flügel geformt? Welche unterschiedlichen Federformen konnte er daran finden? Wie Leonardo da Vinci notierte auch Lilienthal alles ganz genau und fertigte Zeichnungen an.

Nachdem Lilienthal das Flugverhalten der Vögel studiert hatte, entschied er sich bei seinen Fluggeräten gegen den flatternden Schlagflug – und entwickelte stattdessen starre Flügel. Ein System, das sich bis heute bewährt hat und den Weg zum Erfolg der Luftfahrt ebnete. Einen besonderen Trick schaute er sich trotzdem von den Vögeln ab: Das Profil seiner Flugzeugflügel entspricht von der Seite gesehen der Form des Vogelflügels. Der Flügel ist an der Vorderseite etwas dicker als an der Hinterseite und nach oben gewölbt, genau wie beim Vogel. Das war wirklich eine bionische Arbeitsweise!

Lilienthal baute verschiedene Gleitflieger und probierte sie aus. Schon nach wenigen Versuchen konnte er weiter fliegen, als je ein Mensch zuvor. Zur Stabilisierung des Fluges baute er ein hochstehendes Leitwerk an das Ende des Flugzeugrumpfes. Die Leute waren begeistert von seinen erfolgreichen Flugversuchen, und es gab immer eine riesige Show, wenn bekannt wurde, dass Lilienthal wieder einmal von einem Hügel, dem sogenannten »Fliegeberg« in Berlin, der extra dafür aufgeschüttet worden war, lossegeln würde. Zuschauer, Reporter und Fotografen kamen zusammen, um die Flugversuche zu bewundern und zu fotografieren.

Bei einem dieser Flugversuche stürzte Otto Lilienthal ab und verunglückte tödlich. Das war im Jahr 1896, aber seine Idee lebt bis heute weiter.



#### **Vogelfedern**

Vogelfedern sind leicht und biegsam. Trotzdem sind sie stabil genug, um nicht durchzubrechen. Damit ein Vogel mit Schlagflug abheben kann, müssen die Flügel etwas elastisch sein. Die Federn erlauben eine sehr filigrane Art des Fliegens, sie biegen sich zum Teil bei Flugmanövern passiv in bestimmte Richtungen.

Über 100 Jahre alt ist nun also die Idee, das Flügelprofil der Flugzeuge nach der Flügelform der Vögel zu gestalten. Auch bei den meisten heutigen Flugzeugen sind die Flügel starr und haben eine gewölbte Form.

Nachdem Lilienthal große Erfolge mit seinen Segelfliegern gefeiert hatte, wurde an einem passenden Antrieb für Flugzeuge geforscht. Der österreichische Flugpionier Wilhelm Kress war einer der Ersten,



Otto Lilienthal experimentierte mit ganz unterschiedlichen Fluggeräten.

der einen Motor in ein Flugzeug einbaute. Im Jahr 1901 startete er einen Flugversuch damit, der allerdings unglücklicherweise in einem See endete. Der eingebaute Motor war viel zu schwer für das Flugzeug gewesen.

### Flugsamen als Vorbild: Der Zanoniasamens-Gleiter

Anfang des 20. Jahrhunderts nahm sich der österreichische Pilot und Flugzeugkonstrukteur Igo Etrich einen Flugsamen zum Vorbild, um ein Fluggerät zu entwickeln: Den Samen der Pflanze *Macrozania*, kurz Zanoniasamens. Diese Pflanze schlingt sich wie eine Liane an Urwaldbäumen hinauf und bildet kürbisartige Früchte. Wenn eine solche Frucht reif

Der Flugsamen der Schlingpflanze *Macrozania* diente Ignaz »Igo« Etrich als Vorbild für seinen Nurflügler. Er sah ähnlich aus wie ein heutiger Drachenflieger, hatte aber die Form eines Zanoniasamens.



