

Inhalt

Vorwort	4
Stationen der Ausstellung	5
Einführung	5
Zootrop	5
Wer fliegt wie?	7
Fliegende Wesen	8
Wenn Fliegen fliegen	9
Fliegen heute	10
Papierflieger	11
Werner Gruber: Raketen, Ballons und Papierflieger	12
Kurze Geschichte des Fliegens	13
Physik des Fliegens	18
Die Physik des Papierfliegers	22
Papierflieger-Modelle	25
Empfohlene Literatur	30
Ille Gebeshuber: Es fliegt, es fliegt. Ein kurzer Abriss über die Bionik des Fliegens	32
Kinderbücher zur Ausstellung Es fliegt, es fliegt	49
Flugpass-Auflösungen	50

Willkommen in der Ausstellung ES FLIEGT, ES FLIEGT!

Wie fliegen Pflanzen und Tiere? Was haben wir Menschen uns für den Bau unserer Fluggeräte von der Natur abgeschaut? Warum können so schwere Maschinen, wie Flugzeuge und Raketen überhaupt fliegen? Was hat Ikarus mit Supergirl gemeinsam? Welche verrückten und spannenden Geschichten von fliegenden Helden und Heldinnen wurden im Lauf der Jahrhunderte erfunden? Wer waren die Pionierinnen der modernen Luftfahrt? Wie funktioniert ein Flughafen und welche Berufe haben sich rund ums Fliegen entwickelt? Wie bastle ich perfekte Papierfliegermodelle?

In unserer großen Herbstausstellung „Es fliegt, es fliegt“ widmen wir uns auf interaktive und experimentelle Weise vielen Fragen zum Thema Fliegen. Neben biologischen, bionischen und physikalischen Fakten werden auch Mythen und Heldensagen sowie spannende Geschichten aus dem heutigen Flugverkehr interaktiv und experimentell aufbereitet.

Die hier vorliegenden Materialien für PädagogInnen beinhalten eine Beschreibung der einzelnen Stationen und legen die Hauptintentionen der KuratorInnen, WissenschaftlerInnen und KünstlerInnen offen, die an der Planung und Ausführung der jeweiligen Bereiche mitgewirkt haben.

Für die wissenschaftlichen Teile dieser Materialiensammlung, die sich v.a. mit den Themen Biologie, Bionik, Physik des Fliegens und Geschichte des Flugwesens befassen, konnte das ZOOM Frau Prof. Ille Gebeshuber von der Universiti Kebangsaan, Malaysia und Mag. Werner Gruber, vom Institut für Experimentalphysik an der Universität Wien gewinnen.

Besonders hinweisen möchten wir sie auf die einfachen und wirkungsvollen Experimente, die Werner Gruber im Kapitel „Physik des Fliegens“ beschreibt und die Sie im Unterricht einsetzen können. Auch die Papierflieger-Modelle samt ihrer physikalischen Beschreibungen, eignen sich hervorragend für den Unterricht.

Zur Ausstellung ist in der Reihe ZOOM Edition auch ein Hörbuch mit dem Titel „Es fliegt, es fliegt“ erschienen, das die Geschichte des Fliegens und der FlugpionierInnen für Kinder ab 6 Jahren amüsant und lehrreich aufbereitet. Die CD ist im ZOOM-Shop und im Fachhandel erhältlich.

Elisabeth Menasse-Wiesbauer und Thomas Marschall
(KuratorInnen)

Die Stationen der Ausstellung ES FLIEGT, ES FLIEGT

1. Die Einführung

Die Kinder betreten die Ausstellungshalle und befinden sich im Himmel! Auf Wolken sitzend, erhalten sie im Begrüßungsraum einen ersten Einblick in die vielfältigen Stationen der Ausstellung und werden auf den Besuch eingestimmt. Der Flugpass, der hier ausgegeben wird, leitet die Kinder quer durch die Ausstellung. Sie werden dazu animiert, nach Antworten auf biologische, technische, physikalische, und ökologische Fragen zu suchen.

2. Das Zootrop

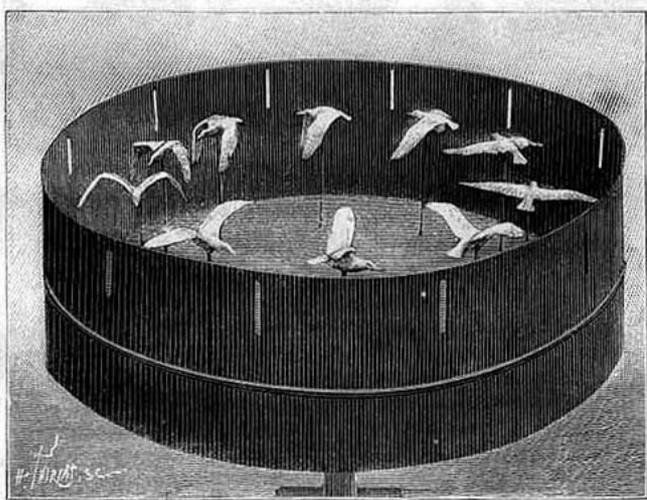


Fig. 9. — Zootrope dans lequel sont disposées 10 images en relief d'un goéland dans les attitudes successives du vol.

Quelle: stephanieconnor.wordpress.com/2009/02/

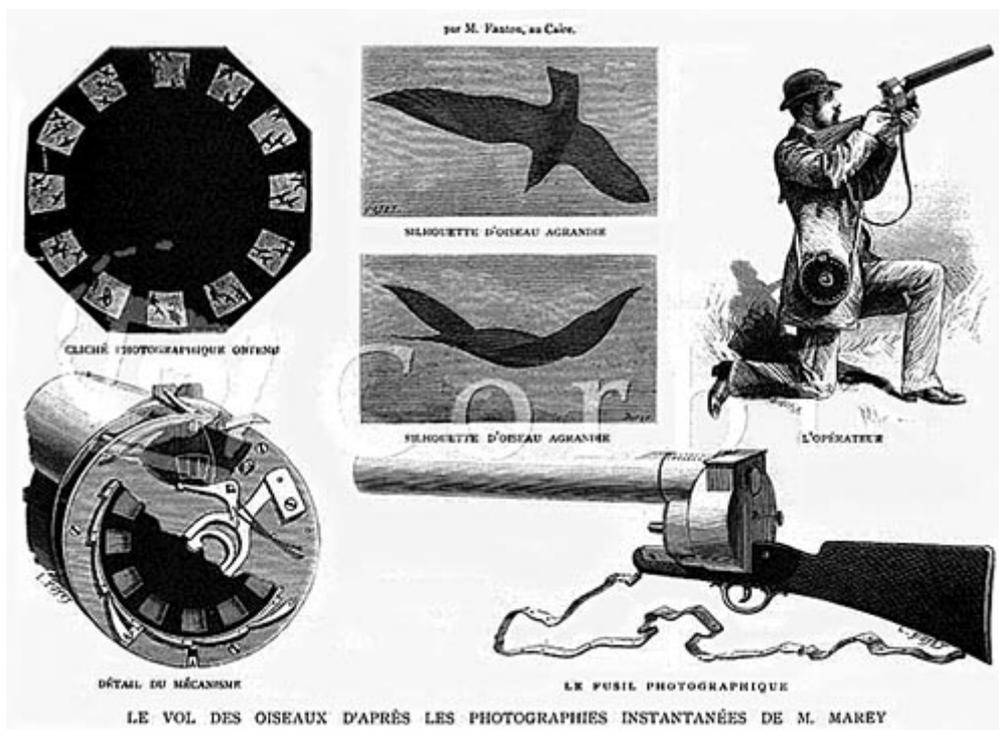
Als spielerischen Einstieg bringen die Kinder auf einem Riesenzootrop Vögel zum Fliegen. Dabei können sie die Tiere im Flug betrachten und die verschiedenen Bewegungsabläufe analysieren.

Das Zootrop ist ursprünglich ein Gerät der Wissenschaft und zugleich ein Vorläufer der Kinematografie. Es diente Ende des 19. Jahrhunderts den Wissenschaftlern und Pionieren Eadward Muybridge und Étienne-Jules Marey dazu, Bewegungsabläufe wie z.B. das Flugverhalten von Vögeln sichtbar und damit nachvollziehbar zu machen. Später fand es seinen Platz als Kinderspielzeug und Jahrmarktattraktion.

Hierzu ein zeitgenössischer Artikel aus
Die Photographie des Vogels mitten im Fluge
von Adolf Kröner publiziert in der Zeitschrift *die Gartenlaube Leipzig* 1882

Die Photographie des Vogels mitten im Fluge ist dem französischen Physiologen Prof. Marey, wie er am 13. März der Pariser Akademie der Wissenschaften mitteilte, vollständig gelungen, und zwar so, daß jede einzelne Bewegung des Fluges im „Tausendstelsekundenbilde“

festgehalten wird. Wie wir in Nr. 25 der „Gartenlaube“ von 1878 mitgeteilt, war es damals dem Photographen Muybridge in San Francisco gelungen, durch Aufnahmen, deren jede nur 1/500 Secunde dauerte, die einzelnen Stellungen eines trabenden Pferdes darzustellen, wie es ihm auch geglückt, aus einem Taubenschwarme einzelne Tauben in vollkommen klarer Flügelstellung zu photographieren. Die Sache ist insofern von Interesse, als man darüber noch nicht völlig im Klaren ist, aus welchen einzelnen Bewegungen sich der Flug eines Vogels zusammensetzt; wenigstens bestanden hierüber zwischen den beiden besten Kennern des Problems, dem Prof. Marey und dem Dr. J. Bell Pettigrew, bisher erhebliche Meinungsverschiedenheiten. Um dieselben zu beseitigen, genügt es aber nicht, eine einzelne Stellung festzuhalten, sondern man muß, wie Muybridge in Bezug auf die Bewegungen der Pferde gethan hat, eine ganze Reihe auf einander folgender Flügelstellungen im Fluge erhaschen und dabei zugleich ihre Zeitdauer feststellen können. Es gelang dies Marey nach mehreren vergeblichen Versuchen, und zwar mit Hülfe eines mit Revolvermechanismus versehenen Apparates, der die Form eines Jagdgewehres hat, und mit dem man nach dem Vogel zielt. Man erhält mittelst desselben in der Secunde zwölf Bilder, von denen jedes zu seiner Aufnahme nur 1/700 Secunde Zeit erfordert. Bei Anwendung von Bromsilbergelatineplatten reicht diese mit dem Chronographen gemessene Zeitdauer (1/700 Secunde) selbst bei bedeckten Himmel aus; bei Sonnenschein genügt 1/1500 Secunde zur Aufnahme des Einzelbildes. Indem man eine Reihe dieser Flugbilder auf einer stroboskopischen Scheibe, die bekanntlich auch Wunderscheibe genannt wird, befestigt, kann man Vogelflug und Pferdetrab aus den einzelnen Momenten zusammensetzen und, wenn man die Scheibe langsam dreht, mit aller Gemächlichkeit im Spiegel studiren. Angesichts dieser Revolver-Photographen ist offenbar nichts mehr auf der Welt vor dem Photographirtwerden sicher, weder der Gauner, der sich gegen seine Portraitirung sträubt, noch die verdächtige Persönlichkeit oder die weibliche Schönheit auf der Straße und im Ballsaal, auf die sich ein unschuldiges Opernglas richtet. Ja, schließlich sind nicht einmal die Grimassen eines Possenreißers oder die Finger eines Taschenspielers davor geschützt, dingfest gemacht zu werden, um hernach im Zootrop, jenem Spielzeug für Alt und Jung, weiter „arbeiten“ zu müssen.



Quelle: www.shotgun-review.com

Künstlerische Umsetzung: Jakob Scheid

3. Wer fliegt wie?

Ein großer Bereich der Ausstellung ist der Frage „Wer fliegt wie?“ gewidmet. Hier geht es um unterschiedliche Techniken und Strategien des Fliegens, wie sie bei Pflanzen und Tieren in der Natur vorkommen. Leihgaben aus dem Naturhistorischen Museum geben Auskunft über verschiedene fliegende Lebewesen, wie Vögel, Insekten, fliegende Fische und Flugsamen. Wer sich noch stärker für die verschiedenen Flugarten interessiert, kann diese in einem Film von David Attenborough genau studieren. Im Labor können die Kinder mit Auflichtmikroskopen die Knochenstruktur von Vögeln, die Oberflächenbeschaffenheit der Haifischhaut oder den Bau von Flugsamen und deren Sinn in der Natur sowie deren Nutzung für Forschung und Technik nachvollziehen. Hier lernen sie außerdem historische Fallbeispiele aus der Bionik kennen: Leonardo da Vinci wurde z.B. bei der Konstruktion seiner Fluggeräte von Libellen und Fledermäusen inspiriert, Otto Lilienthal studierte den Flug der Störche und Igo Etrich orientierte sich beim Bau seines Etrich-Gleiters am Zanon-Samen. Bei dieser Station können die Kinder nach dem Vorbild der Natur selbst phantastische Fluggeräte erfinden und ihre Beobachtungen aufzeichnen.

Vertiefende Informationen zum Thema Biologie und Bionik sind im beigefügten Artikel von Ille Gebeshuber ab S. 31 zu finden.

Beratung: Ille Gebeshuber und Manuel Böck

Kooperationen: Naturhistorisches Museum Wien, Universiti Kebangsaan Malaysia

Künstlerische Umsetzung Skizzenraum: Nikolaus Gansterer

4. Was fliegt warum?

Um die drei unterschiedlichen Prinzipien des Fliegens und deren Umsetzung in Flugzeug, Rakete und Ballon geht es bei der Station „Was fliegt warum?“. Anhand von Experimenten mit einem Raketensessel, einem Heißluftballon und einem kleinen Windkanal probieren die Kinder die Wirkungsweise von Rückstoss, statischem und dynamischem Auftrieb aus.

1. Prinzip: Fliegen - leichter als Luft

Heiße Luft ist leichter als kalte, deshalb steigt sie auf und bringt einen Ballon zum Schweben. Dies können die Kinder anhand eines Heißluftballons nachvollziehen. Sie lernen auch, dass in den Ballons, die aufsteigen, gar keine Luft enthalten ist, sondern Helium, ein Gas, das leichter ist als Luft. An dieser Station erfährt man auch, dass der Amerikaner Larry Walters mit einem riesigen Bündel von Helium-Ballons, an denen er einen Sessel befestigte, in luftige Höhen aufgestiegen ist. Mittels Waage können die Kinder ausrechnen, wie viele Heliumballons sie bräuchten, um damit abzuheben.

2. Prinzip: Fliegen - schwerer als Luft

Flugzeuge können fliegen, obwohl sie schwerer sind als Luft. Wie ist das möglich? Flugzeugflügel sind „Luft-Umlenker“, die die anströmenden Luftmassen nach unten umlenken. Dadurch wird das Flugzeug nach oben getrieben. Das nennt man „dynamischen Auftrieb“. Je höher die Geschwindigkeit, desto größer der Auftrieb. Diesen Sachverhalt können die Kinder bei einem Windkanal sinnlich nachvollziehen.

3. Prinzip: Raketenantrieb

Eine Rakete fliegt eigentlich gar nicht, sondern stößt sich ab. Sie bewegt sich durch die Luft, wie ein Tintenfisch im Wasser.

Diese drei physikalischen Prinzipien des Fliegens werden ausführlich im hinteren Teil des Manuskripts von Werner Gruber beschreiben. Ergänzt werden die Beschreibungen von zahlreichen Anleitungen für Experimente, die auch in der Schule sehr einfach durchzuführen sind.

Inhaltliche Beratung: Werner Gruber

Künstlerische Umsetzung: Dominik Guggenberger

5. Fliegende Wesen:

Fliegende Wesen wie Hexen, Ikarus, Superman, Supergirl, Mary Poppins und Harry Potter haben Kinder immer schon fasziniert. In der Ausstellung werden verschiedene klassische, moderne, weibliche und männliche fliegende Gestalten präsentiert. Die Kinder wählen das Kostüm ihrer Lieblingsfigur, inszenieren sich „fliegend“ vor einem gemalten Hintergrund und werden fotografiert. Die Bilder können zu Hause von der Website des ZOOM Kindermuseums heruntergeladen werden.

Fliegende Wesen – eine Auswahl: (In der Ausstellung sind nur Ikarus, Hexe Superman, Supergirl, Mary Poppins und Harry Potter vertreten.)

Ikarus

Ikarus ist der Held einer antiken griechischen Sage. Er wurde gemeinsam mit seinem Vater Daedalus, einem Erfinder, von König Minos von Kreta gefangen gehalten. Um von der Insel Kreta zu flüchten, baute Daedalus für sich und seinen Sohn Ikarus Flügel aus Federn und Wachs. Bei seinem Fluchtversuch flog Ikarus so hoch, dass die Sonne das Wachs aufweichte und er abstürzte. Daedalus hingegen gelang die Flucht nach Sizilien.

Engel

Engel sind geflügelte Wesen, die zwischen Menschen und Göttern vermitteln. Schon bei den alten Ägyptern und Persern, Griechen und Römern gab es Engelsfiguren. Die Ägypter stellten sich Engel in Frauengestalt vor. Im Judentum, Christentum und Islam hingegen werden Engel als Männer beschrieben. Interessant ist, dass sich die Darstellungen von Engeln im Christentum in den letzten Jahrhunderten stark verändert haben. Im Mittelalter wurden Engel als starke Männer gemalt, in der Renaissance als schöne Jünglinge und im Barock oft als Bubenbabys.

