

EINFÜHRUNG

Die vorliegende Tüftelaufgabe besteht aus zwei Teilen: Dem Bau eines Papierfliegers und – für dessen Abwurf – der Konstruktion eines Startanlage.

Im Sinn einer reichhaltigen Aufgabe (LP21) können dazu verschiedenste Themen und Aspekte thematisiert, recherchiert oder vermittelt werden.

AUS DER GESCHICHTE



Abb. 1 Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Ailes_battantes_Luc_Viatour.jpg



Abb. 2 Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte_der_Luftfahrt



Abb. 3 Quelle <https://www.pinterest.cl/pin/497436721337062996/>

Die Geschichte der Papierfliegerei ist wahrscheinlich fast so alt wie der Traum der Menschen, sich wie Vögel selber in die Luft zu schwingen und zu fliegen. Die mythologische Erzählung von Dädalus und Ikarus zeigt, dass sich Menschen seit der Antike mit der Idee vom Fliegen beschäftigt haben. Die ersten flugfähigen Geräte waren aber Drachen, die im fernöstlichen Raum bereits in vorchristlicher Zeit – zuerst aus Seide und später aus Papier – gebaut wurden.

Erst als sich der Maler und Universalgelehrte Leonardo da Vinci vor über 500 Jahren eingehend mit den Möglichkeiten der Fliegerei beschäftigte, wurde der Grundstein zu einer systematischen Auseinandersetzung gelegt (Abb. 1). Er experimentierte mit Flugkörpern aus Pappe und zeichnete deren Flugbahn auf. Er war es auch, der den ersten funktionierenden Fallschirm entwickelt hat.

Nach und nach wurden wichtige physikalische Gesetze zur Aerodynamik entdeckt, die neue Erkenntnisse brachten. Leonardos Idee, Papierflieger als Versuchsobjekte zu bauen und ihr Verhalten zu analysieren, machten sich alle späteren Flugpioniere auch zunutze. Nachdem 1891 Otto Lilienthal der erste bemannte Gleitflug mit einem mit papier verkleideten Holzgerüst gelang (Abb. 2) und 1903 die Brüder Wright den ersten Motorflug schafften, begann die Eroberung der Luft durch den Menschen endgültig.

Der Enthusiasmus rund ums Fliegen zu dieser Zeit schlug sich auch in der Spielzeug- und Werbewirtschaft nieder. So war es ab den 20er Jahren des letzten Jahrhunderts sehr beliebt, der Verpackung von vielen Alltagsgütern, Papier- und Kartonflieger beizulegen (sogenannte Cornflakesflieger; Abb. 3). Das Bauen von Faltfliegern wurde so zu einer beliebten Freizeitbeschäftigung. Ab 1967 fanden die ersten Wettkämpfe für Papierflieger statt.

STARTEINRICHTUNGEN

Es war Lilienthal, der als erster erkannte, dass nicht die Idee, den Flügelschlag von Vögeln nachzuahmen, sondern das Konzept der geformten Tragfläche zum Erfolg führen würde. Sein Prinzip des Gleitfluges war die Umsetzung von Lageenergie in Vortrieb und Auftrieb. Nur so ist es möglich, ein Objekt, das schwerer als Luft ist, zum Fliegen zu bringen. Aus diesem Grund startete er mit seinen Flugapparaten jeweils von einer Anhöhe aus (Lageenergie). Das Gleiche Prinzip wird heute noch von Hängegleitern und Gleitschirmen genutzt.



Abb. 4 Quelle: <https://pixabay.com/de/photos/segelflugzeug-windenstart-seilwinde-762067/>



Abb. 5 Quelle: <https://pixabay.com/de/photos/jet-kampfjet-einführung-598753/>

Sowohl beim Segelflug als auch in der Modellfliegerei suchte man später nach Möglichkeiten auch in flachem Gelände starten zu können. Der motorisierte Schleppflug sowie das Starten mit Seilwinden (Abb. 4) und Gummiseilen etablierten sich. Im Spielzeugbereich sind Flugmodelle mit Gummimotoren (aufgedrehtes Gummiband) und Schleudersegler mit Gummizug populär.

Auch in der motorisierten Fliegerei unternahm man Anstrengungen, um auf möglichst kurzen Strecken zu starten. Vor allem im militärischen Bereich wurde – mit dem Aufkommen der ersten Flugzeugträger – nach Lösungen gesucht. Erste mit Pressluft betriebene Katapulte kamen schon vor dem Zweiten Weltkrieg zum Einsatz. Weil die Flugzeuge aber immer schwerer wurden und eine höhere Startgeschwindigkeit erreichen mussten, entwickelte man leistungsfähigere Dampfkatapulte. Dabei wird ein Schlitten, der auf einer Schiene im Boden des Flugdecks eingelassen ist, mittels Dampfdruck beschleunigt. Vor dem Start wird das Flugzeug von einer Stange in Position gehalten bis der nötige Dampfdruck aufgebaut und die Flugzeugtriebwerke Maximalschub erreicht haben (Abb. 5).



Abb. 6 https://commons.wikimedia.org/wiki/File:First_JATO_assisted_Flight_-_GPN-2000-001538.jpg

Auf Flugzeugträgern der neuesten Generation werden seit wenigen Jahren elektromagnetisch betriebene Katapulte eingesetzt. Ähnlich einer Magnetschwebebahn (Transrapid) wird das Flugzeug unter enormem Energieverbrauch sehr stark beschleunigt. Eine weitere Erfindung zum Start auf kurzen Startbahnen (oder von schwer beladenen Flugzeugen) ist RATO (Rocket Assisted Take Off); also der raketengestützte Flugzeugstart, wo mit kleinen Raketen während kurzer Zeit zusätzlicher Schub erzeugt wird (Abb. 6).

PAPIERFLIEGER

Über das Fliegen und die physikalischen Aspekte von Papierflugzeugen sowie Bau- und Faltanleitungen sind im Internet [06.04.2020] Informationen und Anleitungen zu finden:

<https://brain.exp.univie.ac.at/ypapierflieger/papfs.htm>

<http://www.brgkepler.at/~rath/fliegen/papierfl.html>

<http://www.papierfliegerei.de/>

<https://www.planet-schule.de/warum/fliegen/themenseiten/t4/s1.html>

Ein paar Hinweise zusammengefasst:

AERODYNAMIK

Auf jedes Gleitflugzeug wirken drei verschiedene Kräfte, die in Beziehung zueinander stehen. Es sind dies der Luftwiderstand, der Auftrieb und das durch die Schwerkraft verursachte Gewicht. Damit der Flieger fliegt, muss der Auftrieb (die senkrechte Komponente davon) gleich gross sein wie das Gewicht. Ebenfalls im Gleichgewicht sind der Luftwiderstand und der Vortrieb (in Flugrichtung wirkende Komponente des Gewichtes; Abb. 7).

Wird der Flieger zu langsam geworfen, «holt» er sich seine Geschwindigkeit. Wird er zu schnell geworfen, setzt er den Überschuss in Höhe um, vielleicht reicht es zu einem Looping; mit Schräglage und leichtem nach-oben-Zielen erfolgt idealerweise eine Aufwärtsspirale. Bei den ersten Starts zeigt es sich, ob man etwas nachtrimmen muss, um einen geraden, weiten Flug zu erreichen.

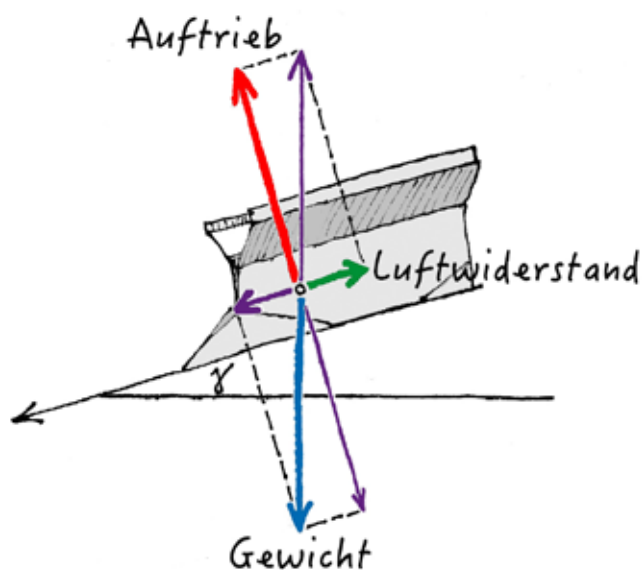


Abb. 7

SCHWERPUNKT

Für einen stabilen und weiten Flug muss der Schwerpunkt des Fliegers an der richtigen Stelle liegen:

- + Befindet sich der Schwerpunkt deutlich zu weit vorn oder ist der Flieger zu schwer, stürzt er ab (Abb.8; A).
- + Ist der Flieger «schwanzlastig» steigt er steil nach oben, verliert schnell an Geschwindigkeit und stürzt dann ab (B). Diese Flugbahn ist auch typisch, wenn der Flieger zu kräftig abgeworfen wird.
- + Ist der Schwerpunkt nur wenig nach hinten versetzt, steigt das Flugzeug leicht auf, verliert Geschwindigkeit, senkt die Nase nach unten, baut wieder Geschwindigkeit auf, fliegt aber dadurch wieder nach oben usw. Man spricht von pumpen (C).
- + Ist der Flieger etwas «nasenlastig», sinkt er stärker als nötig und erreicht nicht eine grosse Flugweite (D).
- + Ist alles richtig eingestellt, senkt sich das Flugzeug nach der Startphase in einen stabilen Gleitflug und erreicht die optimale Flugweite (E).

Hinweis: Die Lage des Schwerpunktes bei einem Papierflieger ist in der Regel durch die Faltung gegeben. Veränderbar ist der Anstellwinkeldifferenz durch leichtes Hochbiegen der hinteren Flächenteile.

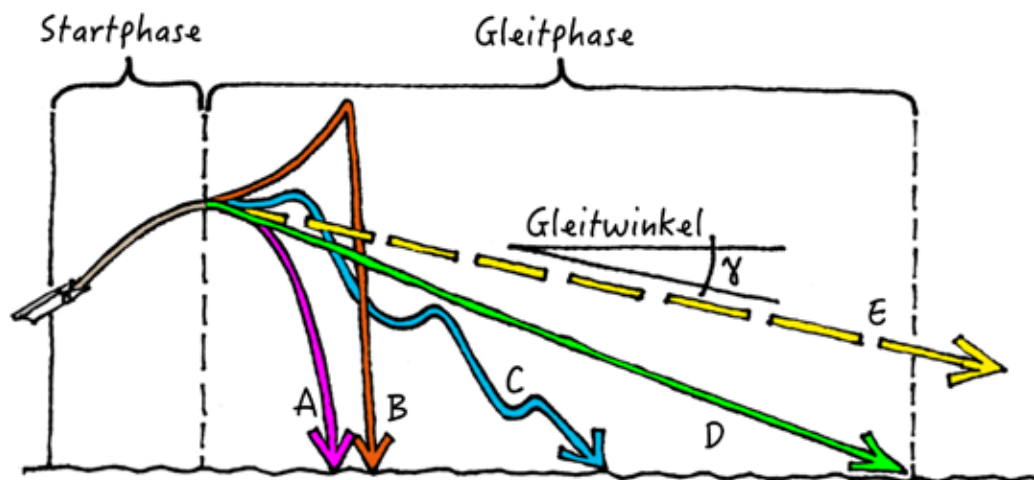


Abb. 8



Abb. 9 Quelle http://www.swapcade.com/pinball/pinball-parts/ball-shooter-assembly-gottlieb_i26



Abb. 10 Quelle <https://commons.wikimedia.org/wiki/>



Abb. 11 Quelle <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Friction-Wheels.JPG?uselang=de>



Abb. 12 Quelle <http://www.wright-brothers.org/TBR/Information%20Images/Photos/1909%20Sunset%20Flight%20in%20France.jpg>

STARTANLAGE

Vor der Konstruktion der Startvorrichtung ist es entscheidend, herauszufinden wie stark ein bestimmter Papierflieger wirklich beschleunigt werden muss. Es gilt nämlich **nicht**: Je schneller und stärker desto besser! Es lohnt sich über verstellbare Systeme nachzudenken, wo Druck/Kraft/Geschwindigkeit angepasst werden können.

ÜBERBLICK ABWURF-/BESCHLEUNIGUNGSSYSTEME

Shooter zum Abschuss der Kugel im Flipperkasten sind bekannt (Abb. 9). Ebenso alle Arten von Katapulten mit elastischen Bändern und Gummizügen. Aus der Fliegerei bekannte Anlagen wurden oben bereits beschrieben.

Lösungsansätze können auch im Bereich der Achterbahn-Antriebstechnik gefunden werden:

<http://www.coastersandmore.de/rides/achterbahntypen/achterbahntypen5.php> [06.04.2020]

Die meisten Achterbahnen beginnen mit einem Lifthill. Sie werden mit Ketten oder Seilwinden auf eine bestimmte Ausgangshöhe gebracht, um von dort durch Ausnutzung der Lageenergie die nachfolgende Strecke zu überwinden. Der Lifttransport erfolgt in der Regel langsam und ist deshalb für einen Flugzeugstarter ungeeignet. Die Idee der Ausnutzung von **Höhe** und **Lageenergie** dürfte interessanter sein.

Im Fokus stehen hier aber die Bahnen, welche mit einem sogenannten **Launch** förmlich weggeschossen werden (Abb. 10). Sie sind vergleichbar mit einem Katapult eines Flugzeugträgers. Neben den bereits erwähnten **elektromagnetischen** und **pneumatischen** (Druckluft) Katapulten werden aber noch andere Technologien angewendet. So sind etwa **Hydraulik-** (Flüssigkeitsdruck), **Reibrad-** (Abb. 11), **Schwungrad-** oder **Fallgewicht-**Katapulte verbreitet. Dabei wird ein am Zugseil befestigter Mitnehmer (Pusher) beschleunigt.

Die Abb. 12 zeigt, dass schon die Brüder Wright bei ihren Flugversuchen Fallgewichtskatapulte benutzt haben.

Entscheidend für das Funktionieren der Startanlage ist, dass der Flieger im richtigen Augenblick vom Startsystem freigegeben wird, so dass der Startimpuls nicht abgebremst wird. An dieser Schnittstelle (Mitnehmer-Papierflieger) gilt es besonders zu experimentieren.