ist, bricht sie wie eine überdimensionale Nuss auf und entlässt Hunderte von Flugsamen, die etwa zwölf bis fünfzehn Zentimeter breit sind. Diese Flugsamen verfügen über außergewöhnlich gute Gleiteigenschaften und können mehrere hundert Meter weit segeln. Auf diese Weise verteilt die Pflanze ihre Samen in der Umgebung. Igo Etrich baute nach Vorbild des Samens einen »Nurflügler«, der hervorragend gleiten konnte, genau wie der Flugsamen. Ein Nurflügler ist ein Fluggerät, das nur aus Flügeln besteht und keinen richtigen Rumpf hat, so wie zum Beispiel ein Gleitdrachen. Etrichs Nurflügler ließ sich jedoch kaum steuern. Als er eine Lenkung einbaute, verschlechterte dieser »Aufbau« die Flugeigenschaften seines

Die Flügelform der *Etrich-Rumpler-Taube* ähnelt der Form eines Zanoniasamens.

Fluggerätes. Heute werden Flugzeuge, die quasi nur aus Flügeln bestehen, vor allem für militärische Zwecke konstruiert. Man kann sie mit Radar nur schlecht entdecken.

Später entwickelte Igo Etrich ein weiteres bekanntes Flugzeug, dessen Form einer Taube im Gleitflug nachempfunden war und von dem Flugzeug- und Automobilkonstrukteur Edmund Rumpler gebaut wurde. Sie ist auch bekannt als *Rumpler-Taube* und wurde als eines der ersten Flugzeuge in größerer Stückzahl angefertigt. Da Igo Etrich auf sein Flugzeug kein Patent erhalten hatte, durfte jeder diese Erfindung nachbauen, ohne ihm dafür Gebühren zahlen zu müssen. Mehr als vierzig Firmen nahmen die Taubenform als Grundlage für neue Flugzeuge und entwickelten Etrichs Ideen weiter.

Edmund Rumpler baute auch Autos. Einerseits konnte er sein Wissen über Automotoren gut für den Bau von Flugzeugen verwenden.



Das *Rumpler-Tropfen-Auto* war fast so strömungsgünstig wie heutige PKWs.

Aber er war auch einer der Ersten, der die Erkenntnisse über Luftströmungen an Flugzeugen auf Autos übertrug. Er baute Autos, die für die damalige Zeit besonders windschnittig waren, wie den sogenannten »Tropfen«. Das war ein Auto, das aussah wie ein liegender Wassertropfen.

### **Flugsamen kommen überall hin**

Wie du aus dem ersten Kapitel bereits weißt, nutzen Klette und Mohnblume unterschiedliche Techniken, um ihre Samen zu verteilen.

Aber auch fliegende Samen finden wir häufig in der Natur. Ganz bestimmt kennst du Ahornsamen, die sich wie die Rotorblätter eines Hubschraubers in der Luft drehen, während sie vom Baum fallen. Dadurch wird der Fall des Samens gebremst, und der Wind kann den Samen vom Baum forttragen.







**Hubschrauber basteln**

Bastele dir einen Hubschrauber, der wie ein Ahornsamen fliegt. Die Vorlage für den Flugsamen kannst du dir einfach auf ein Stück Papier abzeichnen und ein bisschen vergrößern. Dann schneide die Bastelvorlage an den durchgezogenen Linien aus. Die gestrichelten Linien werden nur gefaltet.

Teil A und B faltest du nach hinten um und klappst dann Teil C nach oben. Die beiden Flügel richtest du V-förmig aus. Halte das Flugobjekt so hoch wie möglich und lasse es fallen.

Experimentiere mit verschiedenen Flügelstellungen. Was geschieht, wenn du die Propeller weiter nach oben oder nach unten faltest?

Du kannst diesen Flieger in allen möglichen Größen und aus verschiedenen Materialien bauen. Welcher bleibt am längsten in der Luft und kann den Samen am weitesten wegtransportieren?

Findest du weitere Flugsamen in der Natur? Zeichne sie in dein Forscherheft und versuche zu beschreiben, wie sie fliegen!



Die Ahornsamen drehen sich bei ihrem Fall wie Rotorblätter eines Hubschraubers in der Luft.



