

© 2013

AT Verlag, Aarau und München

Lektorat: Petra Holzmann, München

Fotos: Daniel Butowski, Uwe Wandrey

Grafiken und technische Zeichnungen: Uwe Wandrey

Illustrationen: Seiten 6, 14, 17, 76, 107, 109, 132: Rosa Felkner, Waltenhofen-Oberdorf

Bildaufbereitung: Vogt-Schild Druck, Derendingen

Druck und Bindearbeiten: Printer Trento, Trento

Printed in Italy

ISBN 978-3-03800-707-4

www.at-verlag.ch

Inhalt

6	Alles kann fliegen
8	Ein paar Tipps für die Werkstatt
13	Werkstatt I: Raketen
16	Die Wattestäbchen-Blasrakete
18	Die Spritzen-Rakete
20	Die Wattestäbchen-Pumpenrakete
21	Die Rampen-Rakete
27	Die Blasebalg-Rakete
34	Die Fußpumpen-Rakete
37	Die Wasser-Luft-Rakete aus einem Zigarrenröhrchen
51	Die Wasser-Luft-Rakete aus zwei Zigarrenröhrchen
59	Die Backpulver-Rakete
65	Die Wasserflaschen-Rakete
81	Werkstatt II: Fallschirme und Luftschrauben
82	Der Tüten-Fallschirm
85	Der Stoff-Fallschirm
87	Die Luftschraube
97	Der Hubschrauber
109	Der Schreckschrauber
112	Der Daumenschrauber
114	Verschiedene Luftschrauben-Modelle:
114	Der Propellerwagen
116	Die Aufwind-Turbine
118	Das Windrad
119	Das Laufrad am Faden
121	Werkstatt III: Flugzeuge
123	Der Flügelpfeil
125	Der Saalgleiter
135	Der Nurflügler
144	Der Propellerflieger



Werkstatt I:

Raketen

Raketen brauchen zum Fliegen keine Tragflächen und keine Propeller. Deshalb können sie auch die Lufthülle unserer Erde verlassen und im luftleeren Raum unbeirrt weiterfliegen. Solange sie sich allerdings in der Luft bewegen, kann diese – neben der Erdanziehung – Kräfte auf sie ausüben, die sie aus der Bahn werfen. Deswegen sorgen die als »Finnen« bezeichneten Stabilisierungsflächen an ihrem Heck für eine stabile Flugbahn. Manche Raketen lassen sich mithilfe dieser Finnen auch in einen Kurvenflug steuern. Im Weltraum allerdings bewirken Finnen nichts, dann muss der Raketenmotor geschwenkt werden, um die Flugbahn zu ändern. Auch kleine Extra-Steuerdüsen können den Kurs korrigieren.

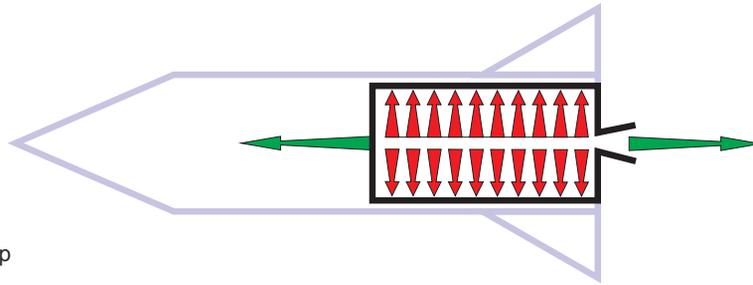
Im Jahre sieben nach Christus ...

Im Jahre sieben nach Christus soll ein griechischer Feuerwerker in Byzanz, dem heutigen Istanbul, die wahrscheinlich ersten Raketen gebaut haben. Er stopfte angeblich eine Mischung aus Erdöl, Salpeter und Schwefel in Bambusrohre und zündete sie. Ob diese Waffen beim Feind viel zerstört haben, ist ungewiss.

Sie waren aber sicher geeignet, um Brände zu entfachen.

Im dritten Jahrhundert nach Christus schossen die Chinesen unter dem Tsin-Kaiser im Krieg gegen die Hunnen sogenannte »Feuerpfeile« ab. Hinter dem harmlos klingenden Wort verbargen sich in Wahrheit gefürchtete Pulverraketen.

Wie kann es sein, dass eine Rakete im luftleeren Raum fliegt, wenn sich doch ihr Antriebsstrahl von nichts abstoßen kann? Nun, in der Brennkammer des Raketenmotors verbrennt der Treibstoff mit einer Dauerexplosion, die einen gigantischen Druck erzeugt. Seine Kräfte wirken in alle Richtungen. Die Kräfte, die auf jeweils gegenüberliegende Wände treffen, bleiben gefangen und heben sich gegenseitig auf. Sie »führen zu nichts«. Nur die Kräfte, die der Düse gegenüber auf die Brennkammerwand stoßen, treiben die Rakete voran, denn die zugehörigen Gegenkräfte schießen durch die Düse nach hinten ins Leere hinaus. Man nennt dieses Prinzip »Rückstoß«. Die Rakete muss sich also von nichts abstoßen.

