



## Freiflug

### Beispiel-Flugzeuge im Test

Fliegen ist heute etwas Alltägliches geworden. Bestimmt bist auch Du schon einmal mit einem Passagierflugzeug mitgeflogen. Angeschnallt sitzt du in Deinem Flugzeugsitz, die Maschine beschleunigt entlang der Startbahn und hebt schließlich ab – aber warum? Wie wird der notwendige Auftrieb erzeugt, damit die Maschine den Boden verlässt? Und wie bleibt sie dann im stabilen Geradeausflug? Welche Kräfte spielen hier zusammen, damit das Flugzeug auf seiner Flugbahn bleibt?

Ihr habt Gelegenheit, anhand von Experimenten mit Beispielflugzeugen die Grundlagen der Flugmechanik zu verstehen. Ihr vollzieht nach, wie einst die Pioniere der Luftfahrtgeschichte mit einfachen Experimenten Grundlagen geschaffen haben, die heute noch gültig sind!

# Freiflug – Beispiel-Flugzeuge im Test

## Die Anfänge der Fliegerei

Leonardo da Vinci entwarf bereits im Mittelalter die ersten Fluggeräte. Lediglich mit der Kraft seiner Muskeln wollte er sich durch die Lüfte bewegen. Er studierte den Vogelflug und die Stellung der Flügel beim Fliegen. Da ihm jedoch noch weder Leichtbauwerkstoffe noch Maschinen oder Motore zur Verfügung standen, dauerte es noch fast fünfhundert Jahre, bis es einem Menschen gelang, sich erfolgreich und kontrolliert in die Luft zu erheben.

Otto Lilienthal gelang es 1868, sein „Fluggerät“, das den Flügelschlag eines Vogels imitierte, in die Luft zu heben. Motiviert durch diese Erfolge begann Lilienthal mit der Erprobung von Gleitflugzeugen. Im Jahr 1891 gelang ihm sein erster kontrollierter Gleitflug über 25 Meter, der kurz darauf auf einige hundert Meter gesteigert werden konnte. Seinen Forscherdrang bezahlte Lilienthal mit dem Leben. Der tödliche Unfall mit einer seiner Konstruktionen zeigte die komplizierten Probleme seiner Arbeit.

Im gleichen Zeitraum machte der Engländer F.W. Lanchester systematische Flugbahnbeobachtungen an Modellflugzeugen und konnte zeigen, welche Merkmale eines Flugzeugs Einfluss auf das Flugverhalten haben. F.W. Lanchester gilt seitdem als einer der Begründer der modernen Flugmechanik.

## Ein Flugzeug besteht aus drei Komponenten

### Der Tragflügel

Um einen Körper in der Luft zu halten, muss man Auftrieb erzeugen, der entgegen der Gravitationskraft wirkt. Diesen Auftrieb liefern die Tragflügel. Eine einfache, ebene Platte kann diesen Auftrieb bereits erzeugen, wenn sie durch Luft schräg angeströmt wird. Die Luft wird nach unten gelenkt und dadurch wird der Flügel nach oben gedrückt!

Ein Flügel ...



Die Form und das Profil des Tragflügels sind nicht so wichtig dafür, ob das Gerät überhaupt fliegt. Diese Parameter beeinflussen nur die Leistungsfähigkeit des Flugzeugs.

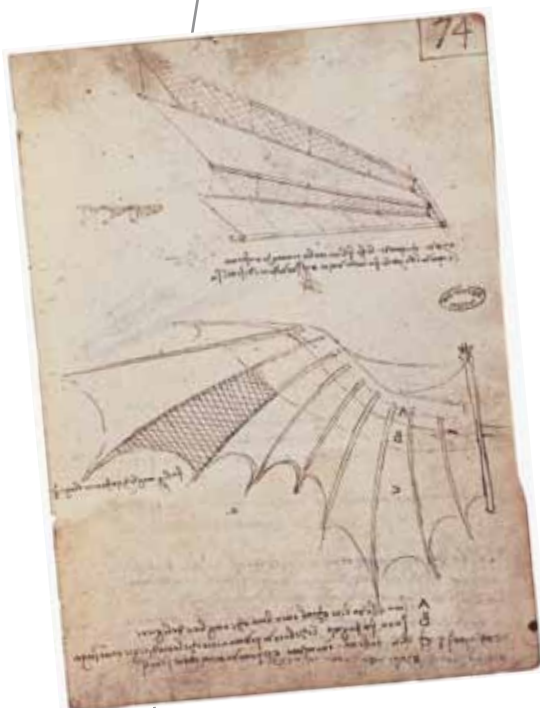
### Das Leitwerk

Da ein Tragflügel allein nicht stabil fliegen wird, muss ein weiteres Bauteil hinzugefügt werden, nämlich das Leitwerk. Das kann eine weitere ebene Platte sein. Das Leitwerk arbeitet letztlich wie eine Windfahne, an der sich der Tragflügel, der ja fest daran verbunden ist, in der Anströmung ausrichtet. Dazu ist es in festem Abstand zum Tragflügel am Flugzeug angebracht. Die vom Leitwerk erzeugte Auftriebskraft sorgt für das Gleichgewicht der Momente am Tragflügel.

