



Grundlagen des Fliegens

Einer der ältesten Träume der Menschheit ist seit über einhundert Jahren Realität: das Fliegen. Heute ist es für uns selbstverständlich, mit dem Flugzeug transportierte Waren in kürzester Zeit aus Übersee zu erhalten, in den Urlaub zu fliegen und Freizeitaktivitäten wie Segelfliegen oder Drachensteigen nachzugehen. Das reicht bis hin zu Extremsportarten wie Wingsuit-Fliegen oder Base-Jumping, bei denen die Sportler mit Hilfe spezieller Anzüge und Fallschirme durch die Luft gleiten. Aber auch Forschungs- und Aufklärungseinsätze wie die des DLR-Flugzeuges HALO (High Altitude and Long Range) durch Vulkanaschewolken oder Parabelflüge sind wichtige Anwendungsbeispiele.

Dabei ist das Fliegen an sich keine Erfindung des Menschen. Ganz im Gegenteil: die Art und Effizienz der Fortbewegung von Insekten und Vögeln bleibt bis heute unerreicht. Beispielsweise kann die Flugleistung einer Libelle im Verhältnis zu ihrer Körpergröße und -masse nicht annähernd technisch nachgestellt werden.

Doch wie funktioniert Fliegen überhaupt? Warum kann ein Mensch nicht ähnlich wie ein Vogel oder Insekt durch die Luft gleiten? Und wie kann es sein, dass tonnenschwere Flugzeuge über so lange Strecken in der Luft bleiben? Im DLR_School_Lab erhalten Schülerinnen und Schüler Antworten auf diese und viele weitere Fragen zum Thema Fliegen.

Grundlagen des Fliegens

Geschichte des Fliegens

Dädalus und Ikarus

Schon aus der Antike gibt es überlieferte Mythen, die davon erzählen, wie Menschen das Fliegen lernen wollten. Dabei galt es als göttliches Attribut und Privileg, fliegen zu können. Beispielsweise soll Dädalus, der gemeinsam mit seinem Sohn Ikarus gefangen gehalten wurde, Flügel erfunden haben, mit denen die beiden aus der Gefangenschaft fliehen wollten. Der Sage nach war die Technik funktionsfähig, allerdings flog Ikarus zu nah an die Sonne, den Bereich der Götter, sodass die Konstruktion aus Wachs und Federn schmolz und Ikarus abstürzte.

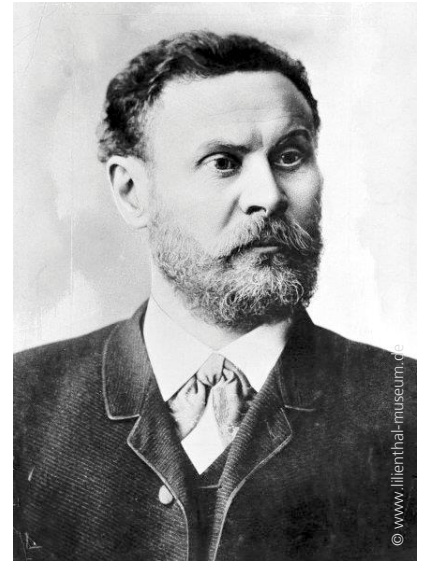
Leonardo da Vinci

Um 1500 konstruierte Leonardo da Vinci (1452-1519), der den meisten eher als berühmter Maler bekannt ist, erste Flugapparate. Er orientierte sich dabei am Flug von Vögeln, Insekten und Fledermäusen und untersuchte das Strömungsverhalten der Luft beim Fliegen. Da Vinci schaffte es allerdings nie, selbst zu fliegen. Er musste feststellen, dass die Muskelkraft des Menschen allein nicht ausreicht. Auch fehlten ihm damals die Möglichkeiten, einen Flugapparat anderweitig anzutreiben. Später konstruierte da Vinci erstmals Gleitflugapparate, die

den Auftrieb nutzen und teilweise unbewegliche Tragflächen haben sollten.