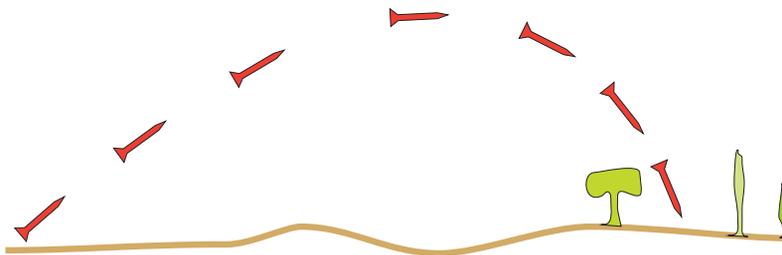


Das Rückstoßprinzip

Einen Rückstoß können wir beispielsweise selbst spüren, wenn wir in einem kleinen Boot sitzen und von dort aus einen schweren Stein kräftig nach hinten über Bord schleudern. Dann nämlich stößt das Boot in die Gegenrichtung, also nach vorn.



Wenn eine Rakete so weit aufgestiegen ist, dass die Erdanziehung und die Luft sie nicht mehr bremsen, hat sie freie Fahrt. Jetzt kann sie ohne Antrieb mit gleicher Geschwindigkeit weiterfliegen. Liefert ihr Motor jedoch weiter Antriebsenergie, wird sie immer schneller. Die Mondrakete »Saturn V« erreichte mit der dritten Stufe auf ihrer Umlaufbahn um die Erde eine Geschwindigkeit von 39 000 Stundenkilometern!



Raketenflugbahn ohne Energienachschub

Mit Raketen in den Weltraum

Weit fliegende Raketen wurden erst im 20. Jahrhundert gebaut. Der Amerikaner Robert Hutchings Goddard (1882–1945) konstruierte 1914 die erste zweistufige Feststoffrakete. Der Schubstrahl erreichte Ausströmgeschwindigkeiten von 2400 Meter in der Sekunde. 1926 gelang ihm der erste Start einer Flüssigkeitsrakete. 1934 erreichte eine seiner Flüssigkeitsraketen eine Höhe von 2,2 Kilometern und erzielte eine Spitzen-Fluggeschwindigkeit von fast 900 Stundenkilometern.

Der Österreicher Fritz Schmiedl baute eine Rakete, die nach dem Ausbrennen am Fallschirm zur Erde zurückschwebte. 1931 schickte er eine davon von Hochtrötsch in der Steiermark Richtung Senrich ab. An Bord waren 333 Briefe. Mehrere Jahre existierte dort eine Raketenpost – sogar mit eigenen Briefmarken. Die Raketenpost war besonders dann nützlich, wenn die Wege in entlegene Bergdörfer verschneit oder überschwemmt waren und wenn lebenswichtige Medizin befördert werden musste.

In Peenemünde auf der Ostseeinsel Usedom entwickelten Wernher von Braun und Walter Dornberger im Zweiten Weltkrieg Raketen, die vor allem gegen Kriegsende in England einschlugen. Eine mit Äthylalkohol und flüssigem Sauerstoff betriebene Flüssigkeitsrakete erreichte im Oktober 1942 eine Höhe von rund 90 Kilometern und überwand eine Entfernung von 192 Kilometern. Damit war der 14 Meter lange und 1,65 Meter dicke Flugkörper in den Weltraum vorgestoßen. Nach dem Krieg wurde die Technik in den USA und der UdSSR weiterentwickelt. 1957 brachte eine russische Interkontinentalrakete den Satelliten Sputnik auf eine Umlaufbahn um die Erde.

1969 startete das Apollo-Raumschiff mit der amerikanischen Saturn-V-Rakete zum Mond. Auf der Umlaufbahn um den Trabanten stieg der Astronaut Neil Armstrong in die Mondlandefähre und betrat wenig später als erster Mensch den Mond. Seitdem haben Raketen auch unzählige Wetter- und Nachrichtensatelliten sowie Forschungssonden in den näheren und entfernten Weltraum befördert.

In niedrigeren Höhen aber kämpfen Raketen gegen den Luftwiderstand und die Schwerkraft. Wenn sie hier auf gerader Bahn bleiben sollen, brauchen sie ständig Energienachschub. Bekommen sie nur einen einzigen Startschub – wie die ersten Modelle in dieser Werkstatt –, dann zwingen die Schwerkraft und der Luftwiderstand sie gleich nach dem Start in eine Kurvenbahn.

Auch die »anspruchsvolleren« Modelle dieser Werkstatt haben einen eigenen Energieantrieb. Der lässt sie zwar nicht bis zum Mond, aber immerhin erstaunlich weit und schnell fliegen

Die Wattestäbchen-Blasrakete

Diese Rakete ist nach wenigen Minuten startbereit und fliegt je nach Pustekraft bis zu 10 Meter weit. Auch ohne Stabilisierungsflächen an ihrem Ende fliegt sie recht gut geradeaus.

Material:

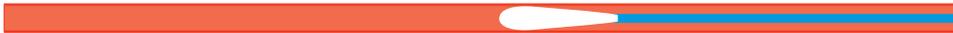
- 1 Wattestäbchen
- 1 Kunststoff-Trinkhalm

Werkzeug:

- Schere (eventuell)

Falls der Trinkhalm einen Knickbogen hat, wird dieser abgeschnitten, sodass ein gerades Röhrchen zurückbleibt.

Von dem Wattestäbchen einen der beiden Wattebüsche abzupfen oder abschaben und es mit dem verbleibenden Bausch voran so weit in den Halm schieben, bis das hintere Ende bündig mit dem Halm abschließt.



