

Wo ist beim Vogel der Propeller?

Aline war mit ihrem Papa und ihrem besten Freund Peter im Zoo.

Was, Ihr kennt Aline noch nicht? Also da wird es aber höchste Zeit!

Aline hasste es Lenchen gerufen zu werden, vor allen dann, wenn sie etwas ausgefressen hatte, was nicht gerade selten vorkam. Sie war klein, schwarzhaarig, quirlig und furchtbar neugierig. Außerdem zeigte ihre dunklere Hautfarbe, dass ihr „Badisch“ nicht in die Wiege gelegt worden war. Genauso neugierig war Peter, der einen ganzen Kopf größer war und 2 Klassen über Aline in die Schule ging. Peter lebte bei seiner Großmutter, deren Wohnung gleich in der Nachbarschaft von Alines Adoptiveltern lag. Und - Peter war der einzige, der Aline Lenchen rufen durfte.

Wie gesagt, beide waren fürchterlich neugierig, nervten Alines Mama und Peters Oma immer wieder mit ihren Fragen, so dass diese beiden richtig froh waren, wenn Alines Papa Zeit für diese beiden Quälgeister hatte. Er gab es zwar nicht zu, aber er freute sich richtig darauf mit Peter und Aline Probleme zu wälzen. Und Alines Mama und Peters Oma waren sogar froh, wenn die Drei sich gegenseitig beschäftigten. Sie stellten dann weniger an, behaupteten zumindest die beiden Frauen.

Heute war der Papa von Aline mit den beiden in den Zoo gegangen, wohl wissend, dass die beiden die Tiere und Pflanzen dort meistens viel besser und genauer kannten als er selbst. Noch schlimmer war das im Garten oder bei einem Spaziergang – doch im Zoo gab es wenigsten Schilder, die im zu Hilfe kamen!

Heute allerdings ging es ihm gut, richtig gut, denn als Aline fragte: „Du, Papa, warum fliegen denn eigentlich die Vögel im Zoo nicht weg?“, war er in seinem Element. Aline meinte natürlich nicht die Vögel in den Volieren (Käfigen), sondern die im Zoo frei herumlaufenden Vögel, die zwar ab und zu herumflatterten, von einem höheren Punkt herunter segelten, aber eben nicht wegflogen.

Die Antwort kam prompt: „**Den Vögeln fehlt der Propeller!**“

„Bitte was?“

„Vögel haben keine Propeller!“

„Papa, lass den Unsinn!“

Doch Alines Papa ließ sich nicht aus der Ruhe bringen: „Ich meine damit, den Vögeln wurde der Antrieb zum Fliegen genommen, sie können nur noch herunter segeln, aber nicht mehr starten wie ein Motorflugzeug, sie sind eher wie ein Segelflugzeuge, die nach oben in die Luft zum Fliegen gezogen werden müssen. Weil ihnen halt der Propeller fehlt!“

„Ja, sicherlich vorne am Schnabel!“ schlug Peter vor; dem die Vorstellung einer Ente mit Propeller am Schnabel unglaublich gut gefiel, mochte auch der Biologielehrer oder die Enten etwas dagegen haben.

Alines Papa aber setzte dem Ganzen dann noch die Krone auf: „Peter, in Wirklichkeit haben die Vögel sogar 2 Propeller.“

„Papa!“

Er ging mit den beiden zur nächsten Parkbank, die auf einem Sandboden stand.

„Aha, Papa braucht was zu zeichnen“, meinte Aline und setzte sich mit Peter zu ihrem Vater auf die Bank.

„Also, was wissen wir eigentlich über das Fliegen, wie fliegt zum Beispiel unser Papierdrachen, den wir im letzten Herbst gebaut hatten?“

Das wusste Aline, schließlich hatte das Drachensteigen viel Spaß gemacht: „Ein Drachen ist eigentlich nichts als ein flaches, leichtes Brett, das schräg in den Wind gehalten wird.“ Dozierte sie, ganz wie eine Vortragsrednerin.