Hexen

Hexen sind mit Zauberkräften ausgestattete Frauen, die auf Besen fliegen können. Geschichten über Hexen gibt es in Europa schon seit vielen Jahrhunderten, in manchen werden Hexen als jung und schön, in anderen als alt und hässlich beschrieben. Ihre Zauberkräfte können sie für gute oder schlechte Taten einsetzen. Berühmte Hexen sind Bibi Blocksberg, die kleine Hexe und die Hexe aus Hänsel und Gretel. Im Mittelalter und der frühen Neuzeit wurden viele Frauen als Hexen bezeichnet und grausam verfolgt und ermordet.

Superman

Superman wurde von den beiden Jugendlichen Jerry Siegel und Joe Shuster vor mehr als 70 Jahren in den USA erfunden. Seither hat er in vielen Comics und Spielfilmen mitgespielt. Im Laufe der Jahre haben sich seine übernatürlichen Kräfte gewandelt. Superman konnte nicht immer fliegen, in den ersten Jahren konnte er nur sehr weit springen. Neben seinen Flugkünsten verfügt der heutige Superman noch über andere außergewöhnliche Fähigkeiten: Er ist enorm stark und schnell, fast unverwundbar, hat ein Supergehör und ein Supersehvermögen.

Supergirl

Supergirl stammt vom Planeten Krypton und ist die Cousine von Superman. Ihr eigentlicher Name lautet Kara Zor-El, hin und wieder nennt sie sich aber auch Linda Lee. Sie verfügt über die gleichen übernatürlichen

Superkräfte wie Superman. In vielen Comics und Filmen tritt sie nicht nur als Nebenfigur von Superman auf, sondern als eigenständige Hauptfigur.

Mary Poppins

wurde vor 75 Jahren von P. L. Travers als Romanfigur erfunden und 1964 von Walt Disney Productions verfilmt. Sie ist Kindermädchen in einer reichen Familie. Zum Fliegen verwendet sie einen Regenschirm.

Karlsson vom Dach

wurde von Astrid Lindgren erfunden. Er ist ein erwachsener Mann in den besten Jahren, aber so klein wie ein Kind. Karlsson kann fliegen, weil er einen Propeller am Rücken hat. Er ist selbstsüchtig, gierig und unzuverlässig, hat aber ein gutes Herz. Gemeinsam mit seinem Freund Lillebror spielt er den Erwachsenen gerne Streiche.

Künstlerische Umsetzung: Götz Buy

6. Fliegen

Was wäre eine Ausstellung zum Thema Fliegen, ohne selbst abzuheben? Als Stubenfliegen verkleidet können sich die Kinder mit Seilzügen in luftige Höhen ziehen.

Technische und künstlerische Umsetzung: Alexander Gölles und Tina Handl

7. Fliegen heute

Ein Highlight der Ausstellung ist das im Maßstab 1:1 nachgebaute Modell einer Fokker 100. Im Flugzeug und auf dem stilisierten Flugfeld finden die Kinder Informationen, Fragen, Rätsel und Spiele, die sich um das Fliegen und die Berufe die damit verbunden sind (LotsIn, EinwinkerIn, Redcap, Steward oder Pilotin), drehen.

Hier einige dieser Fragen:

Wozu braucht man Sauerstoffmasken?

Sauerstoffmasken fallen automatisch aus der Flugzeugwand, wenn der Luftdruck im Flugzeug sinkt. In diesem Fall bekommen die Menschen zu wenig Sauerstoff. Das kann zu Ohnmacht oder sogar zum Tod führen. Mit einer Sauerstoffmaske kann Sauerstoffmangel verhindert werden.

Warum gibt es bei Flügen eine Zeitverschiebung?

Die Sonne scheint auf die Erde, und weil die Erde eine Kugel ist, ist es auf der einen Seite – wo die Sonne hinscheint - Tag und auf der anderen Seite Nacht. Da sich die Erde zusätzlich auch noch um sich selbst dreht, gibt es immer einen Wechsel zwischen Tag und Nacht – zum Glück, sonst würde es auf einer Seite immer hell sein und auf der anderen Seite immer dunkel.

Das heißt, wenn es bei uns in Wien Mittag ist, ist es in Tokio schon 19 Uhr am Abend und in New York noch Morgen. Der Zeitunterschied wird immer größer, je weiter du weg bist. In Australien (Osten) ist es z.B. schon 22 Uhr abends, wenn es bei uns noch 12 Uhr mittags ist, und in New York (Westen) ist es erst 6 Uhr früh. Entlang des Polarkreises gibt es eine ganz besondere Situation: Dort dreht sich die Erde fast gleich schnell wie ein Flugzeug stilisiert fliegt. Wenn du in den Westen, also gegen die

Erdumdrehung fliegst, schaut es so aus, als würde die Zeit still stehen. Wenn du z.B. um 12 Uhr Mittag von der norwegischen Hauptstadt Oslo nach Ottawa in Kanada fliegst, landest du nach einer Flugzeit von 6 Stunden wieder um 12 Uhr Mittag, also zum gleichen Uhrzeit am gleichen Tag.

Essen im Himmel

Im Flugzeug schmeckt das Essen anders und zwar weniger geschmacksintensiv als unten auf der Erde. Deshalb müssen die Speisen im Flugzeug stärker gewürzt werden. Warum?

Die Geschmacksnerven auf der Zunge sind durch den geringeren Luftdruck und die trockene Luft weniger empfindlich.

Seltsamerweise trinken im Flugzeug überdurchschnittlich viele Menschen Tomatensaft.

Fliegen, Bahn oder Fahrrad fahren? Schnell oder sauber nach Paris?

Mit dem Flugzeug bist du in 2 Stunden in Paris, mit der Bahn fährst du 13 Stunden. Aber beim Fliegen ist der Schadstoffausstoß (CO₂) pro Person 12-mal höher als beim Bahnfahren.

Mit dem Fahrrad produzierst du gar kein CO₂, allerdings bist du nach Paris 85 Stunden ohne Unterbrechung unterwegs.

Wie viele Flugzeuge sind geflogen, als deine Großeltern jung waren?

Vor 50 Jahren sind vom Flughafen Wien täglich nur 40 Flugzeuge gestartet und gelandet. Heute sind es über 700.

Die AUA flog vor 50 Jahren nur in ein anderes Land, nämlich nach England. Heute fliegt sie in mehr als 60 verschiedene Länder.

Wie viele Passagiere starten und landen am Flughafen Wien pro Tag?

Pro Tag starten und landen 53 972 Passagiere am Flughafen Wien.

Was ist ein Kondensstreifen?

Ein Kondensstreifen ist eine Wolke aus kristallinem gefrorenem Wasserdampf, der ab einer Flughöhe von 10 Kilometern und einer Temperatur von minus 40 Grad Celsius entsteht.

Ein weiterer Bereich der Flugzeugstation beschäftigt sich mit den Geschichten fliegender Frauen. In den Sitzen des Flugzeugs können die Kinder den spannenden und beeindruckenden Geschichten dieser mutigen Pionierinnen der modernen Luftfahrt lauschen. Die Geschichten erzählen, wie Elise Garnerin als erste Frau eine Ballonfahrt unternahm, Amelia Earhardt den Pazifik überquerte, Elly Beinhorn den modernen Fallschirm erfand und Valentina Tereshkova als erste Frau ins Weltall flog.

Die Hörgeschichten über die fliegenden Frauen sind im Verbund mit vielen anderen Geschichten rund ums Fliegen als Hörbuch mit dem Titel „*Es fliegt, es fliegt*“ – *Hörgeschichten zum Abheben für Kinder ab 6 Jahren* im Rahmen der ZOOM Edition erschienen und sind im ZOOM- Museumsshop erhältlich oder im Fachhandel bestellbar.

Kreative Planung und technische Umsetzung der Stationen Flugzeug und Umgebung: Dominik Guggenberger, Deko Trend

Text und Regie der Hörstationen und des Hörbuches: Barbara Stieff

8. Papierflieger:

In der letzten Station lernen die Kinder beim Basteln und Ausprobieren von Papierfliegern spielerisch die Fakten und Grundgesetze der Physik des Fliegens kennen. Zur Auswahl stehen verschiedene Modelle mit speziellen Eigenschaften, die je nach Bauweise und Abwurftechnik unterschiedlich hoch, weit oder spektakulär fliegen, oder auch abstürzen.

Detaillierte Faltanleitungen und physikalische Hintergrundinformationen von Werner Gruber befinden sich im hinteren Teil der Materialien.

Inhaltliche Konzeption und MitarbeiterInnen-Einschulung: Werner Gruber

Ausstellung: ES FLIEGT, ES FLIEGT

KuratorInnen: Elisabeth Menasse-Wiesbauer, Thomas Marschall

Architektur: The next Enterprise

Künstlerische Beiträge von Götz Bury, Werner Gruber, Nikolaus Gansterer, Dominik Guggenberger, Tina Handl, Edgar Honetschläger, Jakob Scheid, Barbara Stieff

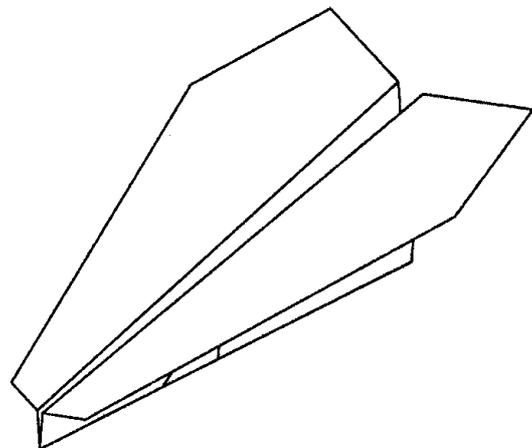
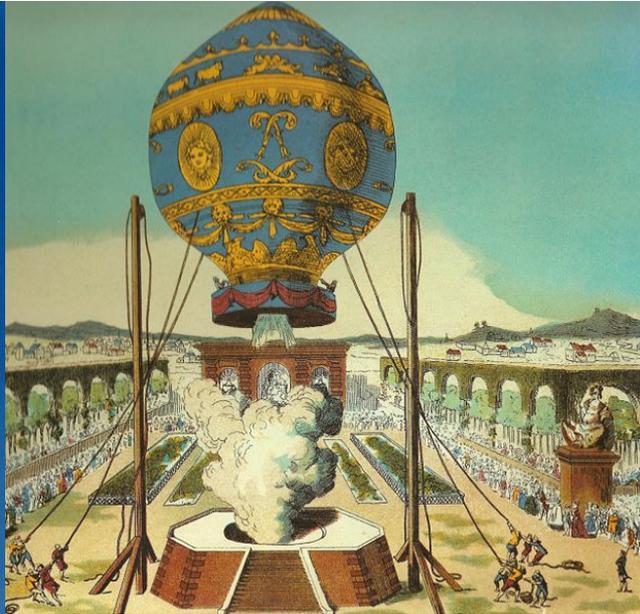
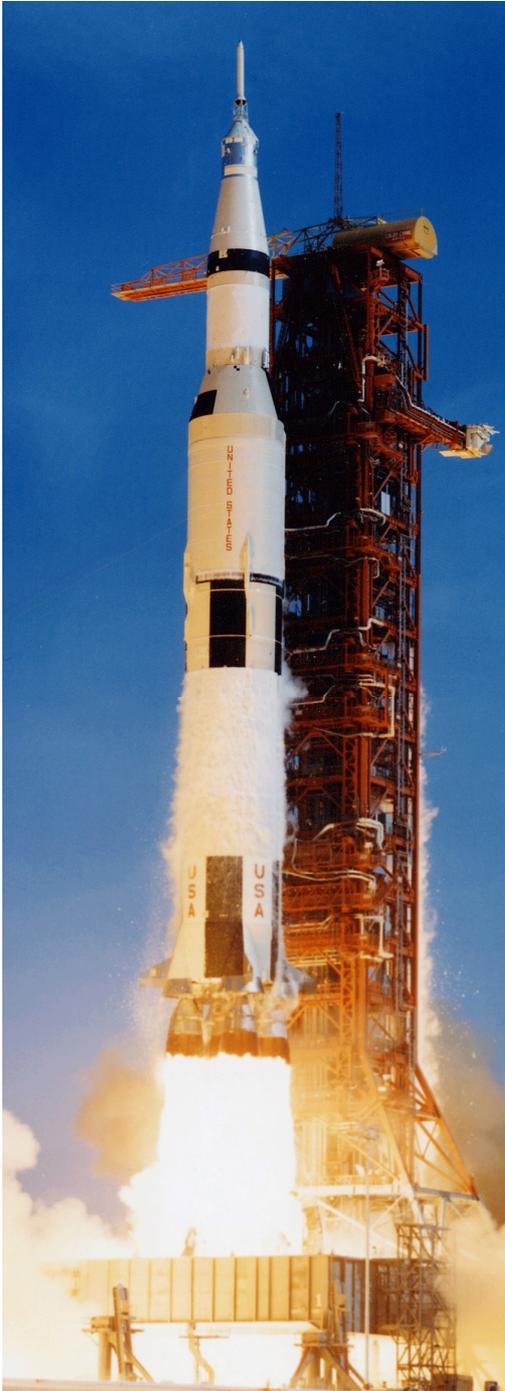
Wissenschaftliche Beratung: Manuel Böck, Alexander Chenet, Ille Gebeshuber, Werner Gruber

Grafik: Bernhard Winkler

Laufzeit der Ausstellung: 20. 9. 2009 – 21. Februar 2010

Raketen, Ballons und Papierflieger

Gruber Werner



1. Kurze Geschichte des Fliegens

Der Mensch kann nicht fliegen - aber es war einer der größten Träume der Menschheit, sich in die Lüfte zu erheben, der Knechtschaft zu entfliehen, die Seele baumeln zu lassen oder einfach nur die Erde aus einer anderen Perspektive beobachten zu können.



Dädalus und Ikarus, die Helden einer griechischen Sage, versuchten durch die Luft der Gefangenschaft zu entfliehen. Der Sage nach, hatte sie König Minos gefangen genommen, nachdem Dädalus das Labyrinth für das Stier-Menschen-Wesen Minotaurus gebaut hatte. Dädalus fertigte für sich und seinen Sohn Flügel aus Federn und Wachs und sie erhoben sich in die Freiheit. Bei dem Flug kam Ikarus der Sonne zu nahe, das Wachs schmolz und er stürzte ab.

Leider ist es nur eine Sage und es war für die Menschheit ein beschwerlicher Weg voller Irrtümer und Tragödien zum ersten Flug. Auch wenn die technischen Möglichkeiten lange nicht gegeben waren, so beflügelte die Phantasie vom Fliegen die Menschen.

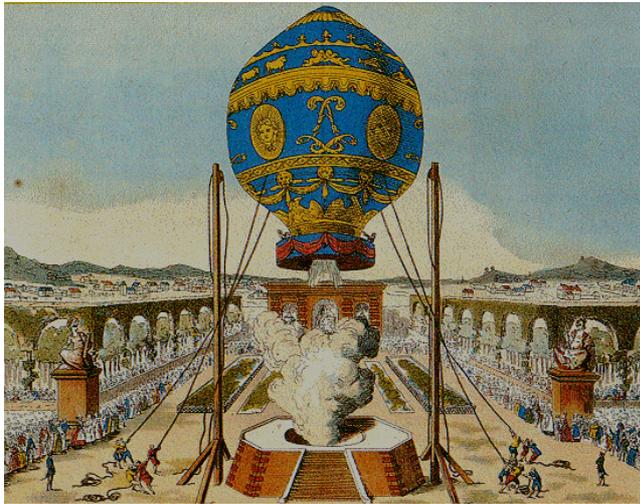
Schon Aristoteles (4. Jahrhundert vor Christus) meinte, dass das Element "Feuer" schwerer sei, als das Element "Wasser". Damit war die Idee geboren, mit so genannten Feuerschiffen durch die Luft zu reisen. Wenn ein Objekt leichter als Luft ist, dann kann es darin schwimmen, beziehungsweise fliegen. Wie aber kann man das Feuer so bändigen, dass man es für den Flug nutzen kann. Die Antwort konnte erst 2100 Jahre später gegeben werden.

Im 5. Jahrhundert vor Christus experimentierte man in China mit Bambusstäben und Stoff, um flugfähige Apparate zu bauen. Diese Drachen erhoben sich aber nur bei starkem Wind. Sie waren auch noch an Leinen befestigt. Der chinesische Feldherr Han Hsin ließ Drachen über die feindlichen Festungen treiben und aus der Länge der Schnur konnte er den Abstand zur belagerten Stellung ermitteln. In Japan baute man Riesendrachen. Mit diesen Drachen wurden Menschen als Kundschafter oder fliegende Bogenschützen in die Lüfte geschickt. In der frühen Heian Ära (782-1184 n. Chr.) wurden kleine Papierflieger aus Holz und dünnem Papier mit scharfen spitzen Nasen gebaut. Nach Meinung einiger Historiker wurde eine große Anzahl dieser Flieger in Schlachten verwendet.



Tatsächlich konnten schon die Chinesen mit Raketen den Himmel erobern. Als Treibmittel verwendeten sie Schwarzpulver. Es heißt, dass sie im Jahr 1232 in der Schlacht bei K'ai-Fung-Fu mit „Pfeilen fliegenden Feuers“ die mongolischen Eindringlinge abwehrten. Die Raketen sorgten mit ihrem lauten Pfeifen und dem grellen Lichtschein vor allem für Angst – sie waren für die Feinde noch unbekannt.