Nun wird getestet, ob das Wattestäbchen mit der Atemluft hinausgeschossen werden kann. Gepustet wird an dem Ende des Halms, wo das Wattestäbchen sitzt. Klemmt es beim Hineinpusten noch, muss man den Halm von außen dort zwirbeln, wo der Bausch sitzt, um diesen dadurch etwas schlanker zu machen, oder etwas Watte wegnehmen. Geht es zu leicht – zum Beispiel bei dickeren Halmen –, muss der Wattebausch aufgeplustert werden, indem man die Watte etwas aufzupft. Sollte das nicht genügen, feuchtet man das Wattebäuschchen an und wickelt zusätzlich noch ein wenig Watte darum.

Zum Abschießen setzt man den geladenen Halm an den Mund und verschließt ihn vorn mit dem Finger. Dann macht man kräftig Druck, indem man kräftig hineinbläst, und nimmt den Finger weg.

Je besser der Bausch den Halm ausfüllt, umso weniger Luftdruck geht verloren und umso weiter fliegt die Wattestäbchen-Rakete. Durch leichtes Anfeuchten des Wattebauschs wird die Minirakete etwas kopflastiger und fliegt dadurch geradliniger und zielgenauer. Der Halm sollte beim Start möglichst ruhig gehalten werden.



Tipp:

Wie wär's mit einem Raketen-Wettpusten zur Geburtstagsfeier? Dazu zeichnet man auf einen großen Papierbogen (z. B. Tapetenrolle) eine Zielscheibe. Jeder Teilnehmer stippt den Bausch seiner Rakete in ein Tusch-Farbnäpfchen seiner Wahl und schießt seine Rakete ab. Zum Schluss wird nachgeschaut, wessen Farbtupfer auf dem Papier der Mitte am nächsten liegt. Bitte nicht auf die Zimmerwände schießen – das gibt Ärger!

Der Daumenschrauber

Der Daumenschrauber schafft zwar keine Höhenflüge, aber dafür macht er Spaß. Er wird einfach nur durch ein kräftiges Fingerschnipsen gestartet.

Wir benutzen hierfür den Vierer-Rotor des Hubschraubers. Sein Achsloch wird aufgebohrt, kann aber später von einen »Flicken« mit kleinerem Loch überklebt werden. Wer seinen Hubschrauber nicht zerlegen möchte, baut sich einen zweiten Vierer-Rotor (siehe Hubschrauber, Schritte 6–8).

Neben dem Rotor brauchen wir einen Schnipser.

Material:

- großer Rotor des Hubschraubers (Schritt 6–8, Seite 104/105)
- Pappkarton, 5 x 5 cm, 1 mm stark (Verpackungskarton, keine Wellpappe)
- 1 Schaschlikspieß
- Holzleim

Werkzeug:

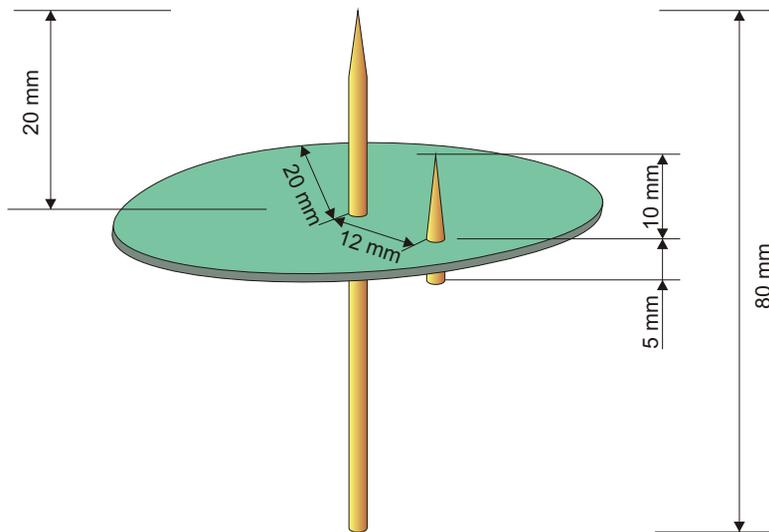
- 3-mm-Bohrer (Hand- oder Spiralbohrer)
- Allzweckschere
- Lochzange
- Holzleim
- Zirkel

Schritt 1: Das Achsloch des Vierer-Rotors mit dem Bohrer aufbohren. In dem Loch soll sich der Schaschlikspieß leicht drehen lassen.

Schritt 2: Vom Schaschlikspieß eine 1,5 Zentimeter lange Spitze abschneiden und von dem verbleibenden Stab ein 8 Zentimeter langes Stück mit der Spitze. Die beiden Abschnitte werden der Mitnehmer und die Startwelle des Schnipsers.

Schritt 3: Der Karton für die Scheibe des Schnipsers sollte steif genug sein, eventuell sollte man zwei Kartonlagen aufeinander leimen. Darauf mit einem Zirkel die Scheibe und die Löcher des Schnipsers anzeichnen.

Nach dem Ausschneiden der Scheibe mit einer Lochzange die Löcher knipsen, in die die Spieß-Stücke gerade eben hineinpassen. Beim Einstecken sollten sie gleichzeitig fest geleimt werden. Darauf achten, dass Startwelle und Mitnehmer rechtwinklig zur Scheibe stehen. Fertig ist der Schnipser (Bild 1).



Start des Daumenschraubers:

Wir stecken die Startwelle mit der Spitze voran von unten in den Rotor und lassen hierbei den Mitnehmer zwischen zwei Flügeln einrasten. Jetzt schnipsen wir die Startwelle kräftig zwischen Mittelfinger und Daumen der rechten Hand. Damit bekommt der Rotor den richtigen Drehsinn und den nötigen Schwung zum Abheben.

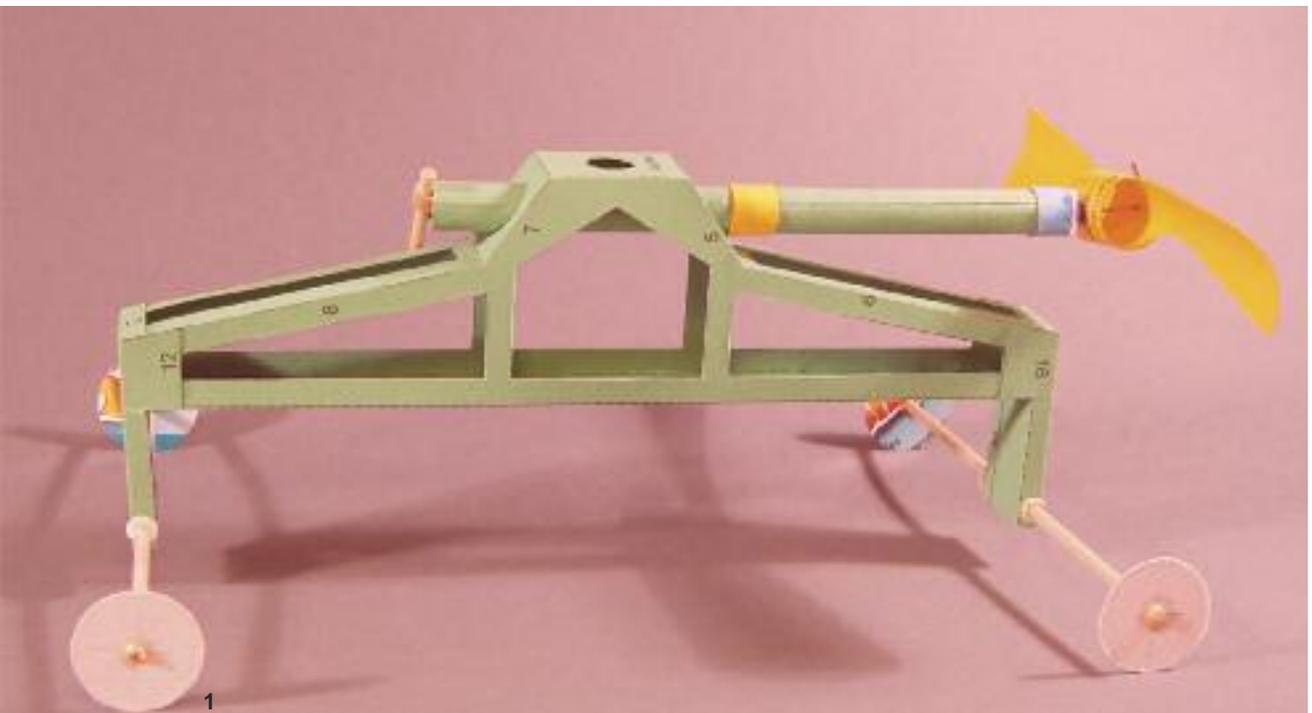


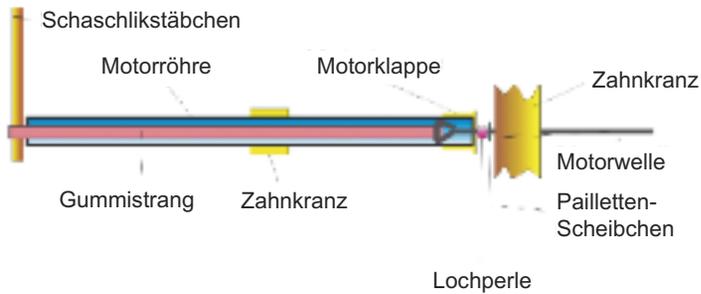
Verschiedene Luftschrauben-Modelle

Diese Modelle fliegen nicht, aber sie verdanken ihre Bewegung dem Vierflügel-Rotor des Hubschraubers. Für sie sind keine ausführlichen Materialangaben und Bauanleitungen notwendig. Wer den Hubschrauber gebaut hat, erkennt aus den Fotos, wie's gemacht wird.

Der Propellerwagen

Der Hubschrauber lässt sich mit wenigen Handgriffen in einen Propellerwagen verwandeln. Die nötigen Bauteile enthält er bereits, auf dem Foto sind sie zu erkennen. Wer zuvor den Hubschrauber nicht gebaut hat, schaut dort, mit welchen Schritten seine Teile zusammengefügt werden. Der obere Rotor mit den vier Flügeln wird hier als »Gegendreher« nicht gebraucht, sondern nur der untere Zweiblatt-Rotor. Auch seine Rotorwelle entfällt. Um das lose Ende seines Gummistrangs beim Aufziehen festzuhalten, wird es mit einem Schaschlikstübchen gesichert. Außer dem Vierblatt-





Rotor übertragen wir also alle Teile, die auch für den Hubschrauber gebraucht werden.

