

Physikunterricht

Warum ist Fliegen sicher?

Das „Schülerfluglabor“ ist ein Unterrichtsprojekt, das am Athenaeum Stade entwickelt wurde. Mit einem leichten Gleiter, der einfach zu bauen und im Klassenraum einsetzbar ist, können Grundlagen der Flugphysik erarbeitet werden.

Die gesamte moderne Luftfahrt baut darauf: Dass Flugzeuge eigenstabil sind, um sicher zu fliegen. Das Fehlen dieser Erkenntnis hat einst Otto Lilienthal das Leben gekostet. Aber schon die Gebrüder Wright kannten das Problem. Darum überlebten sie ihre Flugversuche und wurden die entscheidenden Pioniere des bemannten Fliegens.

Tag für Tag vertrauen Millionen ihr Leben eigenstabilen Flugzeugen an, doch niemand lernt in der Schule, warum sie dies unbesorgt tun können. Wir meinen: Es wird Zeit, dass diese Grunderkenntnis der Strömungsmechanik nicht länger nur einem kleinen Kreis von Ingenieuren, Piloten und Modellfliegern vorbehalten sein darf.

Gemeinhin lernen Schüler anschaulich, „warum ein Flugzeug (Vogel, Samen) fliegt“. Gemeint ist der Auftrieb an einem Flügel, der mit einem gewissen Anstellwinkel von einem flüssigen Medium umströmt wird. Dass dieser Flügel nutzlos ist, wenn er nicht von einem zweiten Flügel in diesem Anstellwinkel stabilisiert wird, gehört schon nicht mehr dazu.

Flugphysik hat die schöne Eigenschaft, dass sie sich mit selbst gebauten Versuchsobjekten erarbeiten lässt. Das macht sich auch das Schüler-Fluglabor zu Nutze. Die Konstruktion eines leichten Gleiters in diesem Projekt stammt von Dr. Heinrich Eder, der sich in den letzten Jahren mit allen Formen des Saalflugs befasste (frei fliegende, nicht ferngesteuerte, leichte Flugmodelle).

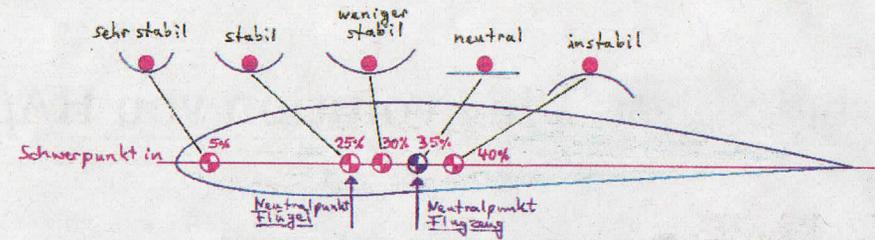
Schwerkraft als Motor

Methodisch konzentriert sich dieser Beitrag auf den Geradeaus-Flug und die Nick-Bewegung eines Flugzeugs (engl. *pitch*). Das ist die Bewegung um die Querachse, die das Steigen oder Sinken beschreibt. Um die Komplexität methodisch weiter zu verringern, wurde auch auf einen Motor als Antrieb verzichtet. Antrieb ist allein die Schwerkraft, die in der schrägen Flugbahn des Gleitflugs resultiert. Sie erlaubt, die Leistung der Modelle unmittelbar zu vergleichen: Das Modell, das am weitesten gleitet, ist am besten eingestellt.

Theoretisch gründet die online abrufbare „Einführung in das Schüler-Fluglabor“ (siehe Link unten) auf der Neutralpunkt-Theorie, die in den vierziger Jahren von der NACA (heute NASA) entwickelt wurde. Sie erlaubte erstmals, den Schwerpunkt eines neuen Flugzeugs genau zu berechnen, bevor Flugversuche unternommen wurden, die für Prototyp und Pilot gleichermaßen gefährlich waren. Mit Neutralpunkttheorie und daraus folgender Schwerpunktbestimmung lassen sich seitdem Flugeigenschaften festlegen, die früher – die Massenproduktionen des Zweiten Weltkriegs eingeschlossen – eher auf der Erfahrung der Ingenieure als auf mathematischen Formeln beruhten.