### Der Rumpf

Der Rumpf ist die Verbindung, die den Tragflügel und das Leitwerk in einer vorgegebenen Position zueinander hält. Für die Einstellung des Schwerpunktes des Flugzeugs ist der Rumpf wesentlich. Im Hinblick auf den Einsatz des Flugzeugs ist er natürlich unverzichtbar, da er die gesamte Last (Passagiere, Fracht, etc.) enthält.

Die Flugzeuge von Lilienthal und Lanchester bestanden nur aus diesen drei Komponenten. Bei ihren Flugexperimenten erkannten sie sehr schnell, dass eine wichtige Einflussgröße die Position des Schwerpunktes ist. Nur wenn das Flugzeug exakt ausbalanciert ist, erreicht es seine optimale Flugleistung.



Auf dem Flügelentwurf notierte Leonardo im 15.Jh.: „Er wird aus Tannenhholz sein, mit Linde verstärkt und ist leicht; er wird aus Stoff sein, darauf Federn geklebt sind, dass er für die Luft geeignet ist; er wird aus gestärktem Stoff sein und zur Probe nimmst du feines Papier.“

## Die Bedeutung der Gleichgewichtslage

Die Modellflugzeuge sind eigenstabil. Das bedeutet, dass, wenn das Flugzeug eine Störung von außen erfährt, es von selbst wieder in den ursprünglichen Flugzustand zurückkehrt. Dieses kann durch eine Windböe passieren. Wenn unvorhergesehene Kräfte auf das Flugzeug einwirken, dürfen sie das Flugzeug nicht unkontrollierbar werden lassen. Das Entwicklungsziel von eigenstabilen Modellflugzeugen ist also ein stabiler und gestreckter Gleitflug.



Der Wunsch, sich kontrolliert durch Luft zu bewegen und den Weg in der Luft selbst bestimmen zu können führte zu bemannten Flugzeugen. Der bemannte Flug hat aber auch die Anforderungen an das Flugzeug vielfältiger werden lassen, da hier die Nutzung eine wichtige Rolle spielt.

Wenn Du in einem Segelflugzeug sitzt und gerade erst fliegen lernst, wirst Du ein eigenstabilen Fluggerät sehr zu schätzen wissen. Die Eigenstabilität hilft Dir beim Fliegen und sorgt dafür, dass Dein Flugzeug im wahrsten Sinne des Wortes nicht so schnell „aus der Ruhe“ zu bringen ist.

Bist Du hingegen ein Kunstflieger und versuchst Dich an waghalsigen Flugmanövern, möchtest Du kein Flugzeug, was immer wieder versucht in die Ausgangslage zurückzukommen, da sie Deinen Manöverflug behindert bzw. erschwert.

Moderne Kampfflugzeuge wie der Eurofighter sind extrem leistungsfähig und reizen den physikalisch möglichen Flugbereich voll aus. Leider sind sie daher auch instabil, reagieren also auf jede Störung durch Verstärkung eben dieser Störung. Computer helfen den Piloten daher bei der Stabilisierung der Fluglage.

## Versuche

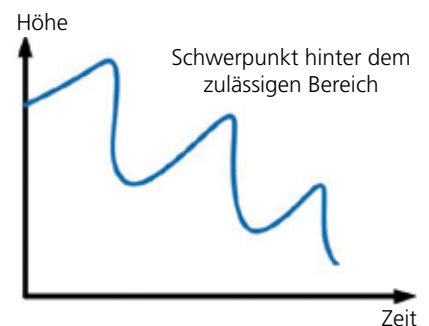
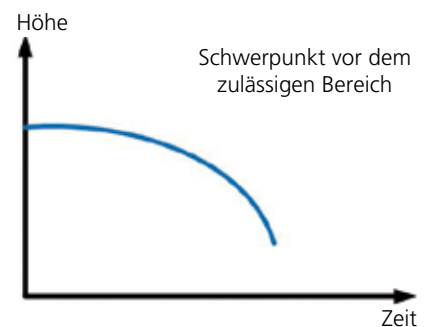
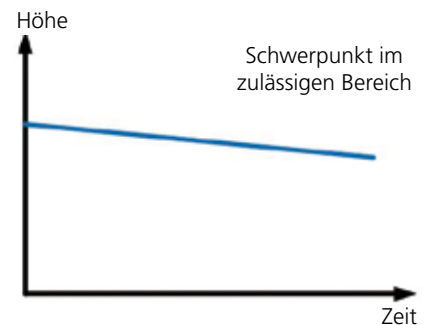
Die oben beschriebene Theorie könnt Ihr im Versuch nachvollziehen. Ihr könnt ein Segelflugzeug, einen Nurflügler oder ein Entenflugzeug bauen.