Für den Propellerwagen biegen wir den Haken der unteren Rotorwelle mit der Zange gerade und ziehen den Rotor und die Motorkappe ab. Jetzt schieben wir die Motorröhre durch die seitlichen ovalen Löcher der Kabine. Dann lösen wir die Rotorwelle aus dem Gummistrang und stecken stattdessen ein 5 Zentimeter langes Stück von einem Schaschlikst bchen hindurch. Beim Aufziehen des Motors hakt es hinter die Kabinenwand und verhindert so, dass sich der aufgezogene Gummistrang zurückdreht.

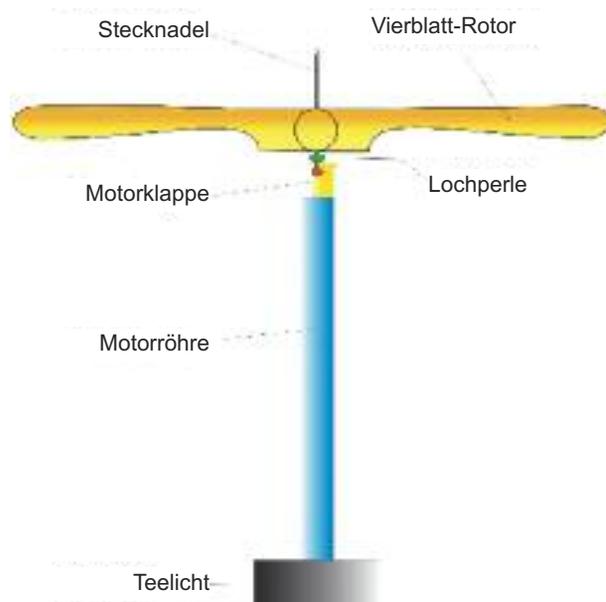
Zum Start sorgen wir für 3 bis 4 Meter freie Bahn, drehen den Rotor mit dem Finger zwanzig- bis fünfzigmal im Uhrzeigersinn, um ihn aufzuziehen. Dann lassen wir den Rotor einfach los. Der Wagen erhebt sich zwar nicht in die Luft, dafür aber flitzt er auf dem Boden umso munterer dahin.

Die Aufwind-Turbine

Auch für dieses Modell verwenden wir – wie für das Windrad – den Vierblatt-Rotor des Hubschraubers (Hubschrauber, Schritte 6–8, Seite 104/105), als Mast die Motorröhre mit einer Motorkappe (Hubschrauber, Schritte 1–2, Seite 103) und als Mastfuß ein Teelicht (Bild 2).

Der Rotor dreht sich waagrecht, und seine offene Seite zeigt nach unten. Als Rotorwelle dient eine Stecknadel, die von innen durch die Motorkappe gesteckt und mit Sekundenkleber fixiert wird. Um die Reibung klein zu halten, läuft der Rotor auf einem Paillettenscheibchen und einer Lochperle. Er muss nach oben nicht gesichert werden.

Den Rotor bewegt die Kraft, die in aufsteigender Warmluft steckt. Nach diesem Prinzip arbeiten sogenannte »Aufwindkraftwerke«. So wird unser Rotor zu einer Aufwind-Turbine. Sie kann sich tagelang auf einem Heizkörper drehen. Damit das Kerzenwachs im Mastfuß nicht zu weich wird, sollte man ein kleines Stück Pappe unters Teelicht legen.





Das Windrad

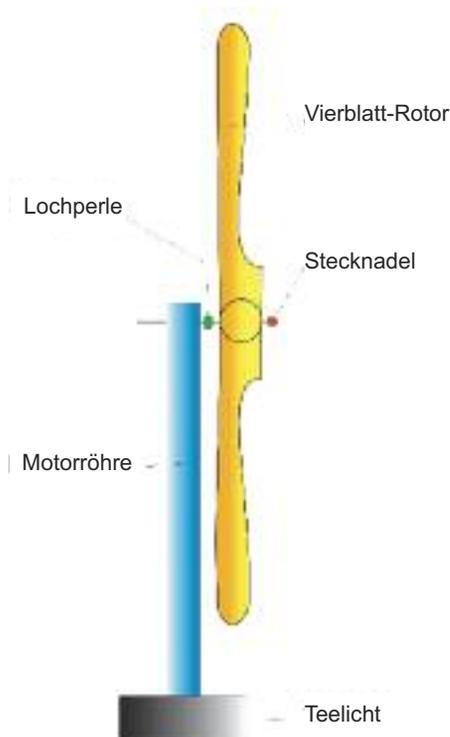
Für das Windrad verwandeln wir den oberen Propeller (Rotor) unseres Hubschraubers in einen sogenannten »Impeller«. Statt seine Energie an die Luft abzugeben, nimmt er Energie auf. Statt beim Drehen die Luft zu bewegen, wird er selber vom Luftstrom bewegt.

Wer den Hubschrauber noch nicht gebaut hat, fertigt sich den Impeller nach den Schritten 6–8 (Seite 104/105) zum Hubschrauber an. (Im Bauplan ist es der »obere Rotor«.)