Die Einstellungen, die am Modell vorgenommen werden können, sind die Einstellwinkeldifferenz von Tragflügel und Höhenleitwerk sowie der Schwerpunkt. Dieser wird durch ein bewegliches Gewicht vor dem Flügel verändert, die passende Trimmung dazu praktisch ermittelt.

Grundsätzlich gibt es an einem Flugzeug nicht nur eine mögliche Schwerpunktlage, sondern viele. Zu jeder Schwerpunktlage



Schematischer Querschnitt durch einen Flügel mit möglichen Schwerpunktlagen vor oder auch hinter dem Neutralpunkt von Flügel und Höhenleitwerk. Die Kugel in der Schale symbolisiert die damit verbundene Eigenstabilität des Flugzeugs.

gehören bestimmte Flugeigenschaften. Und mit der Schwerpunktlage verändert sich auch die Aerodynamik vor allem des zweiten Flügels, des Höhenleitwerks: Je nach seiner Belastung erzeugt es Stabilität durch seinen Auftrieb oder durch seinen Abtrieb.

Der Neutralpunkt ist eine Rechengröße, mit deren Hilfe sich der endgültige Schwerpunkt eines Flugzeugs schon in der Konstruktionsphase ermitteln lässt. Dieser liegt für jeden Flügel und für jedes Flügelprofil bei 25 Prozent; kombiniert mit dem Neutralpunkt des Höhenleitwerks kann er für das gesamte Flugzeug an der Flügel-Hinterkante liegen, oder dahinter. Für einen eigenstabilen Flug muss der Schwerpunkt vor dem Neutralpunkt liegen, etwa 5 bis 25 Prozent der Flügeltiefe. Wie sich das auf Leistung und Flugverhalten auswirkt, lässt sich mit dem Testmodell erarbeiten.

Freilich, nicht alles lässt sich am Modell durchspielen. Bei modernen Militärflugzeugen wie dem Eurofighter liegt der Schwerpunkt hinter dem Neutralpunkt; Computer sorgen für die Flugstabilität. Der Vorteil: eine außergewöhnliche Manövrierfähigkeit. Doch ein lebensrettender Gleitflug wie der des Airbus A 320, den Flugkapitän Chesley Sullenberger am 15. Januar 2009 nach

Ausfall der Triebwerke mitten in Manhattan auf dem Hudson River aufsetzte, verlangt eine gute Eigenstabilität und die entsprechende Schwerpunktlage.



Dr. Heinrich Eder, Physiker im Ruhestand, arbeitete neun Jahre als Juror beim Landeswettbewerb Bayern von Jugend forscht. Er arbeitete beim Muscular-Projekt (Muskelkraftflug) von G.

Rochelt mit (Gewinn des Kremer-Preises) und hielt zahlreiche Jugend-Workshops zum Thema Fliegen beim Deutschen Museum, Flugwerft Schleißheim.



Gerhard Wöbbeking arbeitete als Journalist im Nilever-Konzern. Seit seiner Jugend baut er Flugmodelle. Er veröffentlichte mehrere hundert Zeitschriftenartikel über fast alle Aspekte des Modellflugs und beschäftigt sich mit der Didaktik der Flugphysik.



Dr. Helmut Schneider studierte nach Abschluss der Promotion im Fachgebiet technische Chemie an der ETH Zürich, Lehramt für Hauptschule in Berlin und Nürnberg. Neben seiner Tätigkeit als Hauptschullehrer belegte er Fortbildungen zum Gymnasiallehrer und ist seit 2011 Studienrat am Gymnasium Athenaeum.

Weitere Informationen

Bauplan, Arbeitsblätter zu den Flugversuchen und theoretische Grundlagen:

www.athenaeum-stade.de/fluglabor