„Richtig“ sagte ihr Papa, „und wichtig sind dabei noch die Schnüre, die den Drachen schräg gegen den Wind halten und natürlich die Drachenschnur, ungefähr so!“ und er malte das folgende Bild in den Sand (Bild 1.01). „Und der Wind ist dann der eigentliche Antrieb, der Propeller. Der Wind wird am Drachen umgelenkt, und die Windkraft am Drachen zieht diesen nach oben und von euch weg. Der Drachen fliegt!“

„Und weil es da um Kräfte geht, die den Drachen nach oben ziehen“ fuhr ihr Papa fort, „nennen es die Piloten „Fliegen nach Newton“ wenn der Auftrieb am Flugzeug durch die schräg angestellten Tragflächen erzeugt wird.“

„Ist das derselbe Newton, der die Erdanziehung entdeckt hat?“ fragte Peter.

„Ja, das ist aber wieder eine andere Vorlesung.“

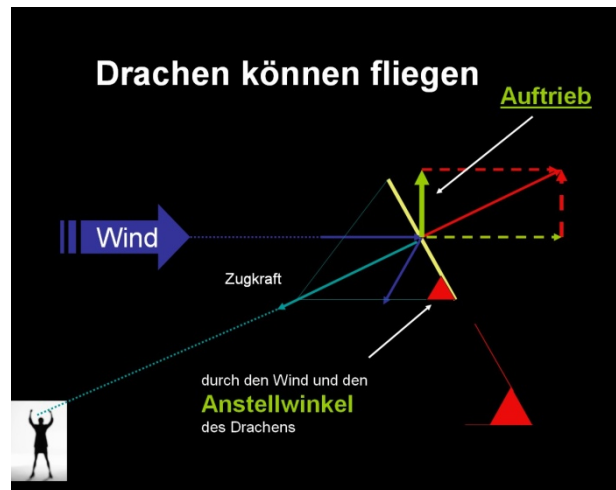


Bild 1.01: So können Drachen fliegen

Wichtig für diese Namensgebung waren die an der schrägen Fläche des Drachens oder der Flugzeugflügel entstehenden Kräfte (Bild 1.02).“

„Und genauso funktioniert die Rheinfähre bei Plittersdorf, mit der wir bei unseren letzten Rad-

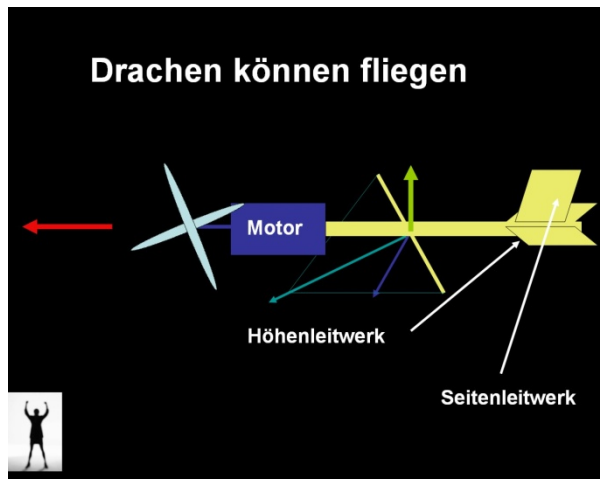


Bild 1.02: So können Flugzeuge fliegen

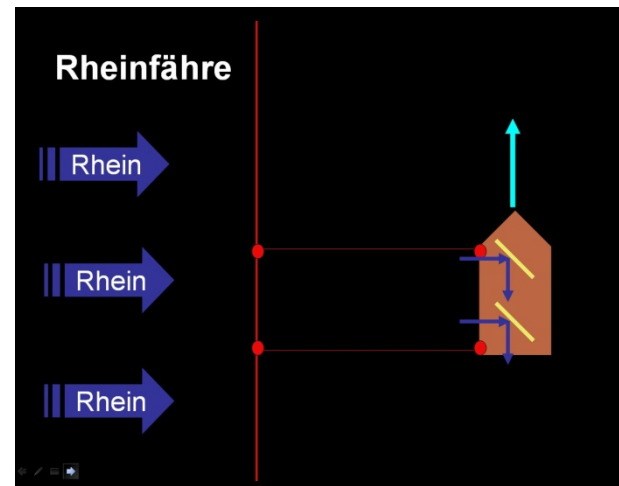


Bild 1.03: So funktioniert die Rheinfähre bei Plittersdorf

tour ins Elsass gefahren sind. Die Fähre hängt fest an einem Seil, das über den ganzen Rhein gespannt ist. Die Fähre hat unten am Schiff mehrere Ruderblätter, die abwechselnd schräg zur Wasserströmung eingestellt sind und so die Fähre über den Rhein und zurück antreiben, ganz ohne zusätzlichen Motor.“ (Bild 1.03)

„Dann ist hier der Rhein und die Ruderblätter der Propeller“ meinte Peter, „aber...“

„Abwarten, wie ich Papa kenne, ist der noch nicht fertig!“ unterbrach ihn Aline. „Der findet ja nie ein Ende.“

„Genau, Alinchen! Denn die Piloten kennen auch noch das Fliegen nach „Bernoulli“ (auch ein Naturwissenschaftler wie Newton, Bernoulli forschte viel über Luft- und Flüssigkeitsströmungen). Dies ist aber etwas schwerer zu verstehen.“

Alines Papa nahm 2 Blätter (ungefähr so groß wie aus einem Schulheft – wo er die wohl wieder so schnell herhatte?) und hielt sie nur an den oberen Kanten fest, so dass sie im Abstand von 1 bis 2 Zentimetern neben einander locker nach unten hingen.

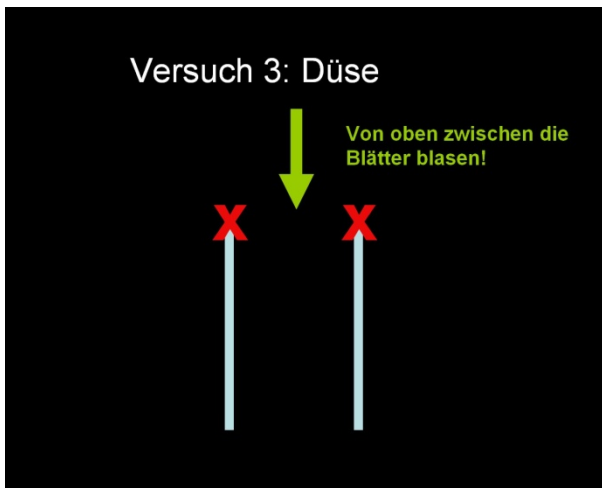


Bild 1.04: Druckveränderungen in einer Düse

„Blast bitte von oben kräftig zwischen die Blätter, aber richtig kräftig, so dass die Blätter auseinander fliegen können!“ (Bild 1.04)

Doch so sehr sich Aline und Peter auch bemühten, die Blätter flogen nicht auseinander, wie sie gedacht hatten, sondern wurden zusammengezogen. Es ging einfach nicht!

„Och, Papa!“ maulte Aline, „Wiedermal einer von deinen Zaubertricks!“

„Überhaupt nicht!“ wehrte sich ihr Papa, „Aber das ist genau das, was Bernoulli beobachtet hatte. Bernoulli hatte nämlich beobachtet, dass, wenn man eine Strömung zur Ruhe bringt, die **Bewegungsenergie** in **Druckenergie** umgewandelt wird. Wir merken es an der Kraft am Drachen oder wenn wir unsere Hand aus dem Fenster eines fahrenden Autos halten - bitte nur ganz vorsichtig, das kann nämlich sehr gefähr-

lich sein!“

Alines Papa holte tief Luft und sah die beiden ernst an. Aline und Peter dachten bei sich: „Wir sind doch keine kleinen Kinder mehr!“

„Und noch etwas anderes entdeckte Bernoulli: Wenn sich Luft oder Flüssigkeiten schneller bewegen müssen, dann **Druckenergie** in **Bewegungsenergie** umgewandelt wird. Bei eurer Vorlesung im Sommer gab es dabei folgende Versuche.“ (Bilder 1.05 und 1.06)

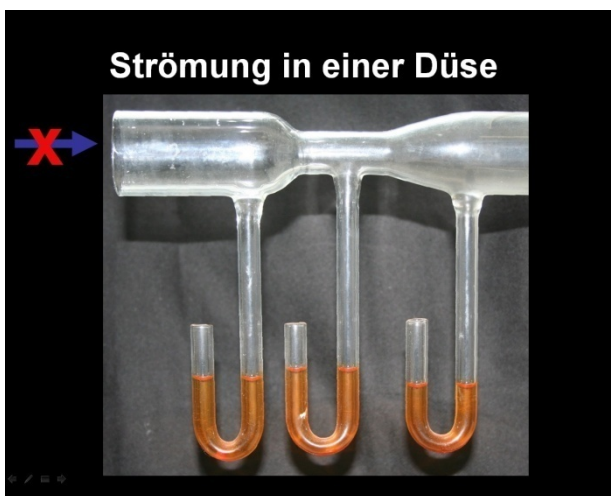


Bild 1.05: Wenn keine Luft durch diese strömt, bleibt die gefärbte Flüssigkeit in den U-förmigen Röhren auf genau gleicher Höhe.

