

Über den Wolken ...

Kinder lernen, warum Flugzeuge fliegen können – und Vögel auch

Ready for take off – ein Flugzeug beschleunigt, rast über die Startbahn, hebt ab, steigt 10000 m in den Himmel hinauf und fliegt. Ganz anders als die Vögel, die doch mit den Flügeln schlagen müssen, um in der Luft zu bleiben. Fliegen ist ein Thema, das Kinder fasziniert und über das sie mehr erfahren wollen. In dieser Unterrichtsidee lernen sie, welche vier Kräfte dazu beitragen, dass Flugzeuge fliegen können und was sie mit Vögeln gemeinsam haben.

Thomas Quick Fliegen ist längst Alltag geworden. Jeden Tag heben allein in Deutschland etwa 10000 Flugzeuge ab und transportieren dabei Fracht und Menschen. Dennoch übt das Fliegen immer noch eine große Faszination aus – auch und vor allem auf Kinder. Es spielt dabei weniger eine Rolle, ob es sich um eine Boeing 747 oder eine Graugans handelt; im Zentrum steht immer die gleiche Frage: Warum können sie eigentlich fliegen?

Dieser Beitrag gibt Anregungen, wie Kinder im Unterricht ein grundlegendes Verständnis für das Fliegen und das komplexe Zusammenspiel der aerodynamischen Prinzipien erzielen können.

Ziele und Einstiegsmöglichkeiten

Die Kinder

- ▶ erkennen äußerliche und funktionelle Gemeinsamkeiten zwischen Flugzeug und Vogel und verallgemeinern auf die für das Fliegen relevanten Merkmale;
- ▶ entwickeln Papierflieger, untersuchen und verbessern ihre Flugeigenschaften;
- ▶ formulieren Vermutungen zu aerodynamischen Prinzipien und überprüfen sie, indem sie Versuche planen, durchführen und auswerten;
- ▶ lernen das zentrale Gleichgewicht des Fliegens kennen.

Gemeinsamkeiten der verschiedenen Flugrealisierungen diskutiert und in eine übersichtliche Darstellung, z.B. in Form einer Mind-Map, gebracht. Auch sollten Ideen, Vorstellungen und Fragen der Kinder zum Fliegen erfasst werden.

Dadurch ordnet sich das Fliegen einem allgemeinen Prinzip unter und wird zugleich begrifflich ausgeschärft, jedoch nicht ohne an die Erfahrungswelt der Kinder anzuknüpfen.

Flugzeuge und Vögel beobachten

Ein unmittelbarer Zugang zum Fliegen ist die freie Beobachtung von Vögeln in der Natur, z.B. im Rahmen einer Exkursion. Auch der Besuch einer Voliere im Zoo, eines Falkenhofs oder eines Flughafens ist ein beeindruckendes Erlebnis für Kinder. Kleine Beobachtungsaufgaben oder die Dokumentation durch Bilder und Skizzen, z.B. zu Start und Landung, Flugverhalten und Aussehen verschiedener Vögel oder Flugzeuge, schulen die Fähigkeit, genau zu beschreiben und zu beobachten und erlauben es zugleich, die spätere Vorstellungsbildung zu steuern. Alternativ kann auch eine Auswahl an Bildern oder kleinen Videoclips den Einstieg gestalten, wobei die Kinder angeregt werden, von ihren eigenen Erfahrungen beim Fliegen oder ihren Beobachtungen von Vögeln und Flugzeugen zu berichten.


AUF EINEN BLICK

Klassenstufe 2–4

Unterrichtsbausteine:

- ▶ Fliegende Dinge und Lebewesen beobachten und beschreiben
- ▶ Vögel und Flugzeuge miteinander vergleichen
- ▶ Die Flugeigenschaften von Papierfliegern untersuchen
- ▶ Zu den vier Kräften des Fliegens Versuche durchführen

Material:

- ▶ Arbeitsblätter S. 19 und S. 20
- ▶ Kartei „Warum fliegt etwas?“ 
- ▶ Versuchsmaterialien (s. Beitrag + Kartei)

Heißt Fliegen „oben bleiben“?