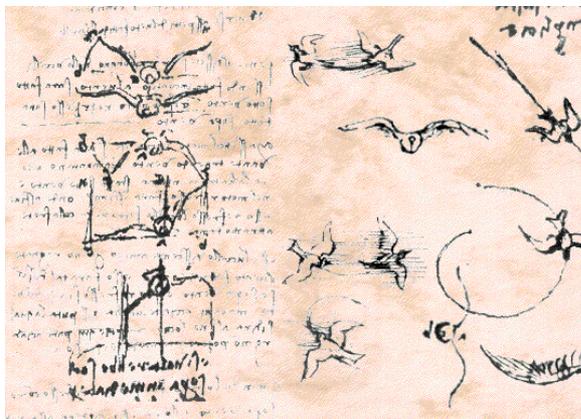
Bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts wurden Raketen größtenteils als Feuerwerkskörper verwendet.



An einem kühlen Novemberabend machte Michel-Joseph de Montgolfier eine Entdeckung, die ein Genie von einem Normalsterblichen unterscheidet. Er saß vor dem Kamin und beobachtete wie die Rußteilchen des Feuers durch die heiße Luft nach oben getrieben wurden. Dabei kam ihm der Gedanke, dass man doch die heiße Luft in einen Behälter einfangen könnte. Dieser Behälter könnte sich dann vom Boden lösen und fliegen. Man müsste nur an dem Behälter einen kleinen Korb befestigen und schon könnte sich eine Person in die Luft erheben.

Mit seinem Bruder Etienne Jacques de Montgolfier experimentierte er mit leichten

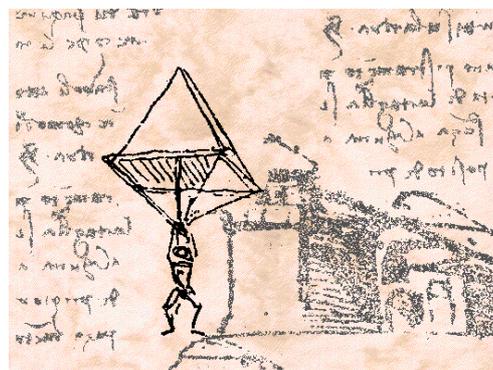
Stoff- und Papiersäcken, die sie mit heißer Luft füllten. Sie erkannten bald, dass der Behälter - ein Heißluftballon - sehr groß sein müsste, damit er einen Menschen tragen konnte. Nach vielen Experimenten konstruierten sie einen unbemannten Heißluftballon, der sich am 4. Juni 1783 in die Lüfte erhob. Er war aus Leinwand gefertigt, mit Papier gefüttert, und mit einem Hanfnetz überzogen. Im August wurde ein Ballon mit Tieren in die Luft geschickt und abermals klappte das Experiment. Endlich, am **21. November 1783** startete ein Heißluftballon der Gebrüder Montgolfier mit Menschen an Bord. Der Mensch hat seine ersten Schritte in die Luft gemacht.



Der Erfinder Leonardo da Vinci (1452-1519) konstruierte verschiedenste Fluggeräte. Sie waren wohlgedacht, aber leider berücksichtigten sie nicht immer die Gesetze der Physik. Die meisten der Apparate sollten mit der Kraft der menschlichen Arme bewegt werden. Der tatsächliche Kraftaufwand überschreitet aber die Möglichkeiten der besten Athleten. Trotzdem waren seine Ideen bahnbrechend. So stellte er Studien über den Vogelflug an, um sich über das Fliegen zu "informieren". Leider schenkte er mehr dem Flugverhalten der Vögel Bedeutung, als den Flügeln - in denen das Geheimnis des Fluges

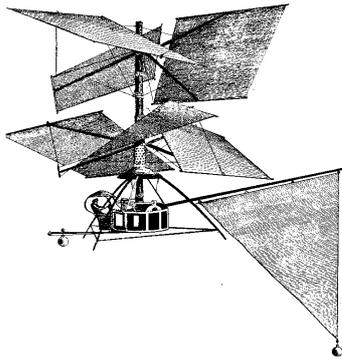
verborgen ist. Er vermutete, dass der entscheidende Punkt beim Flug das Schlagen der Flügel eines Vogels sei - unter den flatternden Flügeln soll ein Gebiet komprimierter Luft entstehen, das den Vogel

trägt. Trotzdem war es Leonardo da Vinci, der entdeckte, dass die Luft der Bewegung eines festen Körpers einen Widerstand entgegengesetzt. Er stellte sich gegen die damalige Lehrmeinung, dass Menschen nicht fliegen können. Der Ausspruch *"Wenn Gott gewollt hätte, dass der Mensch fliegt, hätte er ihm Flügel gegeben"*, war für ihn mehr Ansporn als Abschreckung. Er dachte über ein von Menschen betriebenes Fluggerät, über den Hubschrauber und über Fallschirme nach. Leider fehlten ihm damals geeignete Materialien, um selbständig Experimente durchführen zu können.



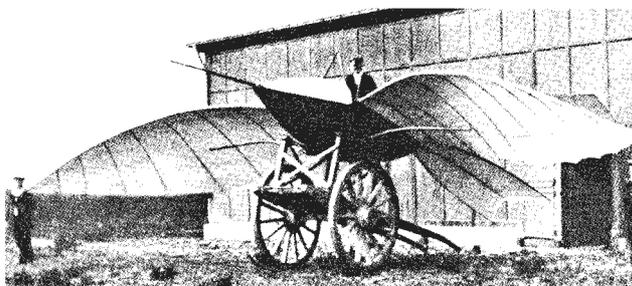
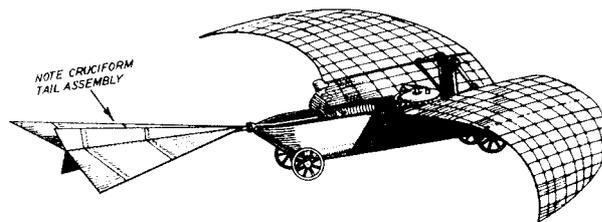
Vielleicht wäre es ihm dann möglich gewesen, mit den Experimenten, ein flugtaugliches Gerät zu entwickeln. Eine Idee funktionierte aber tatsächlich. Sein von ihm entwickelter Fallschirm wurde im Jahr 2000 nachgebaut und erfolgreich getestet.

Der Physiker Galileo Galilei konnte den Luftwiderstand erstmals experimentell nachweisen und der niederländische Physiker Huygens konnte ein interessantes Gesetz finden: Der Widerstand der Luft ist proportional zum Quadrat der Geschwindigkeit des (fliegenden) Objekts. Newton kam aufgrund mathematischer Ableitungen zum selben Schluss. Newton war es auch, der die ersten aerodynamischen Gesetze aufstellte, aber es war noch ein weiter Weg, bis ein Mensch tatsächlich fliegen konnte.



Es entstanden einige sehr interessante Konstruktionen von einer Vielzahl von Erfindern. So entwickelte der Italiener Vittorio Sarti 1828 ein Fluggefährt - eine Mischung aus Hubschrauber und Segelflieger - mit gewaltigen Papierflügeln. Das Gebilde sollte die Kraft von Windböen ausnutzen. Es wurde nie gebaut.

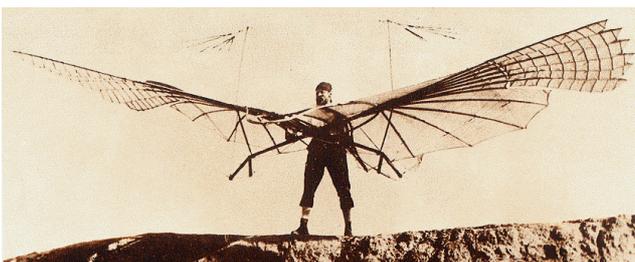
Werner Siemens baute im Jahr 1847 das erste mit Schießpulver betriebene Flugzeug. Leider konnte es nur kurze Hüpfer über dem Boden machen.



Das Segelflugzeug von Le Bris wurde beim Start von galoppierenden Pferden gezogen. Abgehoben ist es nicht. Man unterschätzte das Gewicht des Flugzeuges und die Gesetze der Aerodynamik wurden auch nicht berücksichtigt. Die Flügel sehen zwar den Vogelflügeln ähnlich, aber sie besitzen kein Tragflächenprofil.

Um 1880 entwickelte Konstantin Ziolkowski die mathematisch-physikalische Theorien der Raketen. Er formulierte alle wesentlichen Probleme der Raumfahrt und löste auch viele. Erst 1903 veröffentlichte Ziolkowski ein neues Raketenprinzip. Die Raketen sollten nicht mehr mit Schwarzpulver sondern mit flüssigem Sauerstoff und Wasserstoff angetrieben werden.

Der Flugpionier Otto von Lilienthal wurde von fliegenden Störchen inspiriert. Schon mit 14 Jahren experimentierte er mit hölzernen Flügeln, um den Vogelflug zu imitieren. Seine Modelle wurden immer größer, aber er scheiterte immer. Dann kam ihm die Idee, dass das Profil der Tragflügel wichtig ist. Er entwickelte einen neuen Gleiter, der über eine gewölbte Tragfläche verfügte - diese Idee war der Durchbruch. Im Jahr 1891 startete er mit seinem Gleiter - ein paar Holzverstrebungen mit Papier verkleidet - und er segelte rund 25 Meter durch die

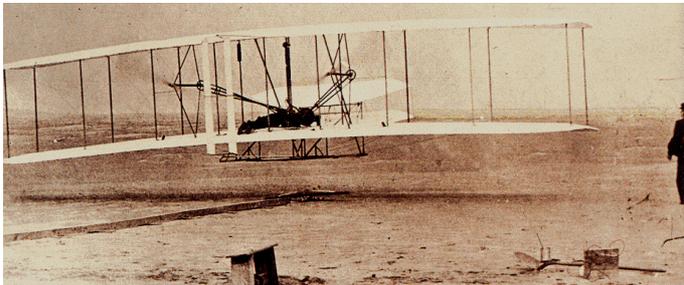




Luft. Das war der Beginn für viele Experimente und Modifikationen an seinen neuen Gleitern, die tatsächlich flogen. Mit den Gleitern gelangen ihm 400 Meter weite Flüge. Er kam auf insgesamt 2000 Flüge. Wenn man bedenkt, dass er für jeden einzelnen Flug, der nur ein paar Sekunden - höchstens ein bis zwei Minuten - dauerte, auf einen Hügel mit dem sperrigen Gleiter klettern musste, dann ist dies aus sportlicher Sicht schon eine beträchtliche Leistung. Am 9. August 1896 starb der Flugpionier, der den Begriff Flugzeug geprägt hatte,

an den Folgen eines Absturzes mit seinem Gleiter.

Auch Wilbur und Orville Wright entdeckten die Leidenschaft für das Fliegen in ihrer Jugend. Als Kinder bekamen sie ein Flugmodell mit Gummimotor geschenkt, das sie nachbauten und verbesserten. Sie waren davon besessen, einen Flieger zu konstruieren, der sich mit Motorkraft - alleine, ohne die Kraft des Windes - in der Luft bewegen konnte. Zuerst bauten sie die Gleiter von Lilienthal nach. Sie mussten aber erkennen, dass die Wölbung der Lilienthalschen Tragfläche nicht optimal war. So



konstruierten sie den ersten Windkanal der Welt, um die Tragflächen zu verbessern. Mit diesen verbesserten Tragflächen konnten sie einen viel stabileren Gleiter bauen. Leider gab es zur damaligen Zeit keinen Motor, der leicht und gleichzeitig leistungsfähig genug gewesen wäre, um den Gleiter in die Luft zu bringen. Also engagierten sie

einen Motortechniker und entwickelten in nur 6 Monaten einen 12 PS-Vierzylindermotor, der weniger als 100 Kilo wog. Am 17. Dezember 1903 begannen die Versuche mit dem ersten motorgetriebenen Flugzeug der Welt. Beim ersten Versuch blieb der Flieger 12 Sekunden in der Luft, die beiden nächsten Versuche endeten mit Bruchlandungen. Im vierten Anlauf klappte es: 260 Meter weit und 57 Sekunden in der Luft - der erste echte motorisierte Flug eines Menschen.

Tatsächlich wurde die erste Rakete mit flüssigem Treibstoff erst am 16. März 1926 von Robert H. Goddard in den USA gestartet. Um 1930 wurde in Berlin-Reinickendorf von Rudolf Nebel der erste Raketenflugplatz gegründet. Dort wurden viele technische Detailprobleme von zahlreichen Ingenieuren gelöst. Am 8. September 1944 erfolgte der erster erfolgreiche Start einer Großraumrakete, der „V2“: Wernher von Braun konstruierte sie in der Zeit des Nationalsozialismus im deutschen Ort Peenemünde. Sie diente als Waffe und wurde gegen England eingesetzt.



In der Fliegerei gab es seit den Gebrüdern Wright gewaltige Fortschritte. Besondere Meilensteine waren die Flüge von Charles Lindbergh. Er führte am 20. Mai 1927 in seiner „Spirit of St. Louis“ den ersten Transatlantikflug — nonstop im Alleinflug von New York nach Paris — durch. Er benötigte 33 Stunden und 30 Minuten. Dadurch konnten die Fluggeräte ihre Zuverlässigkeit und Sicherheit beweisen. Aber auch in der Antriebstechnik änderte sich einiges. Die Propellertriebwerke wurden von den Düsentriebwerken abgelöst. Der erste Schritt dazu fand am 27. August 1939 statt. Damals startete das erste Flugzeug mit Düsenantrieb zum Jungfernflug. Das Triebwerk wurde vom Physiker Hans Joachim Pabst von Ohain entwickelt.



Mit Hilfe der Düsentriebwerke wurden die Flugzeuge immer schneller und am 14. Oktober 1947 durchbrach der Amerikaner Chuck Yeager mit der X-1 als erster Mensch die Schallmauer. Der Antrieb erfolgt allerdings noch durch einen Raketenantrieb. Erst im Jahre 1968 unternahm die russische „Tupolew TU-144“ als erstes überschallschnelles Verkehrsflugzeug den Dienst. Die europäische „Concorde“ machte den Erstflug zwei Monate später.

Am 4. Oktober 1957 schoss die damalige Sowjetunion den ersten Satelliten mit Namen „Sputnik 1“ mit einem Gewicht von 83.6 kg in die Erdumlaufbahn. Damit begann ein Wettlauf um den Weltraum zwischen den Vereinigten Staaten von Amerika und der UDSSR.

Das erste Lebewesen im All war die Hündin Laika. Sie wurde von der Sowjetunion am 3. November 1957 in die Umlaufbahn geschossen. Allerdings starb sie wenige Stunden nach dem Start – die Kapsel überhitzte sich zu stark.



Als erster Mensch im All umkreiste am 12. April 1961 der Russe **Juri Gagarin** mit dem Raumschiff „Wostok 1“ die Erde. Vier Jahre später fand der erste Weltraumspaziergang statt. Am 18. März 1965 unternahm der Kosmonaut Alexej Leonow den ersten Weltraum-Spaziergang. Er befand sich über 20 Minuten außerhalb der Kapsel. Bis zu diesem Zeitpunkt hatte die Sowjetunion einen Vorsprung vor den Amerikanern bei der Raumfahrt. Aber die Amerikaner holten immer mehr auf und am 21. Juli 1969 war ihr Ziel erreicht. Neil Armstrong und Edwin Aldrin betreten als erste Menschen den Mond. Am 19. April 1971 wurde die erste bemannte Raumstation „Saljut 1“ mit einem Gewicht von 18.5 Tonnen in die Umlaufbahn gebracht. Sechs weitere Raumstationen folgen in den nächsten Jahren. 1972 wurde die amerikanische Raumsonde Pioneer 10 gestartet. Sie erreichte als erste Sonde den Jupiter.



Am 3. September 1976 landete die amerikanische Sonde Viking 2 am Mars und suchte vergebens nach Leben. Die Kosten für die einzelnen Projekte waren für eine Nation zu teuer geworden und bald kam die Einsicht, dass es sinnvoller wäre, zusammen zu arbeiten. So starteten die Sowjets im Jahr 1986 die ständig bemannte Raumstation MIR. Im Laufe der Zeit beteiligten sich die Amerikaner an der Raumstation. 1998 wurde die MIR von der internationalen Raumstation ISS abgelöst, die seit 1998 im All ist.

Am 3. September 1976 landete die amerikanische Sonde Viking 2 am Mars und suchte vergebens nach Leben. Die Kosten für die einzelnen Projekte waren für eine Nation zu teuer geworden und bald kam die Einsicht, dass es sinnvoller wäre, zusammen zu arbeiten. So starteten die Sowjets im Jahr 1986 die ständig bemannte Raumstation MIR. Im Laufe der Zeit beteiligten sich die Amerikaner an der Raumstation. 1998 wurde die MIR von der internationalen Raumstation ISS abgelöst, die seit 1998 im All ist.

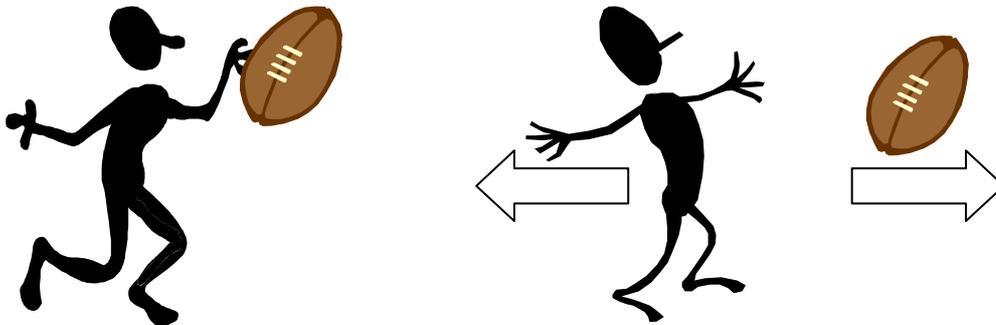
2. Physik des Fliegens

Raketen – fliegen überall – auch im ALL!

Raketen zählen zu den interessantesten und neuesten Fortbewegungsmitteln der Menschen. Die Natur kennt das Prinzip des Rückstoßantriebes schon viel länger. So saugen Tintenfische Wasser an, komprimieren es (d. h. sie versuchen das Wasser zusammenzudrücken) und stoßen es nach hinten ab. Das Revolutionäre am Raketenprinzip ist aber, dass es überall funktioniert. Ein Schiff benötigt Wasser, damit es schwimmt. Ein Flugzeug braucht die Luft zum Fliegen, ebenso wie ein Heißluftballon die Luft zum Fahren benötigt. Eine Rakete kann sich aber überall bewegen: im Wasser, in der Luft oder auch im luftleeren Weltall. Raketen arbeiten mit dem Rückstoßprinzip.

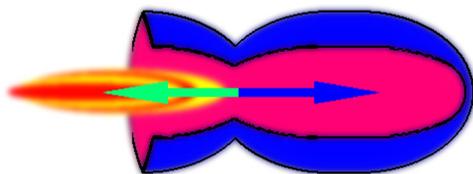
Das Prinzip des Raketenantriebes ist einfach: Nimmt man einen schweren Gegenstand zum Beispiel einen Medizinball in die Hände, stellt sich auf einen Fuß und wirft den Ball mit aller Kraft weg, dann wird man wahrscheinlich das Gleichgewicht verlieren und umfallen. Warum ist dies so?

Wenn man den Ball wegwirft, übt man mit der Hand eine Kraft auf den Ball aus. Der Ball übt aufgrund seiner trägen Masse (er versucht am selben Ort zu bleiben) auch eine Kraft auf die Hand und damit auch auf den Körper aus. Der schwere Ball versucht sich der Bewegung zu widersetzen. Genau diese Kraft führt dazu, dass man aus dem Gleichgewicht geworfen wird.



Stellen wir uns vor, man sitzt in einem Boot mit vielen Steinen. Wenn man einen Stein nimmt und ihn nach hinten wegwirft, übt die Hand eine Kraft auf den Stein aus. Da der Stein eine Trägheit besitzt (er versucht am selben Ort zu bleiben), wird er umgekehrt auch eine Kraft auf die werfende Hand ausüben. Es gibt zwei Kräfte, die entgegengesetzt aber gleich groß sind: Die eine Kraft führt dazu, dass der Stein nach hinten fliegt. Die entgegengesetzte Kraft führt dazu, dass sich das Boot in die entgegengesetzte Richtung bewegt. Das Boot wird sich nur wenig nach vorne bewegen, da die Trägheit des Bootes viel größer ist als die Trägheit des Steines.

Natürlich verwendet man keine Steine für Raketen, aber das Prinzip ist dasselbe. Eine Rakete besteht aus einem Druckgefäß und einer Düse. Im Druckgefäß wird eine Substanz verbrannt. Das führt zu einem hohen Druck und die Teilchen der Abgase bewegen sich sehr schnell. Es fliegen viele Teilchen mit einer sehr hohen Geschwindigkeit in eine Richtung. Aufgrund der Gegenkraft wird die Rakete in die andere Richtung bewegt.



Die Rakete wird immer leichter, da der Treibstoff verbrennt. Eine leichtere Rakete hat auch eine geringere träge Masse. So wird die Rakete immer schneller.

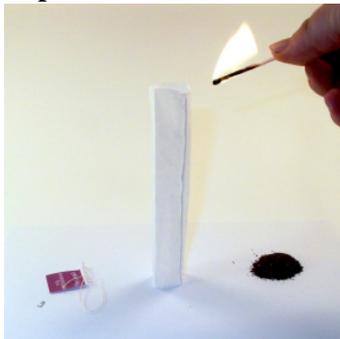
Man unterscheidet zwischen Feststoff- und Flüssigstoffraketen. Bei der Feststoffrakete wird ein langsam brennender Sprengstoff, zum Beispiel Schwarzpulver, abgebrannt. Der gesamte feste Treibstoff befindet sich im Druckgefäß. Über die Düse kann der Abgasstrahl in verschiedene Richtungen gelenkt werden. Die Rakete ändert dann ihre Richtung. Der große Vorteil von Feststoffraketen besteht in der einfachen und billigen Bauweise. Leider kann man sie nicht mehr

abschalten, wenn sie einmal gezündet wurden. Die Geschwindigkeit, die man mit diesen Raketen erreichen kann, beträgt rund 2500 Meter pro Sekunde.

Flüssigstoffraketen sind für die Raumfahrt besser geeignet. Es werden zwei Flüssigkeiten, der Brennstoff und der Oxidator (Sauerstoff-Lieferant), in das Druckgefäß eingespritzt. Im Druckgefäß verbrennen die beiden Flüssigkeiten. Es entsteht ein sehr großer Druck. Die erreichbare Geschwindigkeit beträgt rund 4500 Meter pro Sekunde. Wenn man die Treibstoffzufuhr unterbindet, hört die Rakete auf zu arbeiten. Zu einem späteren Zeitpunkt kann die Rakete wieder gestartet werden. Leider gibt es auch Nachteile. Die Treibstoffe müssen in das Druckgefäß gepumpt werden. Diese Pumpen sind sehr aufwändig gebaut. Es müssen ein paar hundert Liter Treibstoff pro Sekunde mit -200° Celsius in die Brennkammer gepumpt werden. Das stellt hohe Anforderungen an die Pumpen dar.



Experiment:



Man nimmt einen Teebeutel und entfernt alles, was nicht zum Beutel gehört (Bindefaden, Heftklammer, Tee). Aus dem Papier des Beutels formt man eine Rolle und stellt sie auf eine feuerfeste Unterlage. Nun zündet man die Spitze der Rolle an. Der Countdown läuft: DREI – ZWEI – EINS und LIFT OFF. Man sollte das Experiment nur in einem windstillen Raum durchführen.



Experiment:

Man bereitet zwei Klebestreifen und zwei Gummiringerl oder zwei Büroklammern, deren Ende aufgebogen ist, vor. Zuerst bläst man den Luftballon auf und befestigt die beiden Gummiringerl mit dem Klebestreifen so, dass sie eine Schlaufe bilden. Einfacher geht es mit den Büroklammern. Dann spannt man eine Schnur durch den Raum und führt die Schnur durch die beiden Gummiringerl oder Büroklammern.

Nun kann man den Luftballon wieder aufblasen und starten.



Experiment:



Man lässt einen Duschkopf am Wasserschlauch hängen. Dreht man nun den Wasserhahn auf so beobachtet man, dass der Duschkopf seine Richtung verändert.

In welche Richtung bewegt sich der Duschkopf?

Was passiert, wenn man das Wasser weiter aufdreht?

Aerostatik – warum schwebt etwas

Wenn Ballons am Himmel zu sehen sind, schweben sie majestätisch dahin. Manche sagen sie fliegen, aber richtigerweise sollte man sagen, dass Ballons fahren. Aber warum können diese Objekte durch die Lüfte gleiten?

Bevor wir diese Frage beantworten, müssen wir die Frage beantworten, warum heiße Luft nach oben steigt. Heiße Luft ist leichter als kalte Luft. Eine Styroporkugel ist leichter als Wasser und drückt man sie unter Wasser, so versucht sie sich nach oben zu bewegen und schwimmt auf dem Wasser. Mit der heißen Luft verhält es sich genauso.



Das Schwimmen beziehungsweise das Schweben eines Körpers, einer Flüssigkeit oder eines Gases hängt vom statischen Auftrieb ab. Das Wasser versucht das leichtere Styropor aus dem Wasser zu verdrängen, genauso wie die Luft versucht, die heiße Luft zu verdrängen.

Für den statischen Auftrieb ist die Dichte des Objektes und die Dichte des umgebenden Mediums wichtig.

Wenn ein Objekt die gleiche Dichte wie die Luft hat, wird es in der Luft schweben. Hat das Objekt eine geringere Dichte, wird es nach oben gedrückt. Und wenn es eine größere Dichte hat, wird es nach

unten fallen. Dann ist der Auftrieb nicht groß genug, um das Objekt nach oben zu drücken.

Ebenso verhält es sich mit einem Heißluftballon. Eine Kugel aus kalter Luft wiegt weniger als eine gleich große Kugel aus heißer Luft. Die kalte Luft hat eine größere Dichte als die heiße Luft. Deshalb steigt heiße Luft auf und die kalte Luft bleibt unten.

Der Ballon muss so groß sein, damit soviel heiße Luft, die das Gewicht der Hülle, des Korbes und der Seile tragen kann, hineinpasst. Nur dann kann der Ballon steigen.

Wenn ein Ballonfahrer an Höhe gewinnen will, muss er Ballast abwerfen oder die heiße Luft im Ballon wird durch einen Propangasbrenner zusätzlich erwärmt. Dadurch wird die Luft im Ballon heißer und leichter. Um zu landen, wird einfach etwas heiße Luft abgelassen, kühlere Luft strömt hinein und der Ballon sinkt wieder.

Experimente:

Füllt man eine kleine Kunststoffflasche mit Wasser und legt sie in ein Waschbecken oder einen Kübel, so geht die Flasche unter. Warum eigentlich? Wie könnte man die Flasche zum Auftauchen bringen, ohne dass man die Hände zur Hilfe nimmt?

Vielleicht kann ein Strohhalm helfen?



Aerodynamik - oder warum fliegen Flieger?

Das Phänomen Fliegen

Wenn man aus einem fahrenden Auto die Hand hinaus hält, wird man einen interessanten Effekt beobachten. Die Hand wird leicht nach oben und nach hinten gedrückt. Besonders stark wird die Hand nach hinten gedrückt, wenn man sie quer zur Fahrtrichtung stellt. Hält man die Hand flach, dann wird sie nur ganz wenig nach hinten gedrückt. Wenn man die Hand leicht schräg hält, wird sie nach hinten und nach oben gedrückt. Genau das selbe passiert beim Fliegen.

Damit sich ein Flugzeug in die Lüfte erheben kann, bedarf es einer Tragfläche. Bei dem Experiment mit dem fahrenden Auto war die Hand die Tragfläche. An dieser Tragfläche treten drei verschiedene Effekte auf, die in unterschiedlicher Weise auf das Fliegen einen Einfluss haben. Diese drei Effekte führen zum Auftrieb – der Kraft die ein Objekt, zum Beispiel die Hand, zum Fliegen bringt.

Die Kraft, welche die Tragfläche nach oben drückt, wird als dynamischer Auftrieb bezeichnet.

Die Kraft, welche die Tragfläche nach hinten drückt, wird als Luftwiderstand bezeichnet. Je schneller sich das Flugzeug bewegt, umso stärker wird es steigen. Der Auftrieb ist geschwindigkeitsabhängig.

Wenn ein Flieger leichter ist, kommt man mit weniger Auftrieb aus - aber ein leichter Flieger bedeutet auch meist eine geringere Stabilität.

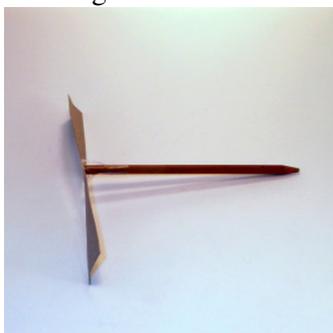
Hubschrauber – der fliegende Alleskönner

Der französische Ingenieur Etienne Oehmichen konstruierte den ersten Hubschrauber. Aber wie funktioniert ein Hubschrauber? Die Rotoren saugen die Luft oben an und pressen sie nach unten. Der Rotor übt eine Kraft auf die Luftteilchen aus. Deshalb werden sie nach unten beschleunigt. jeder Kraft gibt es eine Gegenkraft. Sie bewirkt, dass der Hubschrauber in die Höhe gehoben wird. Durch die Geschwindigkeit der Rotorblätter kann man den Steig- oder Sinkflug beeinflussen.



von

Zu



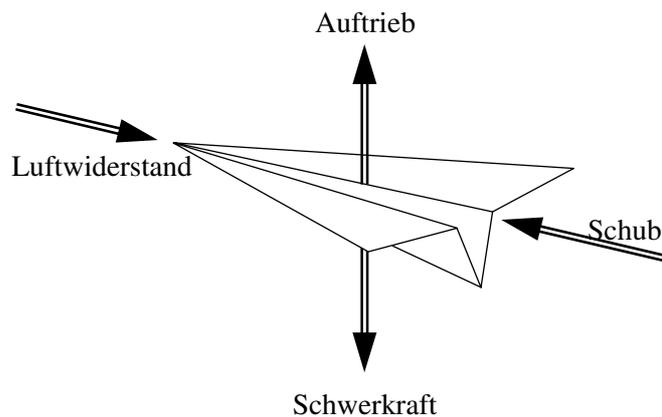
Experiment:

Schneide einen Kartonstreifen von rund 20 cm Länge und 2 cm Breite aus. Mit einem Klebestreifen wird der Karton über dem stumpfen Ende eines Bleistifts befestigt. Verbiege die Enden des Kartons in entgegengesetzte Richtungen, drehe den Bleistift zwischen deinen Händen und lasse los.



3. Die Physik des Papierfliegers

Ein Flieger - egal welcher - ist 4 Kräften ausgesetzt. Den Auftrieb und den Luftwiderstand haben wir schon in den vorigen Kapitel kennen gelernt. Damit der Auftrieb aber wirksam werden kann, bedarf es einer gewissen Mindestgeschwindigkeit. Erst wenn die Sogwirkung größer als das Gewicht des Fliegers ist, dann erst beginnt der Flieger abzuheben. Das Gewicht wird durch die Schwerkraft verursacht. Auf die Schwerkraft haben wir leider keinen Einfluss, aber wir können den Flieger leichter bauen. Alle Körper fallen gleich schnell zum Erdmittelpunkt hin, aber dies gilt nur, wenn wir den Luftwiderstand vernachlässigen. In der Aerodynamik müssen wir den Luftwiderstand beziehungsweise das Gewicht berücksichtigen



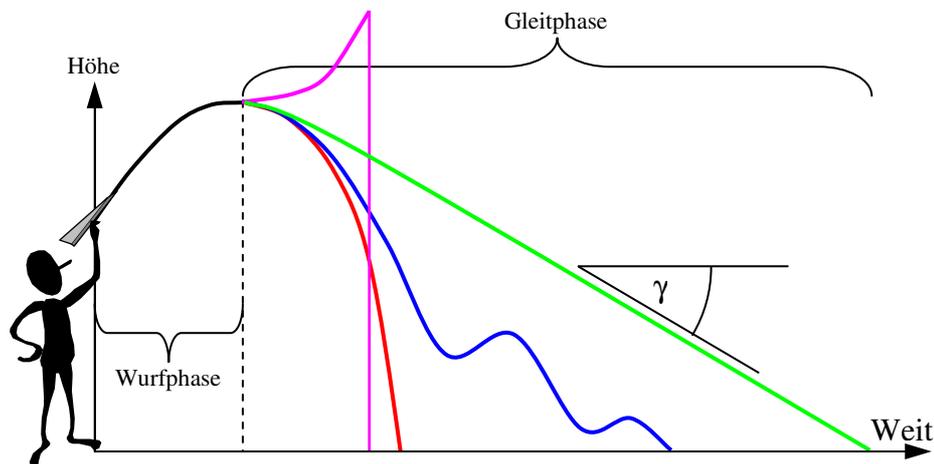
Der Auftrieb wirkt der Schwerkraft entgegen, und der Schub wird vom Luftwiderstand abgeschwächt. Umgekehrt ist der Auftrieb von der Geschwindigkeit (verursacht durch den Schub) der Luft abhängig.

Während der Gleitphase ist die Schwerkraft etwas stärker, als der Auftrieb. Über die charakteristische Geschwindigkeit wird der Auftrieb bestimmt, welche der Schwerkraft entgegenwirkt. Die Schwerkraft zieht den Flieger zum Boden und die Geschwindigkeit würde dadurch wieder zunehmen, wenn sie nicht vom Luftwiderstand abgebremst werden würde. So wird die Geschwindigkeit vom Luftwiderstand und der Gewichtskraft geregelt. Da die Gewichtskraft und auch der Luftwiderstand in diesen Bereichen als konstant angesehen werden kann, ergibt sich eine charakteristische Geschwindigkeit. Die charakteristische Geschwindigkeit ergibt sich durch den Luftwiderstand und die Lage des Schwerpunkts. Wenn der Schwerpunkt des Fliegers ganz vorne liegt, dann stürzt der Flieger unvermeidlich ab. Wenn er ganz hinten liegt, dann bäumt sich der Flieger auf, es entstehen Wirbel in der Luft und er stürzt auch ab. Der Schwerpunkt sollte sich knapp vor dem Auftriebspunkt befinden. Der Auftriebspunkt ist dadurch definiert dass dort der Auftrieb wirkt. Leider ist es nicht immer einfach, dass alleine durch die Faltungen des Papierfliegers der Auftriebspunkt und der Schwerpunkt zusammenfallen. Durch das Tunen des Fliegers kann man noch einiges verbessern.

Absturz - wenn der Traum vom Fliegen zum Alptraum wird

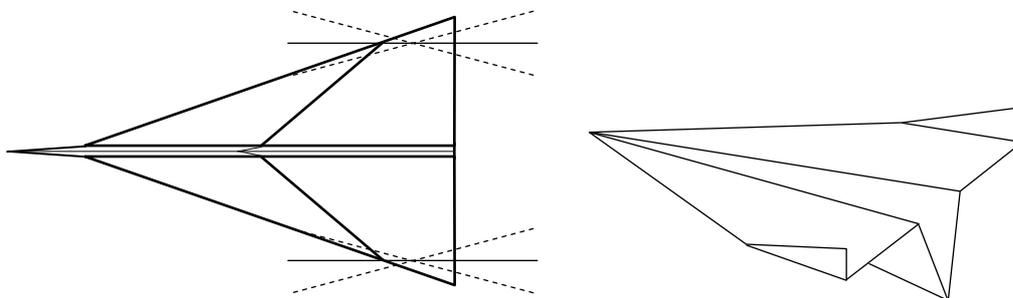
Manchmal stürzen Papierflieger einfach ab. Auch dies hat physikalische Gründe. Wenn die Symmetrie oder andere Parameter des Flugzeuges schlecht eingestellt sind, dann nützt der größte Auftrieb nichts. Es gibt einige einfache Tricks mit denen man die Flugstabilität eines Papierfliegers verbessern kann. Dazu ist es aber notwendig zu wissen, wie ein Papierflieger abstürzt, beziehungsweise wie ein Flieger sich im Raum bewegt.

In der unteren Graphik sind die vier prinzipiell möglichen Flugbahnen dargestellt. Nachdem der Flieger weggeworfen wird (Wurfphase), geht er in die Gleitphase über. Der Flieger kann abstürzen - rote oder violette Flugbahn, oder sehr lange dahin gleiten - grüne Flugbahn. Die vierte Flugbahn stellt ein Mittelding zwischen Absturz und Gleitphase dar. Durch verschiedene Veränderungen am Flieger kann man (fast) jeden Flieger dazu bringen, sich auf einer schönen (grünen) Gleitbahn zu bewegen. Aber auch wenn der Flieger schon schön gleitet, ist es meist möglich, die Weite noch zu steigern. Zum Beispiel beträgt der Weltrekord für die Weite für einen getunten A4-Papierflieger 64 Meter (in einem geschlossenem Raum !).



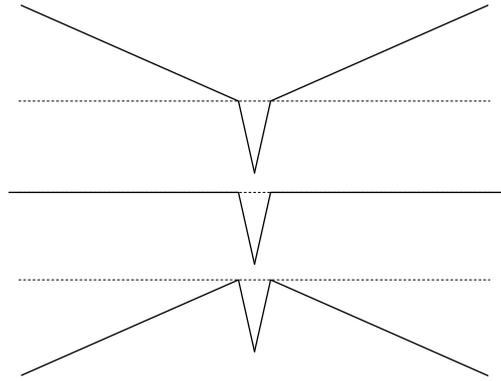
Wenn ein Flugzeug nicht gut austariert ist, kann man sich mit einigen kleinen Tricks helfen. Manche Flieger stürzen auf einer Wurfparabel (rote Flugbahn) dem Boden entgegen. Durch das leichte Hochbiegen der hinteren Ecken an den Strukturkomponenten ändert sich die Neigungslage und damit auch der Auftrieb. Aber Achtung: wenn der Auftrieb zu stark ist, führt dies auch wieder zum Absturz - violette Flugbahn, der Flieger überzieht. Der Auftrieb ist dann so groß, dass er senkrecht nach oben steigt. Dabei nimmt die Geschwindigkeit rapide ab – der Auftrieb sinkt und der Flieger stürzt ab. An den hinteren Ecken des Papierfliegers sollte das Papier auf keinen Fall geknickt, sondern nur ganz leicht gebogen werden. Praktisch sollte man die Biegung mit freiem Auge nicht erkennen können. Man ist immer wieder überrascht, welchen großen Einfluss solche kleinen Verbiegungen haben können.

Durch ein zusätzliches Höhenruder kann weitere Stabilität gewonnen werden. Man faltet ein kleines Dreieck der Strukturkomponente noch oben. Es ist sehr wichtig, dass die Faltung parallel zum Rumpf (gerade Linie in der unteren Graphik) erfolgt, sonst wird sich der Flieger noch mehr in die Kurve legen (strichlierte Linie in der unteren Graphik). Leider steigt dadurch der Luftwiderstand an, beziehungsweise der aerodynamische Teil der Tragfläche wird möglicherweise etwas kleiner, was zu Lasten des Auftriebs geht.



Die Tragflächen können auf drei verschiedene Arten gefaltet sein. Die Tragflächen können nach oben zeigen (Y-Stellung), gerade ausgebildet sein (T-Stellung), oder nach unten zeigen (negative Y-Stellung). Wenn man Papierflieger faltet, dann müssen die Tragflächen ordentlich entfaltet werden. Die meisten Anfänger berücksichtigen dies zuwenig und der Papierflieger stürzt ab. Wesentlich ist die Y-Stellung. Die Tragflächen müssen als ganzes nach oben gefaltet sein.

Die Y-Stellung sorgt für eine starke Flugstabilität und bei Störungen stellt sie wieder das Gleichgewicht her. Wenn ein kleiner Luftstoß von der Seite den Flieger aus dem Gleichgewicht bringt, gleicht der Flieger die Störung durch eine kleine Rollbewegung aus. Damit rollt das Flugzeug wieder in seine ursprüngliche Lage. Wenn das Flugzeug eine umgekehrte Y-Stellung besitzen würde, dann gäbe es diese kleine Rollbewegung ebenso, allerdings würde die Rollbewegung nun weiter verstärkt. Dies würde letztlich zum Trudeln und Absturz des Fliegers führen.



Der richtige Abwurf

Einen Papierflieger zu bauen ist eine Sache - ihn fliegen zu lassen ist etwas anderes. Die meisten Fehler passieren nicht beim Falten - da achten die meisten auf die genaue Anweisung – wichtig ist der richtige Abwurf.

Papierflieger mit einer stumpfen Nase eignen sich eher für den langsamen Flug, wobei durchaus beträchtliche Weiten erzielt werden können. Diese Flieger sollten leicht abwärts geworfen werden.

Flieger mit einer spitzen Nase sollten mit viel Kraft leicht schräg nach oben geworfen werden. Aber man sollte es nicht mit der Schräglage übertreiben. Wenn man den Flieger zu steil in den Himmel wirft, steigt er zwar schön, aber er kann dann nicht in eine Gleitphase übergehen und er wird abstürzen.

Arbeiten mit Papier

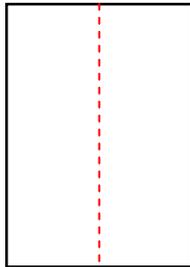
Geeignetes Papier besitzt eine Knickstabilität, das heißt die Falten bleiben erhalten. Also sollte man kein Zeitungspapier oder Papierhandtücher verwenden.

Karton beziehungsweise schweres Papier sollte man auch meiden. Es lässt sich nur schwer falten und es besitzt keine Spannkraft.

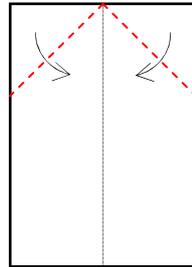
Eigentlich eignet sich fast jedes 80g/m² Papier. Kopierpapier ist am billigsten und erfüllt alle wichtigen Bedingungen. Das Format A4 ist wichtig. Aber auch aus den ungewöhnlichsten Papieren kann man schöne Flieger bauen: Fahrkarten, Prospekte oder auch Speisekarten.

Der Pfeil

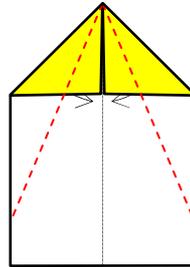
Dieser Flieger ist wohl das bekannteste Modell in Europa. Man kann sehr viele unterschiedliche Flieger aus dem Basismodell falten. Leider ist er kein besonders guter Gleiter, aber mit ein paar Tricks kann man das Problem in den Griff bekommen.



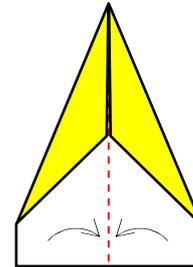
1) Man faltet ein Blatt der Länge nach und faltet es wieder auf.



2) Die beiden oberen Ecken werden zur Mitte hingefaltet.

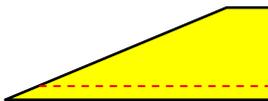


3) Die Seiten die das obere Dreieck bilden, werden zur Mitte hingefaltet.

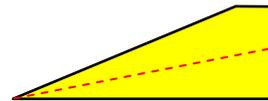


4) Die beiden Seiten werden zusammengefaltet.

Nun gibt es zwei Möglichkeiten, wie man die Tragfläche faltet. Man kann die Tragfläche parallel zum Rumpf falten – dies führt zu einer großen Tragfläche mit einem starken Auftrieb – oder man faltet die Tragflächen schräg – der Rumpf wird größer, womit sich die Kurvenstabilität erhöht, aber der Auftrieb geringer wird.

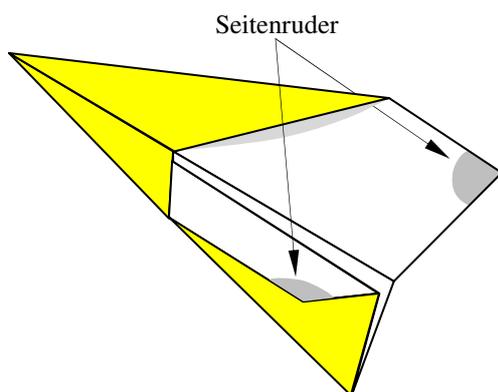


5a) Wenn man parallel faltet, sollte der Rumpf nicht größer als 1-2 Daumenbreiten sein.

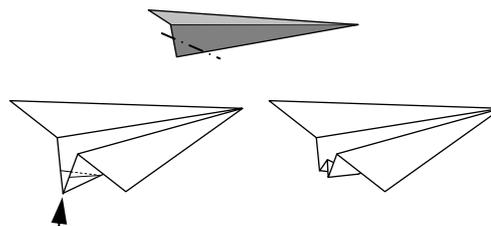


5b) Die obere Seite wird genau auf die untere Seite hingefaltet.

Um die Gleiteigenschaften zu verbessern, sollten die hinteren Ecken nach oben LEICHT aufgebogen werden.



Die zweite Möglichkeit besteht in der Verwendung eines Hilfsdreieckes. Dafür faltet man ein Dreieck in den Rumpf und faltet es nach oben:

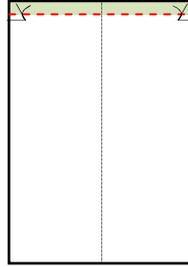


Der Planarflieger

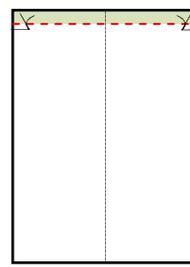
Dieser Flieger ist etwas schwieriger herzustellen. Manche Faltgrößen können willkürlich gewählt werden. Nur durch das richtige Ausprobieren kommt man zu tollen Ergebnissen. Dieses Modell hält den Weltrekord in der Disziplin „longest airtime“ („Am längsten in der Luft“) mit fast 30 Sekunden.



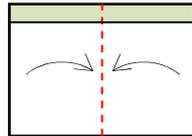
1) Das Papier wird der Länge nach in der Mitte gefaltet und wieder aufgefaltet.



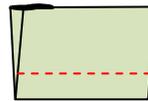
2) Die obere Kante wird um eine Daumenbreite nach unten gefaltet.



3) Der entstandene Streifen wird nochmals umgefaltet. Dies macht man solange, bis man ungefähr die Mitte des Papiers erreicht.



4) Die rechte und linke Seite werden zusammengefaltet.

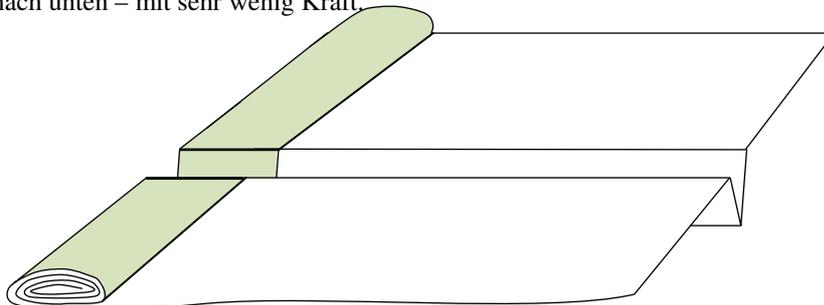


5) Die Tragflächen werden rund eine Daumenbreite gerade herausfalten.

Durch die Variation der Höhe des Rumpfes entstehen unterschiedlich gute Flieger. Um einen perfekten Gleiter zu erhalten, sollten die hinteren Ecken nach oben **LEICHT** aufgebogen werden.

Dieser Flieger kann auf mehrere Arten geschossen werden:

- 1) Senkrecht nach oben mit viel Kraft – er macht dann einen Looping und kehrt langsam zurück.
- 2) Ganz leicht nach unten – mit sehr wenig Kraft.



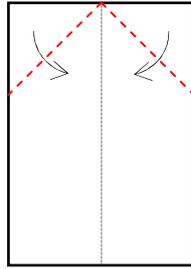
Auf die Y-Stellung nicht vergessen

Der Stumpfnasenflieger

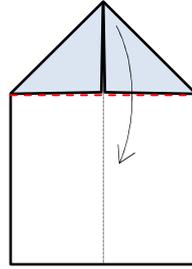
Leicht zu bauen, hervorragende Flugeigenschaften und einfach zu werfen.



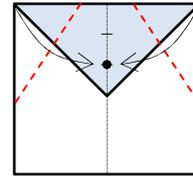
1) Man faltet des Papier der Länge nach und faltet es wieder auf.



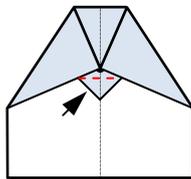
2) Es wird eine einfache Spitze hineingefaltet.



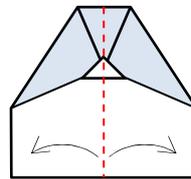
3) Das gesamte Dreieck wird nach unten zur Mitte hingefaltet.



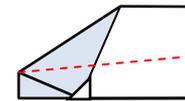
4) Man drittelt den Bereich des Dreiecks und faltet die beiden Ecken auf diesen Punkt hin.



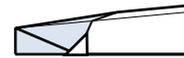
5) Das kleine Dreieck wird umgefaltet.



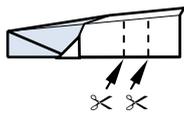
6) Das Papier wird umgedreht und zusammengefaltet. Innen darf keine Faltung sein.



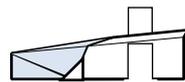
7) Die beiden Tragflächen werden leicht schräg gefaltet



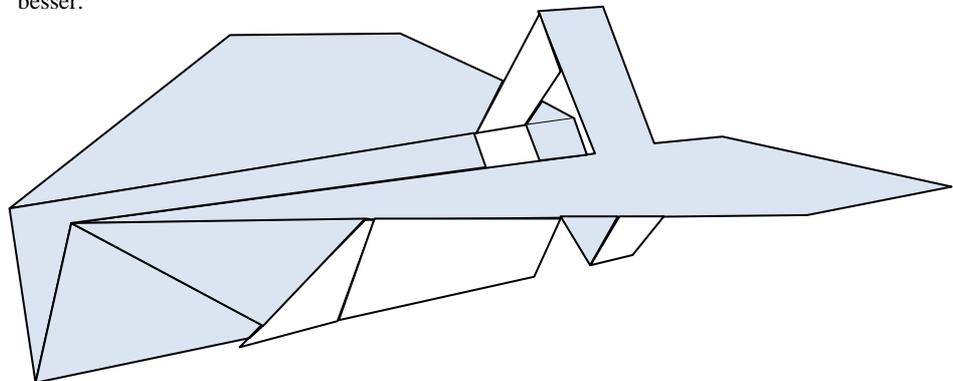
und fertig!



Mit einem kleinen Trick wird der Flieger (meist) besser. 2 Einschnitte in den Rumpf und die

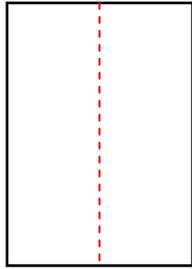


entstandene Lasche nach oben falten. Dadurch ändert sich der Anstellwinkel – der Gleitflug wird meist besser.

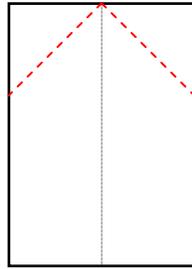


Der Absturzflieger

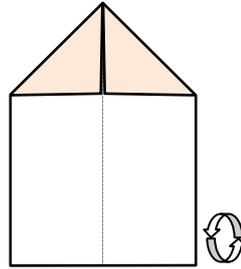
Dieser Flieger ist einfach zu bauen. Interessanterweise bleibt er nach rund 4 Metern Flug in der Luft stehen und stürzt dann ab. Aber es gibt eine einfache Methode, mit der man dem Flieger das Fliegen lehren kann.



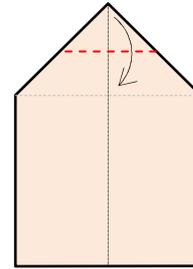
1) Das Papier der Länge nach falten und wieder auffalten.



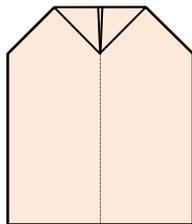
2) Eine einfache Spitze falten.



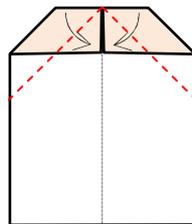
3) Das Papier wird als Ganzes umgedreht.



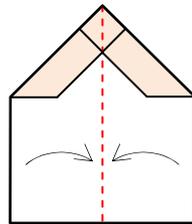
4) Man sieht die Faltung durchschimmern. Die Spitze faltet man nun direkt zur Mitte, dorthin, wo das Papier durchschimmert.



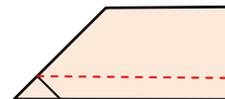
5) Das Papier wird umgedreht.



6) Der stumpfe Teil der Spitze wird zur Mitte hingefaltet.



7) Das Papier entlang der Mittellinie zusammenfalten.

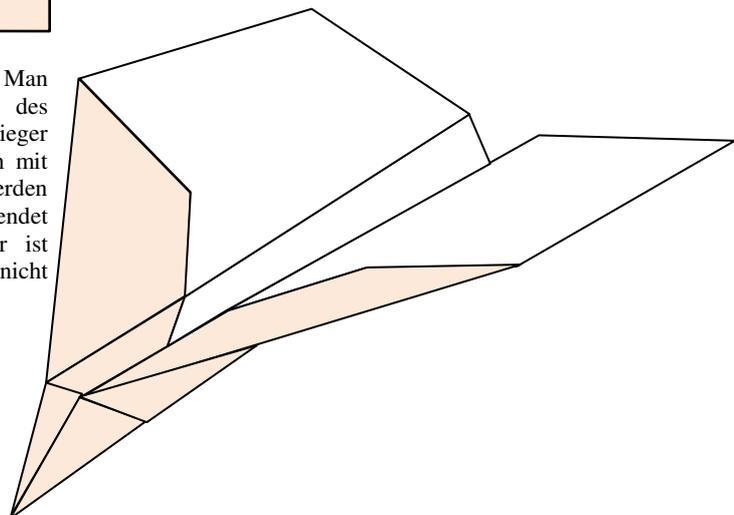


8) Die beiden Tragflächen auf Höhe der Spitze des Dreieckes herausfalten.

Dieser Flieger benötigt nur eine geringe Y-Stellung. Er wird gerade weggeworfen. Leider bleibt er nach ein paar Metern in der Luft stehen und stürzt ab.

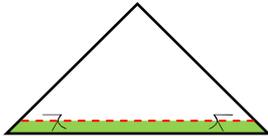


Gegen den Absturz kann man etwas tun: Man befestigt eine Büroklammer an der Spitze des Fliegers. Durch die Büroklammer wird der Flieger im vorderen Bereich etwas schwerer, er kann mit einer größeren Geschwindigkeit abgeworfen werden und dann fliegt er sehr schön. Am besten verwendet man eine SAX 233 – diese Büroklammer ist optimal, denn sie ist nicht zu schwer und auch nicht zu leicht.

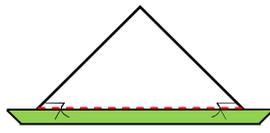


Der Vortex

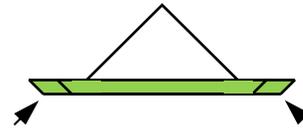
Dieser Flieger gilt als Exote – mit hervorragenden Flugeigenschaften. Er ist leicht zu bauen, und es verblüfft die Meisten, dass ein solches „Ding“ überhaupt fliegen kann. Er ist einer der wenigen Flieger, die aus einem dreieckigen Blatt Papier gefaltet werden. Das Dreieck wird optimalerweise aus einem Blatt Papier A4 herausgeschnitten – die beiden Basisseiten sollten gleichlang sein.



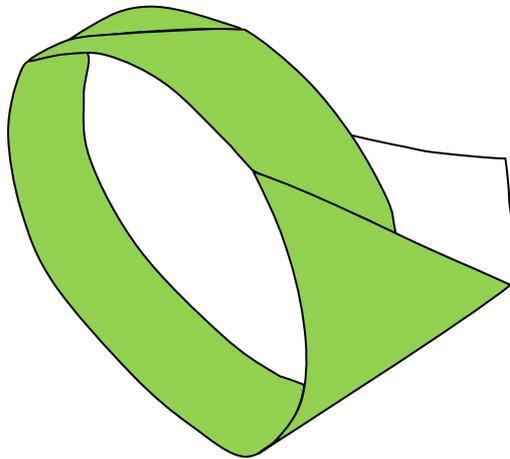
1) Der untere Rand sollte ungefähr eine Daumenbreite umgefaltet werden. Diesmal sollte man nicht exakt parallel sondern etwas schief falten.



2) Diese Faltung sollte wiederholt werden – wieder etwas schief.



3) Und noch einmal falten.



4) Danach legt man das gefaltete Dreieck mit der gefalteten Seite auf eine Tischkante und zieht das Dreieck mehrmals über die Tischkante. Nachdem das Dreieck schön gebogen ist, werden die beiden Enden ineinander gesteckt (deshalb die leicht schräge Faltung). Dadurch entsteht ein Kreis. Mit den Fingern dafür sorgen, dass der Kreis schön rund wird. Die beiden Enden ineinander stecken.

Der Teil mit den Faltungen ist die Flieger-„Spitze“. Man hält den Flieger hinten mit den zwei Fingern oben und dem Daumen unten, neigt den Flieger leicht nach unten und gibt ihm einen kleinen Stoß. Er gleitet leicht nach unten, beginnt sich dann zu fangen und gleitet dann langsam zu Boden.

Besonders eindrucksvoll gleitet der Flieger von höheren Stockwerken hinunter.

Empfohlene Literatur:

Werner Gruber, Christian Rupp, „**Ganz klar: Physik 2**“, Jugend und Volk, 2005, ISBN 3-7100-0886-7

Karl Luchner, „**Fliegen – angewandte Physik**“, 2. Auflage, Köln:Aulis Verlag Deubner, 1992, ISBN 3-7614-1300-9

Klaus Weltner, „**Physik des Fliegens, Strömungsphysik, Raketen, Satelliten**“, Köln:Aulis Verlag Deubner, 2001, ISBN 3-7614-2364-0

Es fliegt, es fliegt!

Lehrmaterialien zur Ausstellung im Zoom Kindermuseum
Ille C. Gebeshuber, Universiti Kebangsaan Malaysia
 & *Technische Universität Wien*
 & *Österreichisches Kompetenzzentrum für Tribologie*



http://www.segelflug.de/vereine/wershofen/Segelfliegen/%DCbers%20Fliegen/Bilder/ikarus_k.jpg

Das Fliegen hat uns Menschen immer schon fasziniert. Losgelöst von der Erde durch die Lüfte zu gleiten, ohne Hindernisse, bedeutet Freiheit und Unabhängigkeit. Schon seit Urzeiten suchen die Menschen Inspiration in der Natur. Dies auch bei der Entwicklung von fliegenden und gleitenden Maschinen. Verschiedenste Lebewesen wie Fledermäuse und Störche, aber auch Teile von Pflanzen, wie zum Beispiel Ahornsamen, dienen als Vorbild. Bekannte Forscher, Künstler und Ingenieure (manchmal ist das gar nicht so einfach zu trennen!), die sich von der Natur für ihre Flugobjekte inspirieren ließen, sind Daedalus, Leonardo da Vinci und in neuerer Zeit Otto Lilienthal.

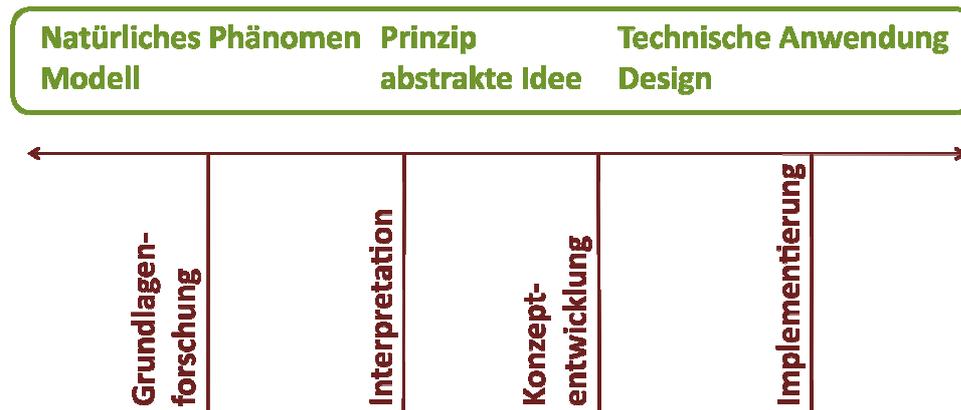
Man unterscheidet zwischen Fliegen und Gleiten. Beim Fliegen gibt es einen Antrieb, beim Gleiten gibt es keinen Antrieb. Vögel zum Beispiel können fliegen und gleiten, je nachdem, ob sie mit den Flügeln schlagen oder nicht. Papierflieger und Pflanzensamen hingegen gleiten durch die Luft. Die ersten fliegenden Insekten gab es vor mehr als 400 Millionen Jahren. Die ersten fliegenden Wirbeltiere waren Flugsaurier (siehe Abbildung **Saurier**) mit dem Namen Pterosaurier. Sie lebten vor 230 bis 65 Millionen Jahren. Die größten Pterosaurier hatten eine Flügelspannweite von 12 Metern, das ist mehr als ein Einfamilienhaus hoch ist! Diese Riesenreptilien haben geheimnisvolle Namen wie Quetzalcoatlus und Hatzegopteryx; ihre Fossilien finden sich in Nordamerika und in Transylvanien. Die größte heute noch lebende fliegende Art ist der wandernde Albatross mit einer Flügelspannweite von 3,7 Metern, das sind zwei Menschen übereinander!



Saurier: Die Pterosaurier, die ersten fliegenden Wirbeltiere, hatten eine Flügelspannweite von bis zu 12 Metern! Quelle: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Coloborhynchus_piscator_jconway.jpg

Unsere heutigen Fluginstrumente (Flugzeuge, Helikopter, etc.) sind schon sehr ausgereift. Im Vergleich zum fliegenden Vogel sind sie jedoch noch sehr primitiv. Wir können in Bezug auf perfekte fliegende Maschinen noch sehr viel von der Natur lernen!

Und genau hier setzt die Wissenschaft der Bionik des Fliegens an. Die Bionik (manchmal auch als Biomimetik bezeichnet) beschäftigt sich mit dem Lernen von der Natur für technologische Anwendungen. Hierbei soll nicht einfach nur die Biologie blind kopiert werden, sondern es geht darum, zugrunde liegende Konzepte zu verstehen und in der Technik anzuwenden. Dies geht mit Materialien, Strukturen und Prozessen. Diesbezügliche Beispiele in Bezug aufs Fliegen und Gleiten sind z.B. die Leichtbauweise des Vogelflügels, die Form eines Löwenzahnsamens, inklusive „Fallschirm“ und die typische V-Formation von vielen Zugvögeln. Diese Formation dient dazu Kräfte zu sparen, da sie energetisch günstig ist. An den Flügelenden der Vögel verwirbelt die Luft. Ganz wie bei einem Flugzeug entsteht eine so genannte Wirbelschlepe, also zwei gegenläufig einwärts rollende Wirbel. So ergibt sich jeweils an der Außenseite dieser Wirbel ein leichter Auftrieb, den die nachfolgenden Tiere nutzen können, um Energie zu sparen. Nur der Vogel an der Spitze bekommt quasi den gesamten Gegenwind ab und muss sich so mehr anstrengen. Aus diesem Grund wird die erste Position im V regelmäßig durchgetauscht. Die Augen der Vögel sind seitlich am Kopf. Würden sie hintereinander fliegen, müssten sie stets den Kopf neigen, um den Leitvogel zu sehen.



Bionik: Lernen von der Natur für technische Anwendungen. Das natürliche Phänomen dient als Inspiration und wird im Rahmen der Grundlagenforschung untersucht. Das Prinzip, die dahinterstehende abstrakte Idee, wird formuliert, und findet schließlich in der technischen Anwendung seine Umsetzung. In der Bionik treffen sich Grundlagenforschung, angewandte Forschung und Entwicklung. Grafik von Frau Dr. Petra Gruber, transarch, Wien.

Im Folgenden werden 3 historische Beispiele der Bionik genauer beschrieben:

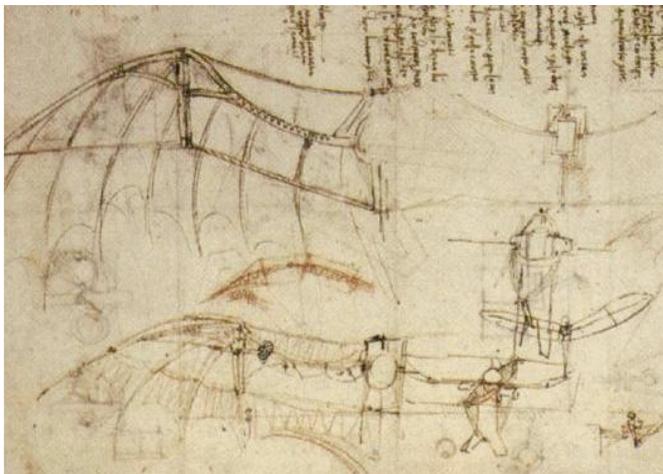
1. Leonardo Da Vinci



<http://www.persistenceunlimited.com/wp-content/uploads/2007/10/da%20vinci.jpg>

Leonardo da Vinci lebte von 1452 bis 1519 in Italien und war ein sogenanntes Universalgenie. Er war ein sehr neugieriger Mensch und ein großartiger Wissenschaftler, Mathematiker, Ingenieur, Erfinder, Maler, Bildhauer, Architekt, Botaniker, Musiker und Schriftsteller.

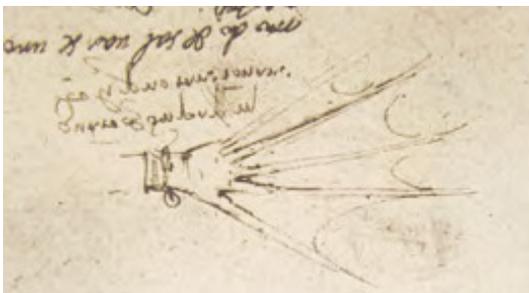
Leonardo beschäftigte sich gerne mit dem Thema des Flugwesens. Seine Forschungen beruhten auf dem Beobachten von Vögeln, Fledermäusen und auch Insekten, die er auf seinen langen Spaziergängen erblickte. Zu seinen berühmtesten Entwürfen gehörten unter anderem der Hubschrauber, der Gleitflieger oder auch die den Fledermausflügeln nachempfundenen Schwingen. Sie waren so geplant, dass ein Mensch sie sich an den Armen befestigen konnte, um dann durch schnelles Bewegen der Arme loszufliegen. Leider aber kann kein Mensch die Kraft aufbringen, um so fliegen zu können.



<http://www.segelflug.de/vereine/wershofen/Segelfliegen/%DCbers%20Fliegen/Bilder/davinci.jpg>

Leonardo da Vinci und die Bionik

Leonardo versuchte sich häufig – wie z.B. beim Flugwesen – am Tierreich zu orientieren. Er skizzierte verschiedene Flügelarten, Flossen usw. Daraus entstanden die Erfindung von Flossen für Schwimmer oder Taucher. Sie waren wie bei Enten mit Schwimmhäuten versehen und sahen wie die heute gebräuchlichen Tauch- und Schwimfflossen aus.



<http://lrh10.fh-bielefeld.de/Projekte/Leonardo/ing/bionik.jpg>

1.1. Fledermaus

Fledermäuse sind Säugetiere, wie die Menschen auch. Im Gegensatz zu Menschen können Fledermäuse aktiv fliegen. Ihre vorderen Gliedmassen, die den Armen bei den Menschen entsprechen, haben Flughäute. Es gibt 1100 verschiedene Fledermausarten. Die meisten

Fledermäuse fressen Insekten (70 Prozent), der Rest frisst Früchte (fast 30 Prozent). Nur ganz ganz wenige Fledermausarten ernähren sich von tierischen Nahrungsmitteln.

Die kleinste Fledermaus ist nur 3 Zentimeter groß, die größte Fledermaus hat eine Flügelspannweite von 1,5 Metern, das ist fast so groß wie ein erwachsener Mensch!

Die meisten Fledermäuse sind nachtaktiv und finden ihre Beute nicht mit den Augen, sondern mit den Ohren.

Sie schicken ganz hohe Töne aus, die wir nicht hören können und orientieren sich nach dem Echo dieser Töne, ganz so wie ein Radar. Delfine und Wale machen das auch so. Deswegen ist es nicht gut Delfine und Wale in Becken zu halten, wie im Zoo, weil sie durch die vielen Echos ganz verwirrt werden. Fledermäuse können bis zu 20 Jahren alt werden.

In Austin, Texas, in den Vereinigten Staaten von Amerika, leben im Sommer 1,5 Millionen Fledermäuse unter der Congress Avenue Brücke – das ist die größte Fledermauskolonie in einer Stadt. Die Tiere wurden zur Touristenattraktion. Sie fressen jede Nacht 1500 Kilogramm Insekten.