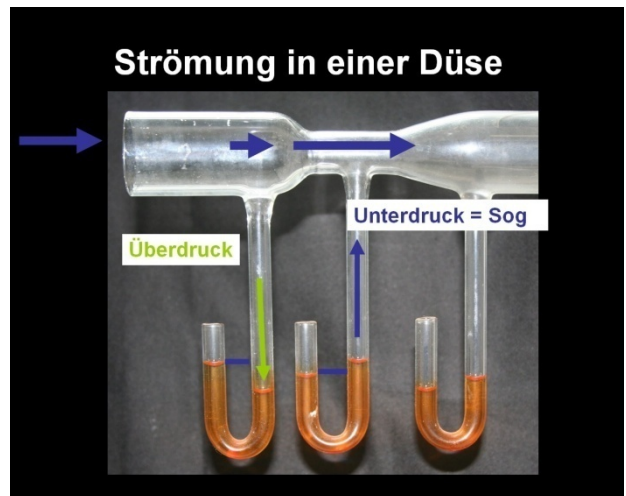


Bild 1.06: Dort, wo die bewegte Luft gestaut wird, entsteht ein Überdruck, dort, wo sie schneller werden muss, entsteht ein Unterdruck (Bernoulli-Effekt).

„Wenn Luft durch ein enges Loch oder durch einen engeren Spalt muss, dann muss sie schneller werden, weil ja von hinten weitere Luftteilchen nachdrängen. Der Luftdruck wird dabei niedriger und die Außenluft drückt dann die beiden Papierblätter zusammen, wenn wir hindurch blasen. Und bei dem Versuch seht ihr, wie die gefärbte Flüssigkeit weggedrückt oder angesaugt wird.“

„Uih!“ sagte Peter, „Ist das ungefähr so, wie beim Überholen eines Lastwagens auf der Autobahn? Danach macht dein Auto immer einen Ruck nach links vom Lastwagen weg?“

„Toll, Peter! Stimmt genau.“ freute sich Alines Papa über das Beispiel von Peter. „Wenn unser Auto den Lastwagen überholt, dann müssen sich die Luftteilchen zwischen den Fahrzeugen schneller bewegen und es entsteht ein Unterdruck zwischen den Fahrzeugen. Damit sie sich dadurch nicht zu sehr annähern lenke ich ganz ohne es zu wollen nach links dagegen, damit man geradeaus weiterfährt. Hat man den Lastwagen überholt, fehlt plötzlich der Unterdruck, das Lenkrad zeigt immer noch ein bisschen nach links und unser Auto macht dann einen kleinen Ruck nach links.“

„Das hat dann also gar nichts mit Seitenwind zu tun, wie Oma mir erzählt hat?“

„Nein Peter, das kommt nur von diesem sogenannten Bernoulli-Effekt. Die bewegte Luft saugt die beiden Autos zusammen.“

„Und was hat das alles mit dem Fliegen der Vögel zutun?“ drängelte Aline, die ihren Papa ja kannte, der nie bei einem einzigen Thema bleiben konnte, und brachte ihn so auf den Sandboden des Karlsruher Zoos zurück.

„Alles.“, sagte ihr Papa. Seht euch einfach noch einmal diese Bilder aus eurer Kindervorlesung an. Die untere Hälfte dieser Düse (Bild 1.07) sieht doch fast schon wie eine richtige Flugzeugtragfläche oder Vogelflügel aus. Über die Oberseite muss sich die Luft schneller bewegen als an der

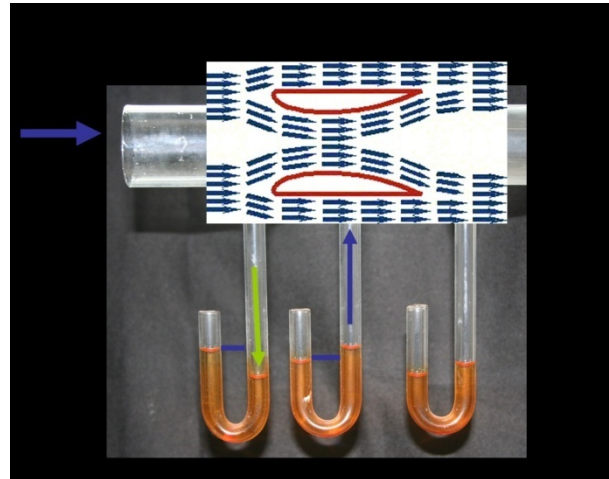


Bild 1.07: Die Hälfte einer Düse sieht fast so aus wie eine Flugzeugtragfläche.

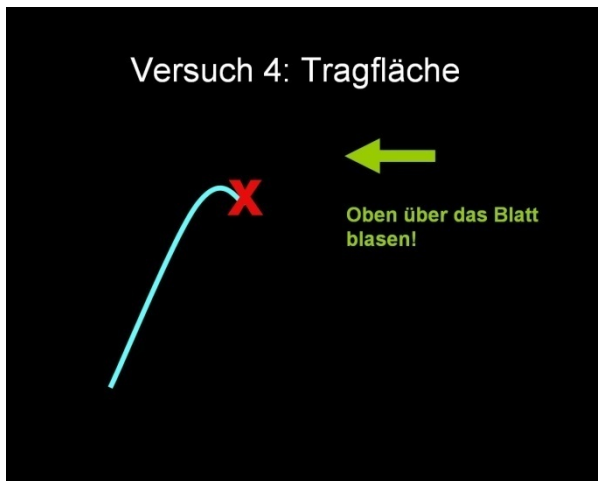


Bild 1.08: Das Blatt an der Oberkante anfassen, herunterhängen lassen und darüber blasen.

Unterseite. Schon entsteht oben ein Unterdruck und saugt die Tragfläche oder den Flügel nach oben. Hier probiert es einmal selber!“

Er gab Aline und Peter je eines der beiden Papierblätter und ließ sie oben darüber blasen. (Bild 1.08)

Die nach unten hängende Blätter kamen nach oben und stiegen umso höher, je kräftiger sie darüber bliesen. Verblüfft und fragend sahen beide Alines Vater an.

„Seht ihr, genauso können Vögel fliegen. Ihre Flügel haben aber zwei Teile, einen Flügelteil am Körper des Vogels, das ist seine eigentliche Tragfläche. Die Unterseite lenkt wie ein Drache die Luft nach unten ab und drückt so den Vogelflügel nach oben; die Oberseite der Flügel ist gewölbt, dort entsteht, wie ihr gerade selber gesehen habt, ein Unterdruck und saugt den Vogelflügel nach oben: einmal Fliegen nach Newton und einmal Fliegen nach Bernoulli (Bilder 1.09 und 1.10). Beides



Bild 1.09: Eine Tragfläche im Wasserbad, die Strömung wird durch gefärbtes Wasser sichtbar gemacht.

zusammen macht die Vögel zu den unvergleichlichen Flugkünstlern, die sie sind – und das alles obwohl die Vögel weder von Newton oder Bernoulli etwas wissen, sie können es einfach!“



Bild 1.10: Über der Tragfläche entsteht ein Sog und unter der Tragfläche ein Überdruck

„Ja, aber, wo haben denn die Vögel den Propeller? Was gibt Ihnen die Geschwindigkeit, dass sie bei stehender Luft fliegen können?“ Diesmal war es Peter, der endlich die Antwort haben wollte. „Tja, eigentlich sind es gleich 2 Propeller ...“, begann Alines Vater. „Papa!“, stöhnte Aline, „Komm endlich zur Antwort!“ „Bin ich ja.“ Lächelte der Vater seine wie immer ungeduldige Tochter an. „Seht euch doch einmal den großen Raubvogel da oben an!“ (Bild 1.11)

Peter meldete sich als erster; „Er segelt und schlägt nur ab und zu mit seinen großen Flügeln ...“

„Und guck doch mal genau hin. Jeder Flügel hat wirklich zwei Teile!“ (Bild 1.12)



Bild 1.11: Greifvogel im Gleitflug



Bild 1.12: Trennung der Flügel in Tragfläche und Schwungfedern an den Flügelenden (Propeller)

„Ja, und genau dieser zweite äußere Teil des Flügels ist der Propeller.“ Meldete sich Alines Papa wieder zu Wort.

„Also hat jeder Vogel dann in Wirklichkeit zwei Propeller.“, zählte Peter zusammen, „Aber wie funktionieren diese Propeller?“

„Beobachtet einmal ganz genau den Flügelschlag. Bei so großen Vögeln geht das deutlich leichter als bei den kleinen Spatzen hier vor uns.“

Aline und Peter starrten nach oben und meldeten fast gleichzeitig: „Der innere Flügelteil bewegt sich fast nicht und der äußere Flügelteil wird nach unten geschlagen.“

„Ja und er verbiegt sich ein bisschen nach vorn!“ ergänzte Aline, die offensichtlich die schärferen Augen hatte. (Bild 1.13)

„Ja, genauso ist es!“ bestätigte Alines Vater. Die Flügelenden werden beim Flügelschlag so gedreht, dass der gedrehte Flügelteil die Luft nach hinten drückt (Newton) und die gewölbte Flügeloberfläche die den Vogel nach vorne saugt (Bernoulli). Die Flügelenden drücken und ziehen also den Vogel nach vorne. Dort sind die Propeller der Vögel, so können sie sich antreiben, starten und so herrlich fliegen.“

„Aber warum fliegen dann die freien Vögel hier im Zoo nicht weg?“ mahnte Papas Lieblingstochter, sie war schließlich die Einzige.

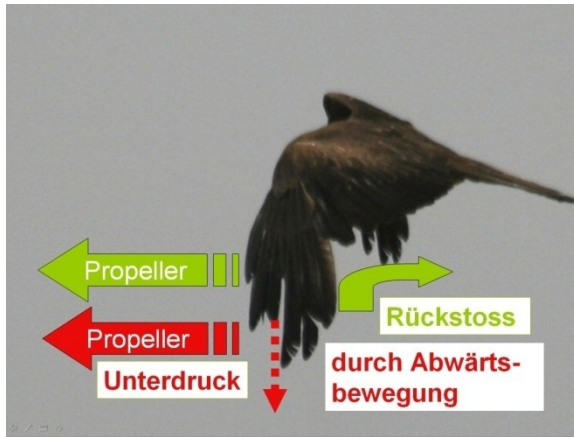


Bild 1.13: Durch das Umkippen und die Abwärtsbewegung der Flügelenden wird Luft nach hinten gedrückt (Drachen, Fliegen nach Newton) und vor dem Flügel ein Unterdruck erzeugt (Bernoulli)

„Weil man ihnen die Federn an den Flügelenden – an den Propellern – gestutzt oder manchmal ganz weggenommen hat.“

Zwei entsetzte Kindergesichter!

„Das tut ihnen nicht weh, sie können noch immer wie ein Segelflugzeug segeln, fliegen und landen – aber halt nicht mehr starten und wegfliegen. Dafür sind sie aber auch in keinem Käfig gefangen und können sich im Zoo frei bewegen. Was findet ihr besser?“

Schweigen!

„Und stellt euch vor, ein Vogel, der hier nicht beheimatet ist, würde aus dem Zoo wegfliegen können? Irgendwohin in die Stadt. Oder erst im Winter, wenn es draußen zu kalt für ihn ist. Das wäre sein sicheres Ende!“

Und das tut dem Vogel auch bestimmt nicht weh?“ fragte Aline.

„Ich hoffe es!“ antwortete ihr Papa.

Abwechselnd starten Aline und Peter auf die frei fliegenden Raubvögel über dem Zoo und auf die die Flamingos im Zoo, die zwar frei waren, aber nicht wegfliegen konnten, und dachten über das Gehörte nach.

„Du Papa, ist das dort ein Eisvogel?“

„Keine Ahnung, Alinchen. Aber meinen Eisvogel kenne ich zumindest! Wie wär’s jetzt mit einer Portion Eis nach dieser „Vorlesung?“

„Nur eine? Zwei und zwar für jeden!“

„Danke!“ lachte ihr Papa. „Ich dachte schon, ich ginge leer aus!“