Als »Mast« des Windrades verwenden wir die leere Motorröhre des Hubschraubers oder wickeln uns eine neue. (Siehe Hubschrauber, Schritt 1, Seite 103)

Für das Windrad führen wir eine lange Stecknadel von der hohlen Seite des Hubschrauber-Vierblatt-Rotors aus durch seine Achslöcher, setzen auf der anderen Rotorseite eine Lochperle auf die Nadel und stechen sie mit der Spitze in die Motorröhre. (Die Lochperle sorgt dafür, dass der Rotor nicht am Mast schleift, außerdem verringert sie die Reibung.) Als Mastfuß erwärmen wir ein Teelicht, bis es weich genug ist, und drücken den Mast hinein.

Das Windrad dreht sich schon bei einem leichten Windhauch (Bild 3).

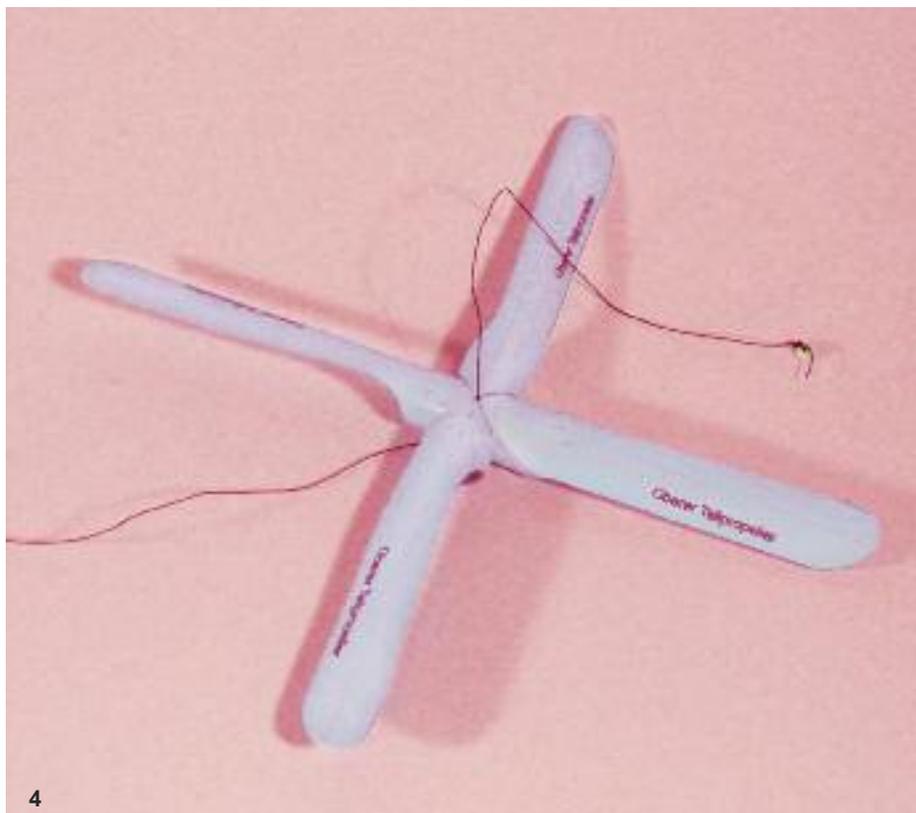
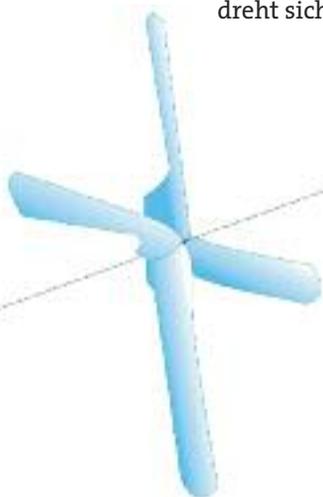


Das Laufrad am Faden

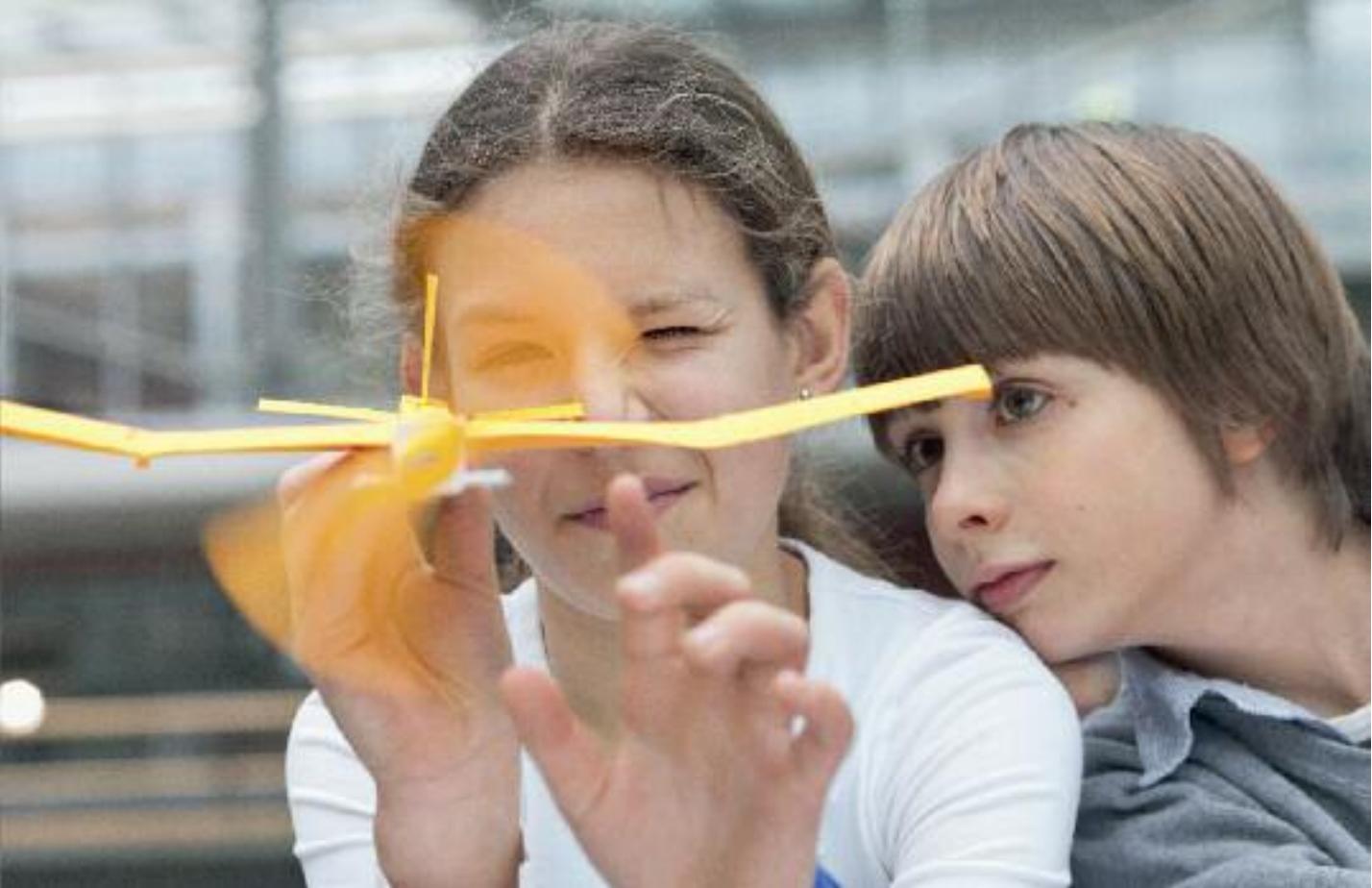
Für das Laufrad benutzen wir den Vierblatt-Rotor, wie er auch für den Hubschrauber gebaut wird (Hubschrauber, Schritte 6–8, Seite 104/105). Mit einer Nähnadel ziehen wir einen circa 4 Meter langen Zwirnfaden durch seine Achslöcher (Bild 4) und befestigen dessen Enden zwischen zwei unterschiedlich hohen Punkten (Schrank – Stuhl), sodass eine »schiefe Bahn« entsteht. Dann schieben wir das Laufrad bis zum höchsten Punkt und lassen es abwärts rotieren. Es legt eine Strecke von bis zu 4 Metern zurück. Ein schönes Schauspiel!

Doch warum dreht sich das Laufrad auf seinem Weg nach unten? – Es sucht im »Sinkflug« den Weg des geringsten Widerstands, und der ist erreicht, wenn seine Flügel der Luft mit einer Drehbewegung ausweichen. Die Luft streicht dann viel leichter und ohne viel Wirbel an ihnen entlang.

Das Ganze geht auch ohne Faden und im freien Fall senkrecht nach unten. Dann dreht sich das Laufrad schneller, und seine Flugzeit ist deutlich kürzer.

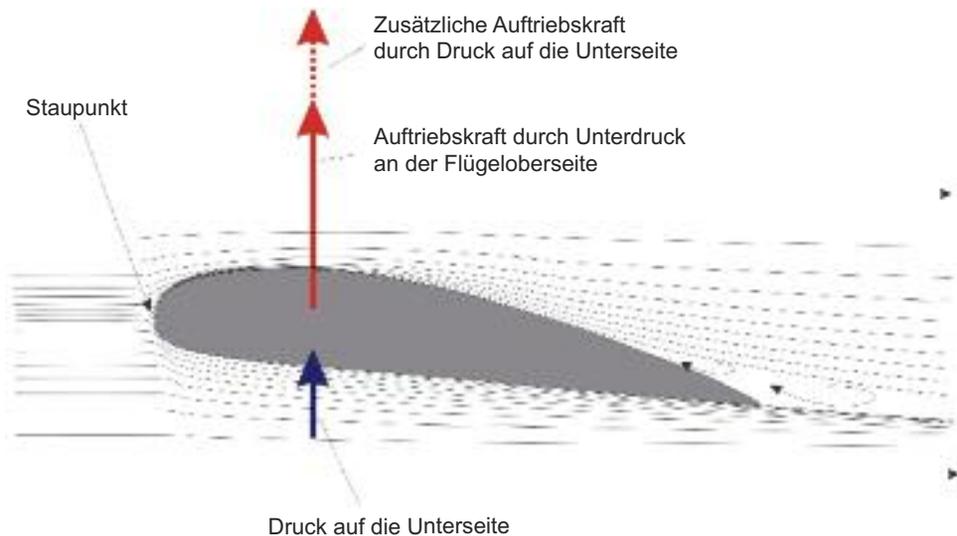


4



Werkstatt III: Flugzeuge

Anders als Raketen und Hubschrauber werden Flugzeuge von feststehenden Flügeln getragen. Ihre Tragflügel (oder Tragflächen) gleiten durch die Luft und erzeugen dabei eine Kraft, die sie anhebt: den Auftrieb. Der entsteht durch ihren besonderen Flügelquerschnitt, das Auftriebsprofil, und durch ihre Stellung schräg zum Luftstrom, den Anstellwinkel.