Otto Lilienthal

Nach Einzelversuchen, Flüge durchzuführen, die sich meist am Schwingenflug der Vögel orientierten und nicht selten tödlich endeten, war es Otto Lilienthal (1848-1896), der Ende des 19. Jahrhunderts erstmals mehrere kontrollierte Gleitflüge absolvierte. Zunächst führte Lilienthal Experimente zur Erzeugung von Auftrieb durch Flügelschlag durch. Danach untersuchte er die Funktionsfähigkeit von gewölbten Flügeln ohne Flügelschlag in der Luftströmung. Die Ergebnisse waren eindeutig: Zum einen war der Auftrieb an gewölbten Tragflächen deutlich höher als der an ebenen. Zum anderen wies die leicht gewölbte Vogelflügel-form günstigere Luftwiderstandswerte auf. Damit führten seine Experimente zur bis heute gültigen physikalischen Beschreibung der Auftriebswirkung an Tragflächen. Zu Lilienthals Zeit favorisierte man für die Luftfahrt hauptsächlich das Prinzip „Leichter als Luft“ und wollte Ballons weiter zu Luftschiffen entwickeln. Lilienthal war mit seinen Entdeckungen derjenige, der dem Prinzip „Schwerer als Luft“ zum Durchbruch verhalf. Nach umfassender theoretischer Vorarbeit startete Lilienthal erste ernstzunehmende praktische Flugversuche. Er baute dafür

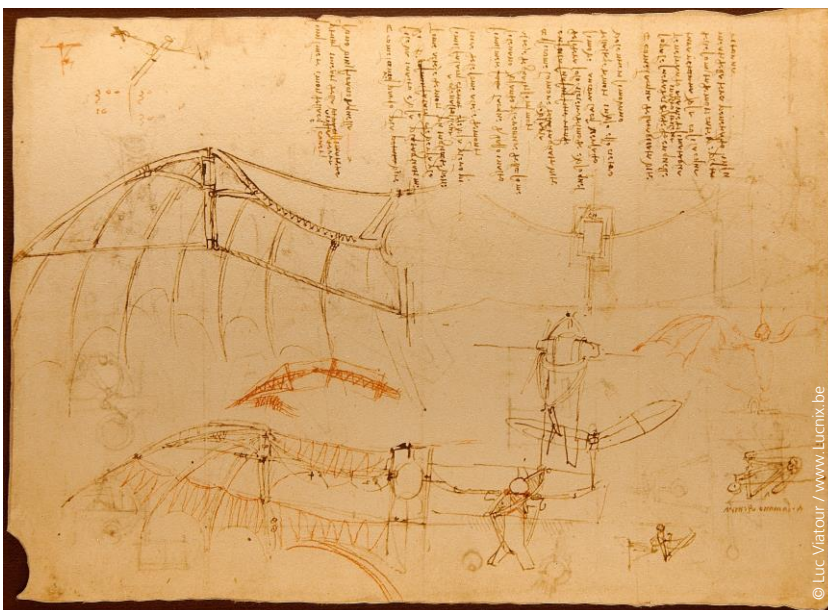


Otto Lilienthal (1848-1896)

eine Konstruktion mit Flügeln aus gewachstem Baumwollstoff und Rahmen aus Holz. Nach einigen Stehübungen gegen den Wind und Sprüngen von einem Sprungbrett suchte Lilienthal nach geeigneten Startplätzen für seine Gleitflugzeuge. Das waren vorwiegend Hügel, von denen ihm Flüge bis zu einer Weite von ca. 80 Metern gelangen. Er wertete dabei jeden Flug aus und nahm Verbesserungen an den Flugapparaten vor. Insgesamt gilt Lilienthal damit weithin als „erster Flieger der Menschheit“, da er der erste war, der aufgrund systematischer Messungen wiederholt kontrollierte Flüge durchführen konnte.

Brüder Wright

Mit den Brüdern Wilbur (1867-1912) und Orville (1871-1948) Wright entwickelte sich die Luftfahrt weiter in Richtung Gleitflugzeuge mit unbeweglichen Tragflächen. Die beiden setzten sich mit dem Werk Lilienthals auseinander und erkannten dessen Bedeutung. Durch weitere wichtige Veränderungen, beispielsweise der Verwindung der Tragflächen, legten die Brüder Wright den Grundstein für kontrollierte Motorflüge und führten bereits einige Flüge mit motorisierten Apparaten durch.

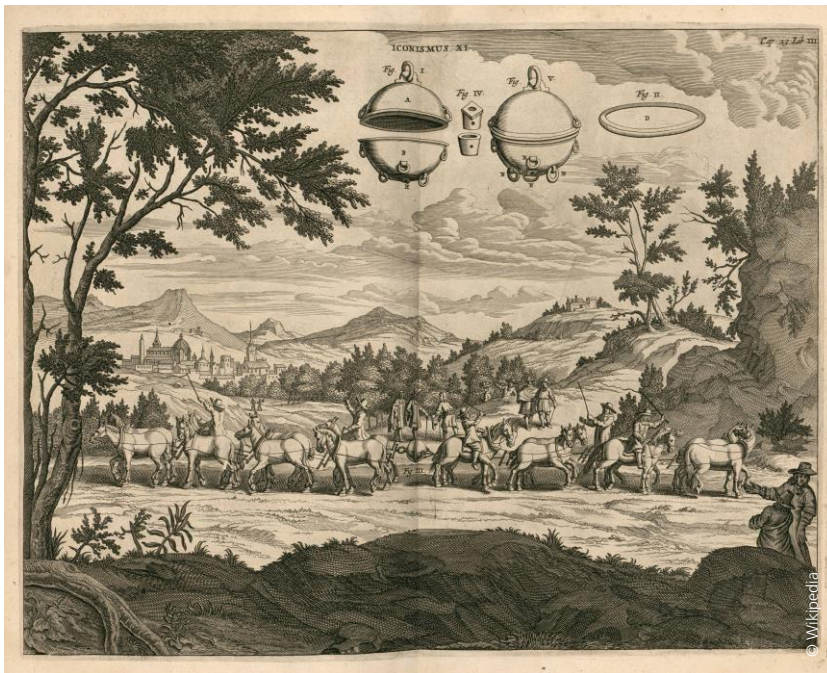


Leonardo da Vinci studierte den Flug der Vögel und versuchte, aufgrund der gesammelten Erfahrungen eine Flugmaschine zu konstruieren

Physikalische Grundlagen

Die Lufthülle der Erde

Um zu verstehen, warum ein Flugzeug fliegen kann, ist es zunächst einmal wichtig zu wissen, dass wir auf der Erde nicht im „Nichts“ leben, sondern immer von Luft umgeben sind. Die Lufthülle der Erde besteht ungefähr zu 78 % aus Stickstoff, zu 21 % aus Sauerstoff und ca. 1 % machen Edelgase aus. Das Entscheidende dabei ist der Luftdruck: er beträgt auf Meereshöhe im Mittel rund 1013 hPa. Das bedeutet vergleichsweise, dass ein Körper der Masse 1 kg senkrecht auf eine 1 cm² große Fläche drückt. Umgerechnet entspricht das einer Masse von 10 t auf einen Quadratmeter. Da alles auf der Erde dem Umgebungsluftdruck angepasst ist, bemerkt man dessen Auswirkungen vor allem dann, wenn er nicht mehr vorhanden ist. Dieses Phänomen wird im Schülerlabor an dem von Otto von Guericke entwickelten Experiment „Magdeburger Halbkugeln“ untersucht. Die beiden Kugelhälften werden nur durch den Umgebungsluftdruck, der durch die Bewegung der Luftmoleküle hervorgerufen wird, so stark aufeinander gepresst, dass sie im historischen Experiment nicht einmal 16 Pferde trennen konnten.



Stich von Guericke's berühmtem Versuch aus seinem Werk „Experimenta nova (ut vocantur) Magdeburgica de vacuo spatio“

Archimedisches Prinzip und Auftrieb

Die Voraussetzungen für aerostatisches Fliegen von Körpern, die leichter als Luft sind, entdeckte Archimedes von Syrakus (287-212 v. Chr.). Als er für seinen König herausfinden sollte, ob dessen Krone wirklich aus purem Gold ist, erkannte er, dass das Volumen des übergelaufenen Wassers beim Eintauchen eines Körpers in ein randvoll gefülltes Gefäß genau dem Volumen des eingetauchten Körpers entspricht. Folglich tauchte er die Krone des Königs und einen Barren aus reinem Gold der gleichen Masse in Wasser und maß jeweils die übergelaufene Flüssigkeitsmenge. Da die Krone mehr Wasser verdrängte als der Goldbarren und somit bei gleicher Masse voluminöser war, musste sie aus einem Material geringerer Dichte, also nicht aus reinem Gold, gefertigt worden sein. Nach weiteren Untersuchungen formulierte Archimedes daraufhin das nach ihm benannte Prinzip: *Die auf einen Körper in einem Medium wirkende statische Auftriebskraft ist genauso groß, wie die auf das vom Körper verdrängte Medium wirkende Gewichtskraft.*

Dieses Prinzip wird beispielsweise bei U-Booten angewendet. Die Schülerinnen und Schüler erkunden dies selbst an einem Cartesischen Taucher in einer mit Wasser gefüllten Plastikflasche. Auch

gasgefüllte Ballons und Luftschiffe erfahren nach dem Archimedisches Prinzip ihren Auftrieb, wenn die Dichte des Füllgases unter der Umgebungsluft liegt. Bei Heißluftballons wird die Luft im Ballon mittels eines Brenners erwärmt, dadurch sinkt ihre Dichte und sie steigt samt Ballon auf.