Wie die Flugzeuge, Vögel und Insekten gehören auch Hubschrauber, Flugschiffe und Drachen für Kinder zu den fliegenden Objekten. Und selbst ein Raumschiff „fliegt“ durch die luftleeren Weiten des Alls. Ihnen gemeinsam ist aber nur, dass sie Mechanismen verwenden, welche das Herunterfallen aufgrund der Schwerkraft verhindern oder zumindest verzögern (**s. Wissen kompakt**). Um aus der Vielfalt der unterschiedlichen Flugrealisierungen auf das Fliegen im eigentlichen Sinne des dynamischen Auftriebs zu lenken, können die Kinder zu Hause, im Garten oder auf dem Schulhof zunächst nach „fliegenden“ Dingen und Lebewesen Ausschau halten, sie notieren und ihre Notizen durch eigene Überlegungen anreichern. Im Unterricht werden Unterschiede und



Foto: s (2) Juliane Zeuch



Abb. 1+2: Kinder entwickeln unterschiedliche Papierflieger und führen unter kritischer Beobachtung Testflüge auf dem Schulhof durch. Danach können sie ihre Gleiter nach bestimmten Kategorien verbessern

Einen schönen Einstieg in das Thema bietet auch ein Auszug aus der Erzählung „Die Möwe Jonathan“ von Richard Bach¹. Die Geschichte handelt von einer Möwe, die an das Abenteuer des Fliegens und die Freiheit glaubt, und sie ist zugleich ein Beispiel sehr genauer Naturbeobachtung. Mit Emphase vorgetragen und mit Fragen begleitet, kann die Geschichte den Einstieg in das Thema „Fliegen“ motivieren. Wegen seines philosophischen Grundgehalts über Freiheit und Selbstverwirklichung bieten sich hier zudem Verknüpfungen mit dem Deutschunterricht an.

Wesentliche funktionelle und äußerliche Bedingungen des Fliegens lassen sich ableiten, wenn man die Realisierung des Fliegens aus den beiden Bereichen *Natur (Vogel)* und *Technik (Flugzeug)* aufeinander bezieht und gegenüberstellt. Indem die Kinder Abbildungen miteinander vergleichen, erkennen sie Gemeinsamkeiten, wie z. B. windschnittige Form, Tragflächen/Flügel, Fahrwerk/Beine oder Höhenruder/Schwanzfeder, aber auch zentrale Unterschiede, wie z. B. eine Oberfläche aus Metall/Federn oder dass der Vortrieb durch Triebwerke bzw. den Flügelschlag erzeugt wird (s. Arbeitsblatt S. 19).

Papierflieger basteln

Beliebt und für das Thema gewinnbringend ist das Basteln von Papierfliegern (s. Praxisbericht S. 6 ff. und Arbeitsblatt S. 20). Eine Auswahl vorbereiteter Bastelvorlagen² stellt ein breites Spektrum unterschiedlicher Flieger sicher. Wichtig ist, dass der Prozess der Papierfliegerentwicklung

durch eine Dokumentation und die kritische Bewertung von Kategorien begleitet (z. B. Herstellungsaufwand, Geschwindigkeit, Flugweite) und anschließend gemeinsam reflektiert wird. Verschiedene Papierarten, Büromaterial und andere Werkstoffe liegen bereit, um den Flieger zu verbessern. Hier ist Raum, um sich kreativ, aber auch planvoll auszuprobieren.

Während der Testflüge können die Kinder zusammen mit einem Partner feststellen, dass Papierflieger beispielsweise

- ▶ besonders gut mit großen Flügeln gleiten,
- ▶ besonders hohe Geschwindigkeiten mit dreieckigen Flügelformen erreichen,
- ▶ vorn und hinten nicht zu schwer sein dürfen, weil sie sonst entweder abstürzen oder keine stabile Flugbahn zustande kommt.

Am Ende können die besten Papierflieger vorgestellt werden und im Wettbewerb gegeneinander antreten (Abb. 1+2).

Versuche zum Fliegen durchführen

Vier Kräfte bestimmen den Flug: Gewicht, Auftrieb, Vortrieb und Luftwiderstand. Flugzeuge und Vögel sind daher so beschaffen, dass sie Gewicht und Widerstand möglichst gering halten und gleichzeitig großen Auf- und Vortrieb erzeugen. An vier vorbereiteten Stationen werden diese Kräfte genauer untersucht. Die Stationen sollten dabei mehrfach angeboten werden, da die Kinder am besten zu zweit arbeiten.

Die Kinder müssen eigene Hypothesen und Vermutungen aufstellen, im Versuch überprüfen und Schlussfolgerungen in Form von weiterführenden Denkaufgaben ziehen (s. Kartei im Materialpaket).

Empfehlung: Es ist ratsam, im Unterricht zuvor die Begriffe *Wind* und *Fahrtwind* zu thematisieren. Die Vorstellung, dass eine Luftanströmung des Flügels (Wind) einer Bewegung durch ruhende Luft entsprechen soll (Fahrtwind), bereitet vielen Kindern konzeptionell große Schwierigkeiten. Zugleich ist das aber die Grundlage aller Experimente im Labor. Mit einem Windrad kann die relative Bewegung demonstriert werden. Zusammen mit den Kindern lässt sich hier spielerisch zeigen: Streicht der Wind durch Pusten über den ortsfesten Propeller, dreht er sich. Das Gleiche geschieht, wenn man bei Windstille mit dem Windrad durch das geschlossene Zimmer läuft. Bei genügend großer „Fahrt“ beginnt der Fahrtwind, das Rad in Drehung zu versetzen. Und was geschieht, wenn man mit dem Propeller gegen den Wind anläuft?

Versuch 1: Das Gewicht Alles fällt herunter

An der Station werden Fallversuche mit verschiedenen Gegenständen durchgeführt und das Gewicht einer Vogelfeder wird mit dem einer gleich großen Feder aus Papier verglichen.

Ergebnis: Egal, ob schwer oder leicht: Gegenstände werden aufgrund ihres Gewichts von der Erde angezogen. Vögel und Flugzeuge sind möglichst leicht und trotzdem stabil gebaut.

Versuch 2: Der Auftrieb Der Flügel im Luftstrom

Der Auftrieb wird untersucht, in dem über ein Blatt Papier gepustet und ein Modell einer Tragfläche aus einem einfachen Karton aus Pappe zum Profil gefaltet wird. Dieses wird aus verschiedenen Richtungen und in mehreren Windstärken angeföhnt.

Ergebnis: Der Auftrieb hängt von der Windstärke ab und ist für ein Flügelprofil am größten.

Hinweis: Ein tieferes Verständnis des dynamischen Auftriebs (**s. Wissen kompakt**) sollte meines Erachtens nicht angestrebt werden, sondern wie hier als Beobachtungstatsache verbleiben.

Versuch 3: Der Luftwiderstand Luft bremst

Mit einem Stück Pappe wird der Luftwiderstand für verschiedene Winkelstellungen zunächst im Fahrtwind erkundet und anschließend die Fallzeit einer Papierkugel mit der eines ungeknüllten Blattes Papier verglichen.

Ergebnis: Die Luft bremst im Fahrtwind. Der Luftwiderstand verringert sich, wenn man die Angriffsfläche verkleinert. Daraus ergibt sich die windschnittige Form von Vogel und Flugzeug.

Versuch 4: Der Vortrieb Vorwärts kommen

Ein möglicher Vortriebsmechanismus wird exemplarisch an einer selbst gebastelten Ballonrakete untersucht.

Ergebnis: Indem Gase ausgestoßen werden, kann man sich vorwärts bewegen (Rückstoßprinzip). Verkehrsflugzeuge leisten das mit ihren Düsentriebwerken. Vögel drücken sich von der Luft ab.

In einem anschließenden Reflektionsgespräch können offene Fragen geklärt werden (**s. Kasten**).

Kleiner Ausblick

Viele weitere Gesichtspunkte des Fliegens sind es wert, in den Blick genommen zu werden. Auch ließe sich das Fliegen als ein Aspekt in das übergreifende Thema „Vögel“ integrieren (Heft in Vorbereitung, d. Red.).

Schließlich lässt sich auch an weitere Mechanismen der Fortbewegung in der Luft anknüpfen: Ballone und statischer Auftrieb, Raketen im All und Rückstoßprinzip oder der Winddrachen. ■

Anmerkungen

¹ Die Möwe Jonathan von Richard Bach: <http://emrism.agni-age.net/german/mowe/mowe.htm>
² www.labbe.de/zzzebra/indexasp?thema=552&titelid=3102

Literatur

Brumann, Uta/Schwetschenau, Silke (2001): Flugzeuge, Vögel und was sonst noch fliegt. Mühlheim an der Ruhr: Verlag an der Ruhr
Datz, Magret/Schwabe, Rainer W. (2006): Lernen im Netz. Vom Fliegen. Offenburg: Miltenberger Verlag
Lüthjohann, Frank et al. (2011): Luft und Fliegen – eine kontextorientierte Unterrichtseinheit für den fachübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren
Weltner, Klaus (1997): Flugphysik im Unterricht. In: Physik in der Schule 35, S. 3–9
Wodzinski, Rita (1999): Wie erklärt man das Fliegen in der Schule? In: Plus Luci 2/99

Fotos: dell/m_reinhardt/fotolia.com

Ergebnisreflexion: Das aerodynamische Gleichgewicht

Die in den Versuchen untersuchten Einzelaspekte können nun im zentralen Gleichgewicht des Fliegens zusammengeführt werden. In einem gemeinsamen Gespräch werden die Ergebnisse nochmals reflektiert und zugleich in einen größeren Zusammenhang gebracht. Das erfordert allerdings eine anspruchsvolle gedankliche Arbeit, die in einer behutsamen Diskussion mit den Kindern erfolgen sollte, womit sich gleichsam ein Gesamtbild ergibt. Folgende Argumentationslinie kann hilfreich sein:

1. Alle Flugzeuge und Vögel haben zunächst die Tendenz, nach unten zu fallen. Wegen ihres *Gewichtes* werden sie von der Erde auf den Boden gezogen (**s. Versuchskartei 1**). Gleiten kann das verzögern, aber nicht verhindern (Papierflieger).
2. Es muss etwas geben, das das Fallen längerfristig verhindert und die schweren Vögel und Flugzeuge in der Luft hält: der *Auftrieb*. Der Auftrieb entsteht aber nur, wenn die Flügel von Luft umströmt werden (Fahrtwind), und er wird umso größer, je schneller die Luft strömt (**s. Versuchskartei 2**).
3. Luft bremst (**s. Versuchskartei 3**). Sie setzt den fliegenden Körpern einen *Widerstand* entgegen und lässt sie langsamer werden. Gleichzeitig wird dadurch auch der Auftrieb kleiner, denn der Fahrtwind nimmt ab.
4. Um beides auszugleichen, müssen sich Vögel und Flugzeuge aktiv vorwärts bewegen (mit Flügeln schlagen bzw. Triebwerke nutzen) und *Vortrieb* erzeugen (**s. Versuchskartei 4**). Erst dann entsteht ein Gleichgewicht, bei dem sich ein Vogel und ein Flugzeug in der Luft halten können.
5. Weiterführender Gedanke: Wird das Flugzeug schneller, wird auch der Auftrieb größer (denn der Fahrtwind nimmt zu) und das Flugzeug steigt. Dafür muss es mit seinen Triebwerken den Vortrieb erhöhen. Was geschieht beim Landen?

An der Tafel kann sukzessiv ein übersichtliches Schema mit den zentralen Kräften und den zugehörigen Einflussfaktoren entstehen.