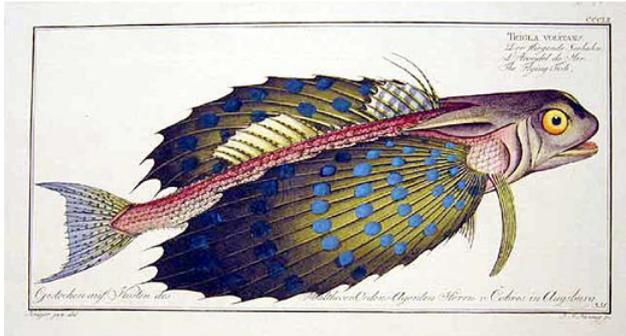


http://farm1.static.flickr.com/104/290851936_0a7290a491.jpg

1.2. Fliegende Fische

Fliegende Fische gibt es in allen größeren Meeren, ganz besonders in den warmen tropischen und subtropischen Meeren. Es gibt mehr als 64 Arten von fliegenden Fischen. Wenn sie sich verstecken wollen/müssen oder wenn sie vor Tieren flüchten, die sie fressen wollen (z.B. Delfine, Thunfische, Vögel oder Tintenfische), verlassen sie das Wasser und gleiten knapp über der Wasseroberfläche dahin. Manchmal wurden aber auch Fische gesehen, die bis zu 6 Meter über dem Meeresspiegel durch die Lüfte glitten, und dabei z.B. auf Schiffen landeten! Die Gleitflüge gehen über viele Meter, typischerweise über 50 Meter, aber in Ausnahmesituationen, wenn der Fisch beim Verlassen des Meeres die Strömungen perfekt ausnützt, können sie sogar bis zu 400 Meter weit gleiten.

Beim Gleiten bewegt sich der Fischschwanz 50 bis 70 Mal pro Sekunde! Die Flugflossen werden aufgespannt, und der Fisch erreicht eine Geschwindigkeit von mehr als 70 Kilometern pro Stunde! Das ist so schnell wie ein schneller fahrendes Auto! Bis zu 45 Sekunden kann dieser Gleitflug dauern! Am Ende des Fluges werden die Gleitflossen wieder zusammengeklappt, und der Fisch gleitet wieder ins Wasser.



Fliegender Fisch auf einem alten Stich von F.H. Hennig aus dem 18. Jahrhundert. Aus „ Allgemeine Naturgeschichte der Fische“ in 12 Bänden von Marcus Elieser Bloch, veröffentlicht zwischen 1782 und 1795.

http://www.monikaschmidt.com/dekorative/deko_gross/images/dc0396.jpg

<http://pixdaus.com/pics/1242351295hru69Sh.jpg>

1.3. Libelle

Auf Englisch heißt die Libelle „Dragonfly“, also Drachenfliege. Libellen sind Insekten mit großen Facettenaugen, 2 Paaren von starken, durchsichtigen Flügeln und einem sehr langen Körper. Libellen haben zwar 6 Beine, wie alle anderen Insekten auch, sie können aber nicht gehen!

Erwachsene Libellen fressen Moskitos und andere kleine Insekten, und man findet sie normalerweise in der Nähe von Seen, Tümpeln, Bächen und Feuchtgebieten. Bevor eine Libelle fliegen kann, lebt sie jahrelang als Nymphe im Wasser. Nymphen können sehr schmerzhaft zubeißen, bei Kaulquappen, Fischen und auch Kinderfingern.

Die erwachsene Libelle lebt einige Monate (5 bis 6) und kann in 6 Richtungen fliegen: rauf, runter, vorwärts, rückwärts und seitlich nach rechts und links. Die meisten Libellenarten der Welt finden sich in Texas in den Vereinigten Staaten von Amerika, nämlich 225 von 457.



<http://www.polygraphicum.de/scan/Altkol.Rad.%27Libelle%27%20Carl-Traugott%20BeyerMei%DFen1792-1863%20Paris.jpg>

1.4. Schmetterling

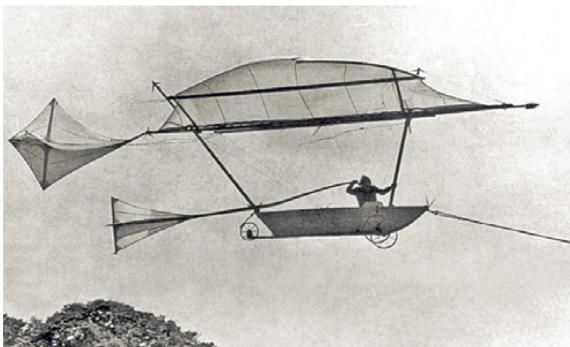
Schmetterlinge sind Insekten von denen es zwischen 15000 und 20000 verschiedene Arten gibt. Aus den Schmetterlingseiern entwickeln sich die Raupen, aus den Raupen die Puppen (inaktives Stadium) und aus den Puppen die Schmetterlinge. Die meisten Arten sind tagaktiv. Manche Schmetterlingsraupen sind sehr giftig, besonders in den Tropen. Die meisten Raupen fressen Pflanzen, es gibt aber auch solche, die Insekten fressen. Manche Raupen leben zusammen mit Ameisen, die sie beschützen. Dafür geben sie den Ameisen süßen Saft. Diese Raupen können mit den Ameisen über Vibrationen, also Schwingungen, „reden“. Bei manchen Raupen sieht das hintere Ende wie ein Schlangenkopf aus, und andere haben riesengroße Flecken, die aussehen wie Augen. Damit schützen sie sich vor Tieren, die sie fressen wollen.

Erwachsene Schmetterlinge haben vier Flügel. Mit ihren Antennen können sie Essen und andere Schmetterlinge riechen. Die Monarchschnatterlinge in Amerika fliegen jedes Jahr tausende von Kilometern zwischen Mexiko, wo sie den Winter verbringen, und Nordamerika, wo sie den Sommer verbringen.



http://www.schmetterling-raupe.de/schmetterlinge/schmetterling_schwabenschwanz.jpg

2. George Cayley



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/c/c2/Cayley_Glider_Replica_Flown_By_Derek_Piggott_2.jpg

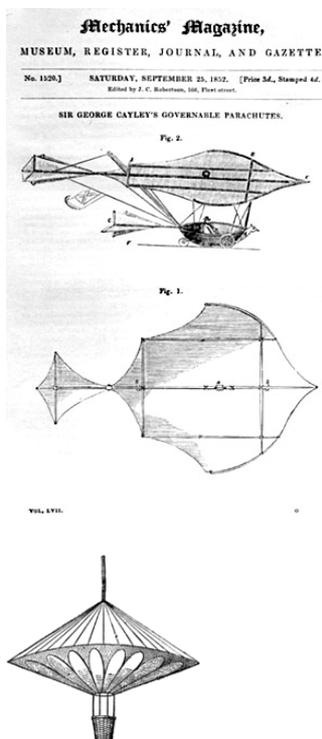
Der Engländer Sir George Cayley wird der Erfinder der Wissenschaft des Fluges und der moderne „Vater der Aeronautik“ genannt. Er wurde 1773 geboren, und lebte bis 1857. Er baute das erste Segelflugzeug der Welt, im Jahr 1852.

Sir George Cayley bewies aufgrund intensiver Studien, gegen den Glauben vieler, dass es dem Mensch möglich ist, mit einem Paar „angeschnallter Flügel“ aus eigener Muskelkraft zu fliegen. Eine von ihm 1799 über dieses Thema verfasste Abhandlung hatte großen Einfluss auf die weitere Entwicklung der Fliegerei. Auch auf seine Erkenntnisse haben die Gebrüder Orville und Wilbur Wright einen Teil ihrer Arbeit aufgebaut.

1804 begann Cayley große Gleiter zu bauen, die bereits große Ähnlichkeiten zu heutigen Gleitern aufwiesen. Die Gleiter waren Eindecker mit großen Vordertragflächen und kleineren Hecktragflächen, sowie horizontalen Stabilisatoren. Die Gleiter probierte er erfolgreich mit Tieren als Besatzung aus.

Ende Juni 1852 oder Anfang Juli 1853 soll er seinen Kutscher überzeugt haben, sich als Pilot (oder wohl eher: Ballast) zur Verfügung zu stellen. Der Gleiter soll auf einen Berg in Brompton geschleppt worden sein, von wo er dann, mit dem Kutscher an Bord, von mehreren Arbeitern den Berg hinabgeschoben wurde, bis er abhob und nach einem Flug von rund 130 Metern sicher auf einer Wiese landete. Der Legende nach soll der völlig verängstigte Kutscher noch an Ort und Stelle gekündigt haben. Dies wäre dann der erste überlieferte erfolgreiche bemannte Segelflug gewesen, bereits 40 Jahre vor Otto Lilienthal!

Die Tatsache, dass in den folgenden 40 Jahren, bis zu den Versuchen Otto Lilienthals, keine bemannten Flüge stattgefunden haben, lässt an der Darstellung Caley's Zweifel aufkommen. Andererseits wurde der Flugapparat 1974 nach Originalplänen rekonstruiert und am Originalstartplatz vom bekannten englischen Segelflieger Derek Piggot im Autoschlepp erfolgreich geflogen, wobei Piggot den Gleiter sogar kontrolliert steuern konnte! Damit ist zumindest die grundsätzliche Tauglichkeit der Konstruktion bewiesen. Ein weiterer, späterer Nachbau flog 2003. Bei diesem Versuch waren Allan McWhirter und Richard Branson die Piloten.



Auch die Erfindung des ersten autostabilen Fallschirms geht auf Sir George Cayley zurück.

http://1.bp.blogspot.com/_IPkomP_ghfE/SQjdy6Kb4NI/AAAAAAAAABBE/_mQDe4cn9aw/s320/parachute+cocking.gif

Vorbild für sein Fallschirmmodell war der Wiesenbocksbart, dessen Frucht er 1829 studierte und erkannte, warum die Früchtchen autostabil fallen. Der Schwerpunkt dieser Früchte liegt

weit unten und die tragende Fläche ist nicht eben, sondern nach außen hochgezogen. Auch bei Cayleys Fallschirm liegt der Schwerpunkt weit unten und die Tuchflächen werden an den Außenrändern nach oben hochgezogen.

2.1. Wiesenbocksbart

Der Wiesenbocksbart ist eine krautige europäische Pflanze, die bis zu 70 Zentimeter hoch wird. Ihre saftigen Pflanzenteile enthalten Milchsaft. Die Pflanze blüht von Mai bis Juli. Ihre Blütenstände öffnen sich etwa um acht Uhr (aber nur bei schönem Wetter) und schließen sich um die Mittagszeit wieder. Die abgeblühten, welken Blüten ragen wie ein Ziegenbart aus der ehemaligen Blüte; dies gab der Pflanze ihren Namen.

Die Früchte des Wiesenbocksbartes sind 15 bis 25 mm lang; die aussamende Pflanze sieht wie eine typische Pusteblume aus, mit bis zu 4 cm breiten, sehr hübschen Fallschirmen.

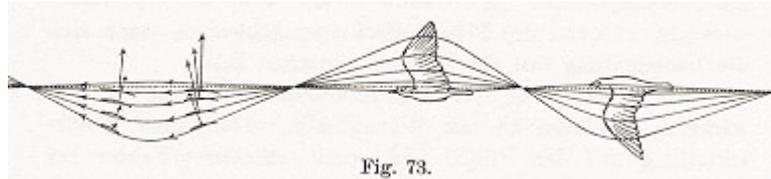
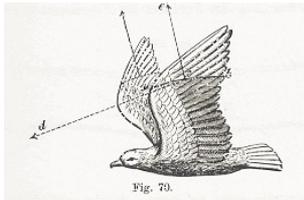
Der Wiesen-Bocksbart ist in allen Teilen essbar. Der Trieb der jungen Pflanze liefert ein Gemüse, das an Spargel erinnert. Die Wurzel kann ähnlich wie Schwarzwurzel zubereitet werden. Die Blätter lassen sich roh oder gekocht verwenden.



<http://fotos.pigs.de/9/7/4/e/9/6cc54d6d0b51f52c293c5500bffab9c0.jpg>

3. Otto Lilienthal

Der Vogelflug faszinierte und inspirierte auch im 20. Jahrhundert die Flugpioniere. Otto Lilienthal, genannt der König der Gleiter, war der erste Mensch, der erfolgreich im Gleitflug die Lüfte eroberte. Er erforschte, wie einst Leonardo da Vinci, ein Leben lang den Storchenflug, um schließlich mit derart abgeschauten Tragflächen von Berghängen zu springen und für eine Weile, wie heute die Drachenflieger, im Gleitflug die Schwerkraft zu überwinden. Ohne das vertiefte Verständnis des Vogelflugs wären der moderne Drachen- und Segelflug undenkbar, also gerade jene vergleichsweise Energie schonenden, leisen und umweltverträglichen Formen des „Fliegens mit dem Wind“, wie es dem natürlichen Flug noch am nächsten kommt. Otto Lilienthal studierte vor allem das Flugverhalten der Störche, Tauben und Schwalben.



Abbildungen aus Kapitel 38 „Der Vogel als Vorbild“ aus dem Buch „Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst“ von Otto Lilienthal, erschienen im Jahre 1889 in Berlin.

Quelle: <http://www.lilienthal-museum.de/olma/dokvo38.htm>

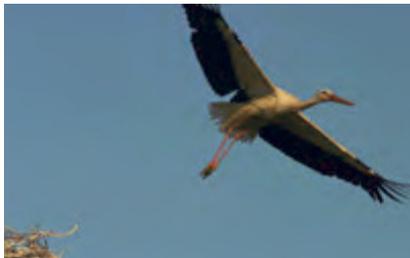
3.1. Störche

Störche gibt es auf der ganzen Welt, außer in der Antarktis. Sie haben einen langen Hals, lange Beine und einen großen Schnabel. Störche sind Fleischfresser, sie fressen hauptsächlich Fische, Frösche, Insekten, Schnecken und Nagetiere. Sie sind sehr große Vögel: Marabus zum Beispiel können bis zu 150 Zentimeter groß werden, das ist die Größe eines kleinen Erwachsenen, und bis zu 9 Kilogramm schwer werden. Beim Storchenfuß zeigt die erste Zehe nach hinten und die übrigen drei nach vorn. Schwimmhäute finden sich nur verkümmert an der Zehenbasis.

Storchenflügel sind groß und breit und deswegen gut für den Segelflug geeignet, der nur zwischendurch von langsamen Flügelschlägen unterbrochen wird. Mit einer Spannweite von 320 cm werden die Marabus im Vogelreich nur von einigen Albatrossen und Pelikanen übertroffen. Einige europäische Störche legen jährlich 20.000 km zurück, um die afrikanischen Winterquartiere zu erreichen und wieder in die Brutgebiete zurückzukehren. Störche in Gefangenschaft können 50 Jahre alt werden.

Fliegender Storch.

http://www.mygall.net/images/product_images/popup_images/30432_0.jpg



3.2. Tauben

Es gibt zirka 300 verschiedene Taubenarten. Tauben fressen Samen, Früchte und Pflanzen. Die größte Taube wiegt 4 Kilogramm, die kleinste nur 22 Gramm. Das ist soviel wie ein paar Scheiben Schinken!

Tauben haben große Flügel. Die Flugmuskulatur der Tauben nimmt fast die Hälfte des Körpergewichtes ein, und Tauben gehören zu den stärksten Fliegern des Tierreiches. Sie sind auch sehr wendig.

Tauben leben überall auf der Erde, außer in der Saharawüste und in der Arktis und Antarktis.



Taube. <http://gestaltung.fh-wuerzburg.de/blogs/es/wp-content/uploads/2008/12/taube.jpg>



Fliegende Taube. <http://www.naturfoto-cz.de/bilder/vogel/turken-taube-9566.jpg>

3.4. Schwalben und Spatzen

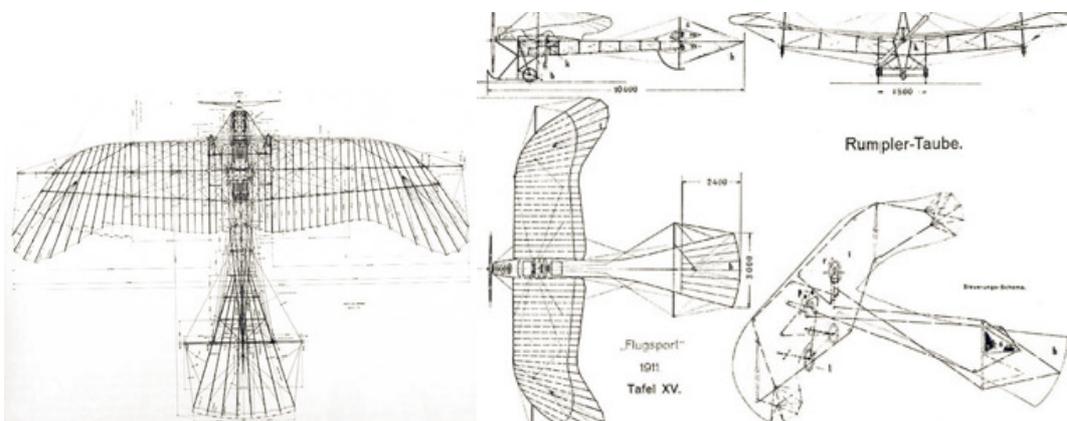
Schwalben gehören so wie die Spatzen auch zu den Sperlingsvögeln. Sie fressen Insekten im Flug, während sie mit 30 bis 40 Kilometern pro Stunde sehr gewandt durch die Lüfte manövrieren. Es gibt 83 verschiedenen Arten, und sie leben auf allen Kontinenten außer in der Antarktis. Sie haben einen langen Schwanz mit 12 Schwanzfedern – die Schwalbenfrauen suchen sich ihre Männer aufgrund der Schwanzlänge aus.