Kräftegleichgewicht beim horizontalen geradlinig gleichförmigen Flug

Aerodynamik

Der Auftrieb ist jedoch nicht nur für aerostatisches Fliegen wichtig. Auch bei Flugkörpern, die schwerer als Luft sind, spielt er eine entscheidende Rolle. Vereinfacht dargestellt wirken beim Flugzeugflug vier Kräfte: Mit dem Gewicht gibt es eine Kraft, die in Richtung Erdoberfläche orientiert ist. Die Triebwerke erzeugen senkrecht dazu die Schubkraft, die das Flugzeug in Flugrichtung beschleunigt. Gleichzeitig wird es dabei durch den entgegenwirkenden Luftwiderstand gebremst. Sobald die vierte, nach oben gerichtete Kraft, der Auftrieb, größer als die Gewichtskraft ist, kann das Flugzeug abheben. Dies wird bei geeigneter Form und Stellung der Tragflächen zur Luftströmung erreicht. Durch die höhere Geschwindigkeit der vorbeiströmenden Luft an der Oberseite der Tragfläche entsteht dort ein Unterdruck. Gleichzeitig steigt an der Tragflächenunterseite der Druck, wodurch das Flugzeug vom Boden abhebt. Je höher die Geschwindigkeit des Flugzeugs ist, desto größer ist auch dieser dynamische Auftrieb. Bei Veränderung des Anstellwinkels der Tragflächen muss beachtet werden, dass dies neben der Beeinflussung des Auftriebs auch immer eine Veränderung der Wirkung des Luftwiderstandes zur Folge hat.

Optimale Flugbedingungen

Es gibt Bedingungen, bei denen ein Flugzeug am besten fliegt. Theoretisch könnte z.B. der Tragflügelquerschnitt stark vergrößert werden. Dabei würden sich jedoch Verwirbelungen hinter dem Tragflügel auf der Oberseite bilden und den Auftrieb stören. Das ist im Windkanal gut nachweisbar. Neben dem Auftrieb gibt es weitere physikalische Eigenschaften, die den Flug beeinflussen. Die Zusammenhänge kann jeder Schüler im DLR_School_Lab am selbst gebastelten Papierflieger erforschen. Wenn die Symmetrie des Fliegers nicht optimal ist, kann dieser ins „Rollen“ kommen, sich also um seine Längsachse drehen. Beim „Nicken“ (Drehung um die Querachse) hebt oder senkt sich die Flugzeugnase. Wenn sie sich zu stark zum Boden neigt, kommt es zum Absturz. Als „Gieren“ wird dagegen das Drehen des Fliegers um seine Hochachse bezeichnet. Für einen möglichst stabilen Flug müssen die Tragflächen leicht nach oben angestellt sein (Y-Stellung). Zudem sind eine geringe Eigenmasse des Flugzeugs und die richtige Lage des Schwerpunktes wichtig. Das Flugzeug sollte weiterhin eine im Windkanal getestete strömungsgünstige Form besitzen. Unter Nutzung dieses Grundwissens haben Ingenieure in der Vergangenheit den Flugzeugbau immer weiter verbessert. Doch es gibt noch immer viel zu tun: Ziel ist eine deutliche Verringerung des Treibstoffverbrauchs und des Abgasausstoßes der Flugzeuge. Darüber hinaus wird daran gearbeitet, dass die Flugzeuge geräuschärmer werden, damit sich die Lärmbelastigung am Boden verringert. Beim DLR wird deshalb in verschiedenen Instituten am Flugzeug der Zukunft geforscht.

Das DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den 16 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 8.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington D.C.

DLR Neustrelitz

Der DLR-Standort Neustrelitz liegt etwa 100 Kilometer nördlich von Berlin im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern. Hier arbeiten über 70 Wissenschaftler, Ingenieure und Angestellte.

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten am Standort sind den Themenbereichen satellitengestützte Erdbeobachtung, Navigation und Ionosphärenerkundung zugeordnet und gliedern sich in verschiedene Forschungsprogramme ein.

Hinweise zum Experiment:

Alter: 6 bis 12 Jahre

Gruppengröße: 5 bis 7

Dauer: 40 bis 60 Minuten

Inhaltlicher Bezug: Mechanik, Technik



**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt**

DLR_School_Lab Neustrelitz
Kalkhorstweg 53
17235 Neustrelitz

Telefon: 03981 237 862
oder 03981 480 220
Telefax: 03981 237 783
E-Mail: schoollab-neustrelitz@dlr.de

www.DLR.de/dlrschoollab/neustrelitz