Der Anblick von Flugzeugen am Himmel ist heute für uns ganz selbstverständlich geworden. In jeder der Maschinen steckt eine Menge ausgefeilter Technik.



## Warum ein Flugzeug fliegt

In den vergangenen 100 Jahren haben unzählige flug- und technikbegeisterte Leute, wie die Gebrüder Wright und andere mutige Flugpioniere, daran gearbeitet, den Traum vom Fliegen zu verwirklichen. Sie entwickelten die ersten Flugzeugtypen immer weiter, bis sie zur Serienreife gelangten. Heute gibt es unterschiedlichste Arten von Flugzeugen: Düsenjets, Motorsegler, Passagierflugzeuge, Segelflieger, Überschallflugzeuge, und viele andere mehr. Aber wieso fliegt ein Flugzeug eigentlich – obwohl es schwerer ist als Luft?

### **Auftrieb & Co**

Ein Passagierflugzeug kann nur abheben, wenn es die dafür nötige Geschwindigkeit erreicht. Die Startbahn ist deshalb ziemlich lang, so können die Triebwerke das Flugzeug lange genug beschleunigen. Der Pilot muss also erst mal richtig Gas geben.

Dann kommt Lilienthals Idee zum Tragen: Das Profil des Flugzeugflügels ist auf der Oberseite etwas stärker gewölbt als auf der Unterseite, und die Flügel sind leicht gekippt angebracht. Dadurch bewegt sich die vorbeiströmende Luft oben schneller als unten. Dort, wo die Luft schnell über eine gewölbte Fläche strömt, entsteht ein Sog, der auch Unterdruck genannt wird. Da der Unterdruck über dem Flugzeugflügel entsteht, wird das Flugzeug nach oben gesaugt, so entsteht Auftrieb. Der Auftrieb ist dafür verantwortlich, dass das Flugzeug abheben kann und dann auch in der Luft bleibt. Unter den Flügeln entsteht ein leichter Überdruck. Je schneller ein Flugzeug fliegt, desto höher ist der Auftrieb. Der Auftrieb wird außerdem davon beeinflusst, wie groß die Flügel sind, in welchem Winkel sie zum Flugzeug stehen und

in welcher Höhe das Flugzeug fliegt. Auch mit einem nicht gewölbten Flügel kann man Auftrieb erzeugen, wenn er im richtigen Winkel steht. Durch die Triebwerke wird das Flugzeug nach vorne geschoben, sie erzeugen den Vortrieb.



Damit das Flugzeug Luftwiderstand und Schwerkraft überwinden und abheben kann, sind ein kräftiger Vortrieb sowie ein stabiler Auftrieb notwendig.

Wie stark der Auftrieb von der Geschwindigkeit des Flugzeuges abhängt, kannst du mit einem Wurfgleiter ausprobieren. Kleine Papp- oder Styroporflugzeuge bekommst du schon für wenig Geld im Spielwarenhandel. Du kannst dir auch einen Papierflieger bauen (Bauanleitungen findest du im Internet oder in speziellen Büchern), um ein Experiment damit zu machen, das dir den Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Auftrieb zeigen wird.