Fliegende Schwalbe.
http://farm3.static.flickr.com/2240/2521585815_f30418531f.jpg?v=0

4. Igo Etrich

Der Österreicher Igo Etrich war einer der ersten Pioniere bei aktiv fliegenden Flugzeugen. Dieser österreichische Ingenieur entwickelte im Jahr 1909 die „Etrichtaube“ (siehe Abbildung), das erste massenproduzierte Militärflugzeug in Deutschland. Inspiriert wurde dieses Flugzeug aber nicht von einer Taube, sondern von den Samen einer tropischen Kletterpflanze, der „Zanonia“. Die tropischen Zanoniasamen, die auch heute noch in Asien wachsen, und dort begeistert von den Kindern gesammelt werden, können mehrere Kilometer weit gleiten. Die Etrichtaube stieg 1910 erstmals in die Lüfte.



Etrichtaube.
<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:RumplerTaubeDesign1911.jpg&filetimestamp=20050327120403>

4.1. *Zanonia macrocarpa*



Zanonia, der Kilometer weit gleitende Wundersamen: Die Samenkapseln sind so groß wie ein Kopf, die Pflanze selbst rankt sich an anderen Pflanzen empor (so wie eine Ankerwinde). Die Samen selbst sind sehr leicht und 15 Zentimeter groß.

Quelle:

<http://www.windmusik.com/html/zanonia.htm>.

Im Jahr 1893 schrieb der Autor R. Haberlandt in seinem Buch „Eine botanische Tropenreise“ folgendes über diese interessanten Samen:

“Ein anderes, noch interessanteres Beispiel liefern die geflügelten Samen von Zanonia macrocarpa, einer Liane aus der Familie der Cucurbitaceen, die im Kletterpflanzenquartier des botanischen Gartens durch ihre schönen, glänzend grünen Laubguirlanden auffällt. Dazwischen sieht man in der Höhe wie grosse Glocken die braunen Früchte hängen; wartet man nun, bis ein Windstoss sie in Bewegung setzt, dann glaubt man plötzlich eine ganze Schar von grossen, atlasglänzenden Schmetterlingen daraus hervorschwirren zu sehen. Die große, Kürbisähnliche Frucht- ihr Durchmesser beträgt 20 bis 24 cm- springt an der abwärts gekehrten Spitze kapselartig auf, so dass entsprechend der Zahl der Carpellblätter eine große, dreiseitige Öffnung entsteht. Die zahlreichen geflügelten Samen sind packetförmig übereinander geschichtet und gehören zu dem Schönsten und Vollkommensten, was es auf diesem Gebiete gibt.”

Die Zanonia heißt heute mit wissenschaftlichem Namen *Alsomitra macrocarpa* und ist eine tropische Pflanze, ein kletterndes Kürbisgewächs, das in Südostasien wächst. Da diese Pflanze keinen eigenen Stamm bildet, wächst sie wie eine Liane an hohen Bäumen empor. Sie bildet gut kopfgroße, rundliche, dreiklappige Fruchtkapseln aus, die sich beim Reifwerden an der Spitze öffnen und dabei die Schale nach außen/unten rollen. Die Samen dieser tropischen Kletterpflanze sitzen ganz dicht gepackt in der Fruchtkapsel, haben ein Gewicht von nur 0,2 Gramm (das ist weniger als das Gewicht von zehn Reiskörnern) und besitzen ganz hervorragende Gleitflugeigenschaften: Die Flughaut hat 15cm Spannweite, ist dünn, papierartig, durchsichtig und sichelförmig nach hinten gebogen. Das stabile Profil entsteht dadurch, dass die Flughaut sowohl in der Längsachse als auch in der Querachse nach oben gebogen ist. Der Schwerpunkt liegt am Übergang des ersten zum zweiten Drittel der Längsachse. Die Gleitzahl, also das Verhältnis von zurückgelegter Strecke zu verbrauchter Höhe in ruhiger Luft, beträgt 1:8. Die Sinkgeschwindigkeit liegt bei ca. 18 Zentimetern pro Sekunde. Von einer angenommenen Baumhöhe von 30m sind so bei Windstille etwa 240m lange Flugweiten möglich! Wenn Wind weht, fliegen die Samen weiter als diese 240 Meter: Mehr als 10 Kilometer Flugweiten wurden berichtet!

Die frühen Flugzeugpioniere bauten nach genauer Vermessung der Zanoniasamen entsprechend diesem „Muster“ hervorragend fliegende Eindecker-Flugzeuge. Dies war der Augenblick der Entdeckung des aerodynamisch „autostabilen“ Flügels, das ist ein unbeweglicher Flügel, der erstmals einen stabilen Flugzustand um alle Achsen ohne weiteres Zutun erlaubte.

Die damalige „High-Tec“ wurde in den Flugzeugen „Etrich Taube“ von Igo Etrich (Österreich) und „Rumpler Taube“ (Deutschland) verwirklicht.

5. Weitere interessante fliegende und gleitende Wesen: Spinnen, Rieseneichhörnchen, Schlangen, Hörnchen, Frösche, Affen und Drachen...

5.1. Gleitende Spinne

Die gleitende Spinne mit dem wissenschaftlichen Namen *Maratus volans* ist ein wunderschönes kleines Wesen mit metallisch glänzenden Farben. Sie ist viel kleiner als dein Fingernagel und hat ein offenes „Segel“ als Körperteil, das sie aufspannen kann. Dadurch gleitet sie viel weiter als sie ohne Segel springen könnte.



Die gleitende Spinne am Fingernagel. Mitte: mit ausgeklapptem Segel.
http://www.xs4all.nl/~ednieuw/australian/salticidae/Peacock_spider_Maratus_volans.htm

5.2. Colugos

Colugo ist das ursprünglich malayische Wort für dieses Tier. Diese Rieseneichhörnchen gleiten bis zu 90 Meter weit! Sie sind 30 bis 40 Zentimeter groß und gehören damit zu den größten gleitenden Säugern überhaupt – ausgestreckt ist ihre zwischen Vorder- und Hinterbeinen aufgespannte Flughaut so groß wie eine Fußmatte.

„Obwohl die Malayischen Colugos in ihrem natürlichen Lebensraum relativ häufig sind, sind sie bisher kaum untersucht“, erklärt Andrew Spence, Biomechaniker am Royal Veterinary College in London. „Es ist schwer Dinge über ein Tier herauszufinden, dass sich nur nachts bewegt, in 30 Metern Höhe auf Bäumen lebt und innerhalb von zehn Sekunden 100 Meter weit gleiten kann.“

Colugos können die Aerodynamik ihres Fluges gezielt beeinflussen und vor allem bei der Landung gezielt ihr Gleitverhalten ändern, um Verletzungen vorzubeugen. Während sie normalerweise in einem gleichmäßigen Tempo gleiten, führen sie kurz vor der Landung ein sehr präzises Manöver durch, das ihre Geschwindigkeit reduziert und sie gleichzeitig so zum Boden hin ausrichtet, dass sie mit allen vier Beinen landen können.

Dauert der Gleitflug länger als zwei Sekunden, nutzen die Colugos ihre Gleitsegel wie einen Bremsfallschirm, um den Aufprall zu dämpfen.



http://www.scinexx.de/redaktion/wissen_aktuell/bild5/colugog.jpg

5.3. Gleitende Schlange

Gleitende Schlangen gehören zu einer kleinen Gruppe von Baumschlangen in Süd- und Südostasien. Wenn sie im Baum sind, fallen sie nicht besonders auf – aber sobald sie vom Baum in die Luft springen und ihren gesamten Körper flach machen und zu einem anderen Baum oder auf den Boden gleiten – das ist wirklich eindrucksvoll!

Sie können bis zu 90 Meter durch die Lüfte gleiten!



<http://www.flyingsnake.org/>

5.4. Gleithörnchen

Die Gleithörnchen aus Amerika und Asien sind neben den Dornschwanzhörnchen die zweite Nagetiergruppe, die sich in gewisser Weise auch den Luftraum erschlossen hat. Sie können bis zu 46 Meter weit gleiten!

Gleithörnchen werden oft auch als „Flughörnchen“ bezeichnet. Der „Flug“ der Gleithörnchen ist jedoch kein aktives Fliegen, wie z. B. bei den Fledermäusen, sondern ein passives Gleiten von Baum zu Baum. Immer ist das Gleiten mit einem Höhenverlust verbunden. Es ist daher treffender, von Gleitflug und von Gleithörnchen zu sprechen.

Bei weiten Sprüngen strecken die Gleithörnchen ihre Arme und Beine weit aus und steuern den Sprung geschickt mit dem Schwanz.

Das Gleitvermögen gestattet den Gleithörnchen einen problemlosen Ortswechsel, sie müssen nicht wie andere Hörnchen ständig baumab und baumauf laufen. Vor allem ermöglicht der Gleitflug aber auch die rasche und wirkungsvolle Flucht vor Feinden.

Gleithörnchen sind gut halb so groß wie unser Eichhörnchen und ziemlich verspielt. Wenn sie nicht gerade der Nahrungssuche nachgehen, segeln sie von Baum zu Baum und suchen sich gegenseitig zu jagen. Ihr Speisezettel enthält Waldfrüchte, Samen, Knospen, Rinde und Insekten, allerdings auch Vögel und Eier.



<http://theweekthatwas.files.wordpress.com/2009/03/flying-squirrel.jpg>

5.5. Gleitende Frösche



Nein – so nicht!

<http://www.freakingnews.com/pictures/35500/Flying-Frog--35901.jpg>

Sondern so: In einer abgelegenen Bergregion im Himalaya und auf Borneo gibt es hellgrüne Frösche, die ihre langen, mit Schwimmhäuten versehenen Füße zum Gleiten in der Luft benutzen. Das heißt, der gleitende Frosch hat eine Art Schwimmfüße, aber zum Gleiten. Und er kommt damit bis zu 46 Meter weit!



<http://www.ecologyasia.com/images-k-z/wallaces-flying-frog.jpg>

5.6. Gibbons

Gibbons sind perfekte Akrobaten, die von Baum zu Baum springen, bis zu 14 Meter weit!

Gibbons sind Menschenaffen aus den immergrünen tropischen Regenwäldern Südost-Asiens. Sie sind an das Leben in den Baumwipfeln angepasst. Gibbons ernähren sich vor allem von Früchten, nehmen aber auch Blätter, Triebe und kleine Tiere zu sich.

Gibbons bewegen sich schwinghangelnd an den Armen oder zweibeinig fort. Beim schnellen Hangeln scheinen die Gibbons förmlich durch die Baumkronen zu fliegen.

Gibbons wiegen je nach Art nur 5-12 kg. Ihre leichte Bauweise ermöglicht den Gibbons das Früchtesammeln auch an dünnen Ästen. Als typisches Merkmal der Menschenaffen tragen Gibbons keinen Schwanz. Die vier Gattungen von Gibbons liegen verwandtschaftlich weiter auseinander als Mensch und Schimpanse.

Gibbongruppen singen frühmorgens spektakuläre Gesänge, die 1-2 km weit hörbar sind. Gibbongesänge dauern meist 10-30 Minuten. Verpaarte Gibbons singen meist in genau koordinierten Duetten zusammen. Duettgesänge dienen vermutlich der Anzeige der Paarbindung oder der Stärkung der Paarbindung.

Gibbons können sich im Spiegel selbst erkennen, was generell als Indiz für das Vorhandensein eines Selbstbewusstseins gilt. Dieses Merkmal teilen Gibbons nur mit den großen Menschenaffen und dem Menschen.



http://www.phuket-safari-travel.com/images/Gibbon_.jpg.jpg

5.7. Fliegender Drache

Nein, nicht so!



<http://fantasygalleryart.com/library/FlyingDarkDragon19x2752899C-003.JPG>



Sondern so:

Der Gemeine Flugdrache mit dem wissenschaftlichen Namen *Draco volans* lebt in den tropischen Regenwäldern Südostasiens. Die Echsen werden 20 Zentimeter lang, wovon der dünne Schwanz mehr als die Hälfte ausmacht.

Der Gemeine Flugdrache hält sich auf Bäumen in Höhen von 1 bis 20 Metern auf und geht nur zur Eiablage auf den Boden. Er ernährt sich vor allem von baumbewohnenden Ameisen. Seine Gleitflüge haben eine durchschnittliche Weite von 20 bis 30 Metern, dabei beträgt der Höhenverlust 5 bis 8 Meter. Die Maximalweite soll 60 Meter betragen. Der Gleitflug wird durch Drehungen des Schwanzes stabilisiert. Durch Schwanzbewegungen und eine Änderung der Flughautstellung ist auch das Ansteuern von Zielen und das Ausweichen von Hindernissen möglich.

6. Abschließende Worte

Bionik ist ein sehr viel versprechendes Forschungsgebiet, dem eine große Zukunft prophezeit wird. Frau Prof. Ille Gebeshuber, die Autorin von Teilen dieser Lehrunterlagen, hat an der Technischen Universität Wien im Jahr 2008 das Exzellenzzentrum TU-BIONIK gegründet, in dem Forscher aus allen Fakultäten vertreten sind. An die Emailadresse

ille.gebeshuber@iap.tuwien.ac.at

könnt ihr gerne Eure Bionikfragen senden. Ille ist derzeit Professorin in Malaysia, einem Land mit sehr sehr vielen interessanten Tieren und wunderbaren großen Regenwäldern mit wilden Orang Utans, Gibbons und fliegenden Drachen. Es besteht auch die Möglichkeit, ein Bionikpraktikum (einige Tage, Wochen oder Monate) vor Ort bei ihr zu machen.

Bionik studieren kann man in Österreich an der Fachhochschule Technikum Villach. Kontakt: D.ID. Mag. Peter Piccottini, email biomimetics@fh-kaernten.at, Telefon 05 90500-1147.

Weiterführende Literatur:

Zdenek Cerman, Wilhelm Barthlott und Jürgen Nieder (2005) Erfindungen der Natur: Bionik - Was wir von Pflanzen und Tieren lernen können. Rowohlt Taschenbuch

Martin Zeuch (2006) Was ist was? Band 122, Bionik. Tessloff Verlag.

Birgit Kuhn und Jürgen Brück (2008) Bionik - Der Natur abgeschaut: Wissen auf einen Blick. 100 Bilder - 100 Fakten. Naumann & Göbel.

Julia Kospach (2009) Ein Lehrmeister namens Wald. Universum Juli/August 2009, Seiten 80-85.

Ein Artikel, der das biomimetische Inspirationspotential von glasmachenden Algen, Schmetterlingsflügeln und giftigen Raupen beschreibt.

Ille C. Gebeshuber, Petra Gruber und Manfred Drack (2009) A gaze into the crystal ball - biomimetics in the year 2059. Proc. IMechE Part C: J. Mech. Eng. Sci. 50st Anniversary Issue, im Druck (direkt bei Frau Prof. Gebeshuber erhältlich).

Ein wissenschaftlicher Artikel in englischer Sprache, der sich damit beschäftigt, wie die Bionik im Jahre 2059 aussehen könnte.

Schuck, Sabine - Pohl, Daniela: Flughafen
ISBN: 978-3-7886-1601-4
Tessloff Verlag

Beer, Hans de: Kleiner Eisbär, hilf mir fliegen!
ISBN: 3-314-01177-6
Nord-Süd-Bilderbuch

Meschenmoser, Sebastian: Fliegen lernen
ISBN: 3-480-22067-3
Esslinger Verlag

Nahum, Andrew: Flugmaschinen
ISBN: 3-8067-5524-8
Sehen, Staunen, Wissen: Dorling-Kindersley

Susanna Partsch - Rosemarie Zacher Der Traum vom Fliegen
ISBN: 978-3-8270-5297-1
Berlin Verlag

Monika Lange: Da fliegt was! Mein Tierbuch vom Fliegen und Flattern
Verlag Sauerländer

Ulrich Dewald: Vom Fliegen. Kosmos-Uni für Kinder
Kosmos Verlag

Willy Puchner: Flughafen. Eine eigene Welt
Np Buchverlag

Janosch: Onkel Poppoff kann auf Bäume fliegen
dtv 7050

MacKee, David: Kannst du fliegen, Elmar?
Ars-Edition

Flugpass Auflösungen

Seite 4

Schwalben sind **Ruderflieger**.

Sie fliegen bei ihrer Reise in den Süden **30 000 km**.

Seite 5

Falken können im Sturzflug 300 km pro Stunde fliegen.

Kolibris und **Schmetterlinge** können auch rückwärts fliegen.

Seite 6

Fallschirme fliegen ähnlich wie Löwenzahnsamen.

Seite 7

Igo Etrich diente der **Zanonia-Samen** als Vorbild für seinen Flug-Gleiter.

Seite 9

Ballone fliegen, weil sie **leichter sind als Luft**.

Flugzeuge fliegen durch **Luftumlenkung**.

Raketen fliegen durch **Abstoßung**.

Seite 10 und 11

Ikarus

Flügel

Hexen

Besen

Mary Poppins

Schirm

Superman und Supergirl

Superkraft /Cape

Seite 13

Pilotin

Seite 14

Nahe dem Nordpol dreht sich die Erde fast gleich schnell, wie ein Flugzeug fliegt.

Seite 15

Wenn es in **Wien 12 Uhr Mittag** ist, dann ist es in **New York 6 Uhr früh** und in

Tokyo 19 Uhr.

In New York ist es **6 Stunden früher** als in Wien.

Seite 16

Im Tower sitzt der **Lotse oder die Lotsin** und überwacht den Flugverkehr.

Für die Beladung der Flugzeuge ist die/der **Redcap** zuständig.

Seite 17

Am Flughafen Wien werden jährlich **25 Millionen** Koffer verladen.