Auf der gekrümmten Oberseite muss die Luft einen längeren Weg zurücklegen als auf der kürzeren Unterseite. Damit der obere Luftstrom aber nicht den Anschluss an den unteren Luftstrom verliert, muss er schneller sein. Dabei entsteht gegenüber der Unterseite des Flügels ein Unterdruck oder Sog, der den Tragflügel nach oben zieht. Er wird auch »aerodynamischer Auftrieb« genannt.

Da der Tragflügel in einem Anstellwinkel schräg im Luftstrom liegt, entsteht zusätzlich ein Druck auf die Unterseite des Flügels, der den Gesamtauftrieb noch verstärkt.

Bis auf den Nurflügler haben unsere Flugmodelle offene Flügel. Aber ihr Auftrieb entsteht auf ähnliche Weise.

Stark gewölbte Flügel erzeugen einen größeren Auftrieb als schwach gewölbte, aber eben auch einen größeren Widerstand. Daher können Flugzeuge mit diesen »tragenden Profilen« zwar größere Lasten heben als die mit den schwach gewölbten Flügeln, sie fliegen aber im Vergleich zu diesen langsamer.

Flugzeuge mit stark tragendem Profil – meist sind es Propellerflugzeuge – kommen mit einer kurzen Startpiste aus. Düsenjets mit »schnellen Profilen« brauchen eine längere Strecke, um abzuheben. Ihr Anstellwinkel ist auch kleiner als der von langsamen Flugzeugen.

Jedes Flugzeug ohne eigenen Antrieb (z. B. ein Segelflugzeug) gleitet mit einem ganz bestimmten Winkel, dem Gleitwinkel, zum Erdboden. Nur dann ist sein Flug stabil. Der Winkel wird mit der »Gleitzahl« angegeben. Die Gleitzahl 10 bedeutet, dass ein Segelflugzeug auf einer Strecke von 10 Metern 1 Meter sinkt. Moderne Hochleistungs-Segelflugzeuge aus leichten Karbonflügeln erreichen Gleitzahlen von 60! Je schwerer ein Segelflugzeug ist, umso schneller gleitet es zu Boden, aber sein Gleitwinkel bleibt der gleiche.

Damit die Tragflächen nicht nach oben oder unten ausscheren und die geordnete Strömung nicht abreißt und verwirbelt, hat ein Flugzeug ein Höhenleitwerk. Und damit es nicht seitlich ausreißt, ein Seitenleitwerk. An den Leitwerken sitzen noch das Höhen- und das Seitenruder. Sie werden gemeinsam mit den Querrudern an den Tragflächen beim Kurvenflug aktiv.

Bei einigen Flugzeugtypen sind Höhen- und Seitenleitwerk zu einem Leitwerk in Form eines »V« verschmolzen. Auch unser Flügelpfeil und der Saalgleiter haben ein V-Leitwerk.

Schon Leonardo da Vinci ...

Der italienische Künstler und Ingenieur Leonardo da Vinci hat zahlreiche Skizzen zu Flugapparaten angefertigt. Mit ihnen sollten sich Menschen an Schwingen vom Erdboden erheben, die Vogelflügel glichen. Leonardos Zeichnungen zeigen, dass die Technik seiner Flugmaschinen bis in die Einzelheiten durchdacht war. Aber wahrscheinlich waren sie zu schwer – besser gesagt, die Muskelkraft des Menschen ist zu gering –, um es den Vögeln gleichzutun. Erst im 20. Jahrhundert wurden ultraleichte Flugzeuge gebaut, die mit Muskelkraft abhoben, jedoch hatten sie keine Vogelschwingen, sondern starre superlange Tragflächen und Propellerantrieb.

Der Flügelpfeil

Der Flügelpfeil besitzt kein Leitwerk und ähnelt einer Rakete. Doch er gleitet auf großen Tragflügeln und ist deswegen ein »Nurflügel-Gleiter«. Da sich die Falze seines Flügels im Flug leicht spreizen, erzeugen sie auch Auftrieb. Sein Rumpf bildet dabei ein »V« und wirkt wie ein Leitwerk. Der Flieger ist schnell, sehr stabil und verliert nur sehr langsam an Höhe. Er fliegt also eine recht lange Strecke.

Wir falzen ihn aus einem Bogen DIN-A4-Kopierpapier (80 g). Für die folgenden Fotos wurde ein Flieger aus Millimeterpapier gefaltet, damit Vorder- und Rückseite des Bogens besser unterschieden werden können.



Von dem in der Mitte längs gefalteten Bogen werden zwei Ecken zum Mittelfalz hin scharf gefaltet (Bild 1).

Die entstehenden Dreiecke werden beide noch zweimal exakt zum Mittelfalz scharf gefaltet (Bild 2, 3, 4). Jetzt wird der Mittelfalz entgegen seiner ursprünglichen Richtung gefalzt (Bild 5 und 6).

Im großen Foto das aus farbigem 80-Gramm-Papier gefaltete fertige Modell (Bild 7).

Zum Start fassen wir den Flieger am Rumpf und stoßen ihn gerade nach vorn.