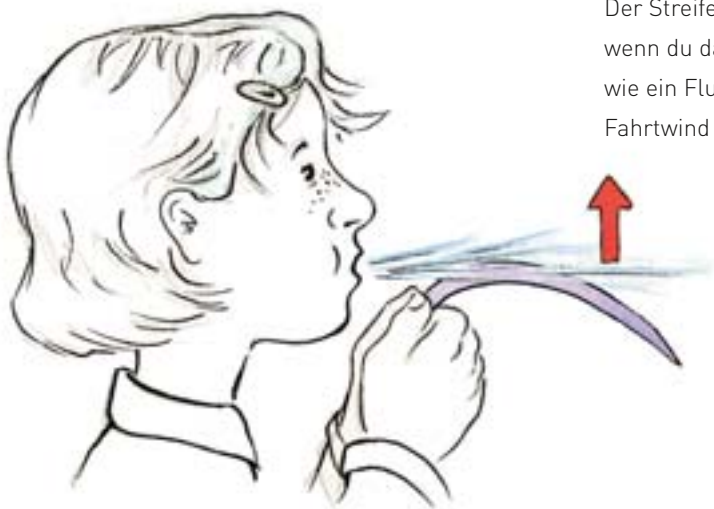
#### Teste einen Wurfgleiter

Hebe den Flieger hoch und lasse ihn fallen. Fliegt er von alleine? Wirf den Flieger mit einem leichten Schubs nach vorne und messe, wie weit er geflogen ist. Dann wirf den Flieger mit aller Kraft nach vorne – wenn du einen guten Flieger hast, kannst du beobachten, dass er bei deinem Wurf von selbst nach oben steigt. Das geschieht durch die Auftriebskraft. Wie weit kann dein Flieger maximal fliegen?

## Der Bernoulli-Effekt

Daniel Bernoulli war ein schweizerischer Mathematiker und Physiker und lebte im 18. Jahrhundert. Er erkannte, dass dort, wo eine Flüssigkeit schnell fließt, ein Unterdruck entsteht. Diese Aussage gilt ebenso für strömende Luft. Dieses Phänomen hat er vor ungefähr 300 Jahren entdeckt.

Am besten lässt sich der Bernoulli-Effekt in einem kleinen Versuch veranschaulichen: Halte einen Papierstreifen vor deinen Mund und puste darüber. Was passiert mit dem Streifen?



Der Streifen hebt sich leicht an, wenn du darüberpustest, genau wie ein Flugzeugflügel, der vom Fahrtwind angeströmt wird.

Der Streifen hebt sich an, weil der Luftstrom, den du durch das Pusten erzeugt hast, genauso wirkt wie der Fahrtwind beim Flugzeugstart: Über der gewölbten Fläche entsteht ein Sog, und dadurch wird das Papier angehoben.

Ein ähnliches Experiment kannst du auch mit einem etwas größeren Stück dünner Pappe ausprobieren. Falte es einmal in der Mitte und stelle es auf eine glatte Tischoberfläche. Lass jemanden unter diesem »Dach« hindurchpusten und bitte ihn, die Pappe dadurch abheben

zu lassen. Deine Versuchsperson wird überrascht sein, weil das nicht gelingt. Der Luftstrom saugt die Pappe nach unten. Teste den Versuch selbst, bevor du jemand anderen probieren lässt.

### **Wirbelnde Luft**

Während des Fluges entstehen an den Flügeln des Flugzeuges starke Luftwirbel, da sich Unter- und Überdruck am Ende der Tragflächen



versuchen auszugleichen. Weitere Wirbel, die um den gesamten Flügel herumgehen, sind für den Auftrieb ebenfalls sehr wichtig, da sie die Luft auf der Oberseite des Flügels beschleunigen und auf der Unterseite des Flügels verlangsamen. Die Luftwirbel, die das Flugzeug hinter sich herzieht, werden von Fachleuten auch als Wirbelschleppen oder Randwirbel bezeichnet. Sie entstehen während des Fluges hinter den beiden Flügelenden. Die Wirbelschleppen können für nachfolgen-

de Flugzeuge sehr gefährlich werden, da sie einen starken Sog erzeugen, in den man auf keinen Fall hineingeraten sollte.

Diese Wirbel haben aber auch noch andere Nachteile: Sie erzeugen einen Teil des Fluglärms und verbrauchen Energie. Der Lärm ist störend für die Menschen, die in der Nähe von Flughäfen oder entlang der Flugrouten wohnen. Der Energieverlust durch die Wirbel kostet die Fluglinien Geld, weil die Flugzeuge mehr Treibstoff verbrauchen. Beides sind Probleme, die Ingenieure vermeiden wollen und für die sie nach Lösungen suchen. Oberstes Ziel der Menschen ist es dabei, die Flugzeugtechnik nachhaltig zu verbessern und Energie zu sparen.



Bei diesem startenden Flugzeug kannst du die Randwirbel sehen, sie wurden durch eine rote Rauchsäule neben der Startbahn sichtbar gemacht.