Für jedes Modell stehen Schablonen für die drei Elemente Tragflügel, Leitwerk und Rumpf zur Verfügung. Die Modelle werden aus geschäumtem Kunststoff eigenständig von Euch hergestellt. Anschließend wird die Schwerpunkteinstellung vorgenommen, indem Flugtests durchgeführt werden. Durch gezieltes Verändern der Position des Schwerpunkts lässt sich die Stabilität des Gleitflugs untersuchen.

Es stehen speziell präparierte Flugzeuge mit genau vorgegebenen Flugeigenschaften zur Verfügung. Sie dienen einer genaueren Untersuchung des Flugverhaltens. Auch die Wirkung des Höhenruders ist an einem gesonderten Modell beobachtbar.

Mit einer Katapultvorrichtung werden die Startbedingungen unter wiederholbaren Bedingungen vorgegeben und eine Messung der Flugleistung ermöglicht. Mittels einer Kamera kann die Flugbahn genau beobachtet werden.

Selbstverständlich können von Euch auch eigene Flugzeugkonstruktionen in diesem Versuch gebaut und untersucht werden.



## Fragen zum Nachdenken

- Warum ist es wichtig, dass auch motorisierte Flugzeuge eine korrekte Schwerpunktlage besitzen?
- Warum haben unterschiedliche Flugzeugtypen verschiedene Tragflügelformen?
- Wie sieht die optimale Profilform aus, um möglichst viel Auftrieb zu erzeugen?
- Müssen alle Flugzeuge einen Tragflügel, einen Rumpf oder ein Leitwerk besitzen?

## Glossar

### Aerodynamik

Lehre von der Umströmung von Körpern mit Luft.

### Eigenstabil

Bezeichnung für das Verhalten von Flugmodellen, auf Störungen seines Flugzustands so zu reagieren, dass der ursprüngliche Flugzustand selbständig wiederhergestellt wird. Alle freifliegenden Modelle fliegen eigenstabil.

### Flugleistung

In die Flugleistung fallen verschiedene Parameter wie z.B. Höchstgeschwindigkeit, Nutzlast, Reichweite, Steigleistung etc.. Nicht vergleichbar mit der physikalischen Leistung.

### Stabiles Gleichgewicht

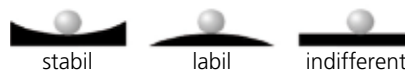
Der Körper kehrt nach einer kleinen Auslenkung wieder in seine Ausgangsposition zurück.

### Labiles Gleichgewicht

Der Körper befindet sich momentan im Gleichgewicht, wird bei einer kleinen Auslenkung aber weiter von dieser Lage wegstreben.

### Indifferente Lage

Der Körper nimmt nach einer kleinen Auslenkung eine neue Gleichgewichtslage ein.



### Flugstabilität

Man unterscheidet stabile, instabile und indifferente Flugstabilität. Entsteht z.B. durch eine Windböe eine Auslenkung aus der Flugbahn, so entscheidet die Art der Stabilität über die künftige Flugbahn.

### Flugmechanik

In der Flugmechanik wird das Verhalten eines Flugzeugs als Gesamtsystem betrachtet. Die Flugmechanik liefert die Grundlagen, um Fluglage, Position und Geschwindigkeit eines Flugkörpers zu einem beliebigen Zeitpunkt zu bestimmen.

## 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, Verkehr und Energie 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 sowie für die internationale Interessenswahrnehmung zuständig. Das DLR fungiert als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den 13 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 6.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C.

## DLR Standort Braunschweig

Die Aktivitäten in den DLR-Standorten Braunschweig und Göttingen konzentrieren sich auf die Geschäftsfelder Luftfahrt und Verkehr. Am Forschungsflughafen in Braunschweig setzt das DLR mit etwa 1.000 hochqualifizierten Mitarbeitern die Tradition der 1936 gegründeten Deutschen Forschungsanstalt für Luftfahrt (DFL) fort.



**Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.**  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

**DLR\_School\_Lab Standort Braunschweig**  
Lilienthalplatz 7  
38108 Braunschweig

Dr. Anke Kovar  
Telefon: 0531 295-2190  
Telefax: 0531 295-2195  
E-Mail: anke.kovar@dlr.de

schoollab-bs@dlr.de

Gefördert durch:

