

FORMELSAMMLUNG

FLUG- BLÄTTER

Die Zutaten für die erfolgreiche Luftfahrt eines Papierfliegers lassen sich für Laien mit zwei Begriffen beschreiben: Gehirnschmalz und Muskelschmalz. Dem Physiker* ist mehr nach einer komplexen Darstellung.

Bei den Red Bull Paper Wings World Finals 2009, ausgetragen im Hangar-7 in Salzburg, wurde unter anderem der Titelträger in der Kategorie „Longest Airtime“ gekürt. Die Bestzeit lag bei 11,66 Sekunden, der Weltrekord in dieser Disziplin liegt sogar bei unglaublichen 27,6 Sekunden! Wovon hängt ab, dass ein Papierflieger möglichst lange in der Luft bleibt?

Ganz einfach gesagt gleitet ein Flieger dann am besten, wenn die sogenannte Gleitzahl E möglichst groß ist. Diese ergibt sich aus Flugweite l , dividiert durch den dabei eintretenden Höhenverlust h , also $E = l/h$. Ein Hängegleiter hat eine Gleitzahl von 10 bis 15. Das heißt, dass er 10 bis 15 Meter weit fliegen kann und dabei nur einen Meter an Höhe verliert. Die Gleitfähigkeit von Top-Papierfliegern liegt in derselben Größenordnung. Die exakte Gleitzahl ist schwer zu messen, weil der Flieger nämlich in einer Spiralbahn zu Boden sinkt. Da er, über den Daumen gepeilt, pro Sekunde etwa einen Meter an Höhe verliert, muss man ihn für einen Weltrekord auch ordentlich in die Höhe werfen. Ohne hohe Halle geht dann also gar nichts.

Beim stationären Gleitflug sind drei Kräfte im Gleichgewicht: Die Gewichtskraft F_G , die Auftriebskraft F_A und die Luftwiderstandskraft F_W . Die Gleitzahl kann auch über zwei dieser Kräfte beschrieben werden, und zwar durch $E = F_A/F_W$. Klar, je größer der Auftrieb bei gleichzeitig geringem Luftwiderstand ist, desto weiter gleitet der Flieger. Die Auftriebskraft ist wiederum vom Auftriebsbeiwert c_A abhängig, die Luftwiderstandskraft vom Luftwiderstandsbeiwert c_W . Daraus kann man für die Wurfweite Folgendes berechnen: $l = h c_A/c_W$.

Was bedeutet das? Es bedeutet, dass die Wurfweite umso größer ist, je höher man den Flieger in die Luft schießen kann, weil sich dadurch die Phase des stationären Flugs verlängert. Schießen Sie zehn Prozent höher als die Konkurrenz, gleitet der Flieger auch zehn Prozent weiter und länger. Außerdem ist es wichtig, dass der Flieger so konstruiert ist, dass der Auftriebsbeiwert möglichst groß wird und der Luftwiderstandsbeiwert möglichst klein. Dummerweise sind diese beiden Werte nicht völlig voneinander unabhängig. Sie wissen nun, wie es physikalisch geht. Die praktische Umsetzung der Details überlasse ich Ihrem Konstruktionsvermögen.

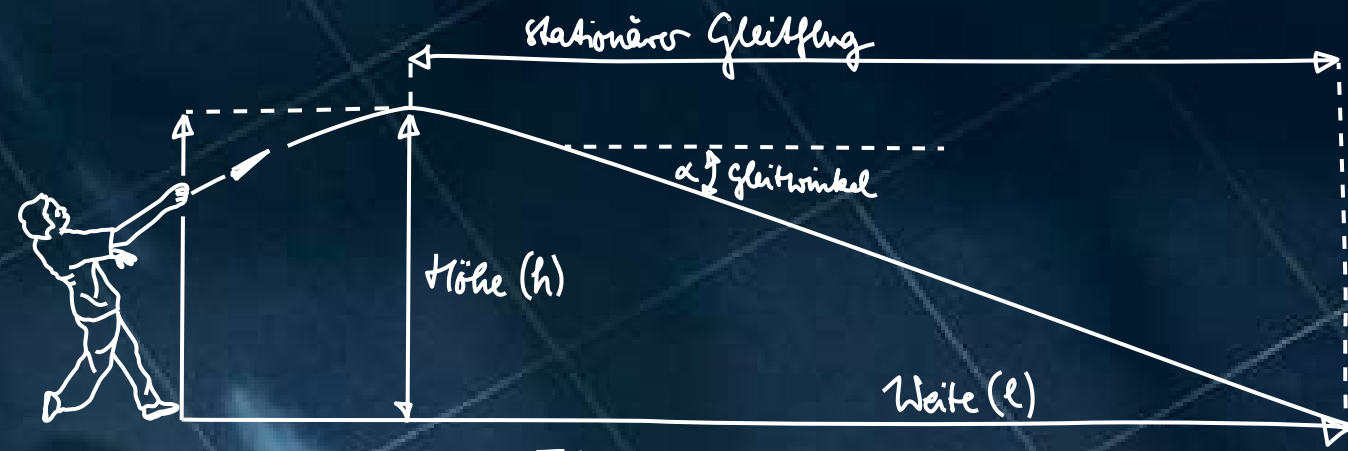
* Mag. DDr. Martin Apolin, 43, ist promovierter Physiker und Sportwissenschaftler. Apolin arbeitet als AHS-Lehrer (Physik, Sportkunde) und Lektor am Institut für Sportwissenschaft in Wien und ist mehrfacher Buchautor.

Videos und Fotos vom Red Bull Paper Wings-Weltfinale im Hangar-7: redbulletin.com/redbullpaperwings/de
Alle Formeln auf: redbulletin.com/formel/de



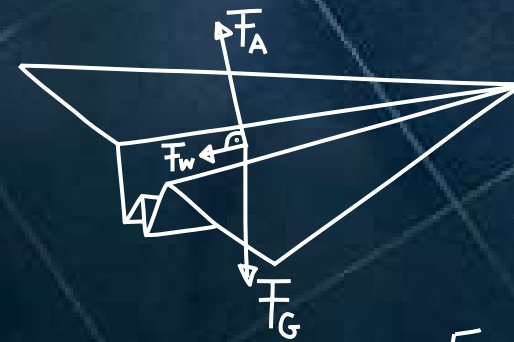
BILD: RUTGER PAUW/RED BULL PHOTOFILES; ILLUSTRATION: MANDY FISCHER

Tuomas Pärnänen (Team Finnland) beim Finale von Red Bull Paper Wings 2009 am 2. Mai im Salzburger Hangar-7.



$$\text{Gleitzahl } E = \frac{\text{Flugweite } l}{\text{Höhe } h}$$

$$E = \frac{l}{h} = \frac{F_A}{F_W} = \frac{c_A}{c_W} \Rightarrow l = \frac{h c_A}{c_W}$$



$$E = \frac{F_A}{F_W} = \frac{\frac{1}{2} \rho A c_A v^2}{\frac{1}{2} \rho A c_W v^2} = \frac{c_A}{c_W}$$