Vier Kräfte bestimmen das Fliegen – beim Flugzeug wie auch beim Vogel. Es ist wichtig, dass ihr Gewicht und ihr Widerstand so gering wie möglich gehalten werden und dass sie gleichzeitig großen Vortrieb und Auftrieb erzeugen

Name: _____

Datum: _____

Holzdetektive unterwegs 1

Diese verschiedenen Werkstoffe aus Holz gibt es:

Tanne



Vollholz



Holzspäne



Spanplatte



Furniere (dünne Holzschichten)



Sperrholz



*** WISSEN KOMPAKT ***

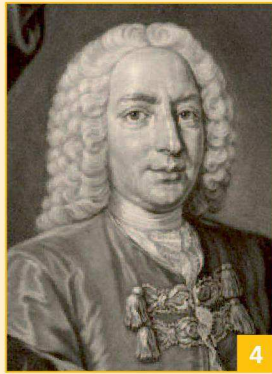


Foto: wikipedia.org

Daniel Bernoulli war Physiker und Mathematiker. Der nach ihm benannte Bernoulli-Effekt hat eine große Bedeutung in der Aerodynamik

Zusammen erzeugt dieser Druckunterschied den dynamischen Auftrieb, der umso größer wird, je schneller sich die Tragfläche durch die Luft bewegt.

Der Anfahrwirbel

Bei dieser vereinfachten Erklärung bleibt aber offen, weshalb die Luft auf der Oberseite schneller strömt als auf der Unterseite. Häufig wird behauptet, dass die Oberseite stärker gewölbt sein müsse, damit die Luft dort einen längeren Weg zurücklegt, um gleichzeitig an den Profilspitzen anzukommen (ein größerer Weg bei gleicher Zeit würde höhere Geschwindigkeit bedeuten). Weder aber kommt die Luft gleichzeitig an, noch ist eine stärkere Wölbung erforderlich. Symmetrische Profile und selbst ein Brett können Auftrieb erzeugen, wenn sie angekippt werden. Vielmehr müssen die Bedingungen beim Start des Vogels (bzw. des Flugzeugs) in Betracht gezogen werden. Zu Beginn des Starts erzeugt die Umströmung des Flügelprofils zunächst keinen Auftrieb, die Geschwindigkeiten der Luftmassen oben und unten sind gleich. Aufgrund der Zähigkeit der Luft und ihrer Reibung an der Tragfläche entsteht ein Wirbel an der Tragflächenhinterseite, der sich ablöst und hinter dem Flugzeug zurückbleibt, der Anfahrwirbel (Abb.5). Dadurch verändern sich die Strömungsverhältnisse am gesamten Flügel und es entsteht die zum Auftrieb führende Druckdifferenz.



Foto: DLR

Beim Start entsteht an der Tragfläche ein Wirbel an der Tragflächenhinterseite, der zurück bleibt: der Anfahrwirbel

Vogel und Flugzeug

In den wesentlichen äußerlichen und funktionellen Merkmalen stimmen Vogel und Flugzeug überein. Tragflächen und Flügel erzeugen den Auftrieb und eine windschnittige Form verringert den Luftwiderstand. Während Vögel hohle, verstreute Knochen und ein leichtes Gefieder besitzen (Abb. 6), werden moderne Flugzeuge aus einer Kombination aus Metall und Kunststoff gebaut, ein Kompromiss zwischen möglichst geringem Gewicht und großer Stabilität. Ein wesentlicher Unterschied liegt aber in der Erzeugung des Vortriebs. Während Düsenflugzeuge das Rückstoßprinzip nutzen, verwenden Vögel den Schlagflug (oder Ruderflug). Auf- und Vortrieb werden durch schnelles Auf- und Abwärtsschlagen der Flügel erzeugt. Der Abwärtsschlag wird mit großer Kraft und der Aufwärtsschlag mit durchlässigem Gefieder der Arm- und Handschwingen und möglichst geringem Widerstand ausgeführt. Der Vortrieb wird dabei vor allem beim Abschlag in den äußeren Enden des Flügels erzeugt, während der innere Teil des profilierten Vogelflügels den Auftrieb durch Anströmung der Luft hervorruft. Auch heute noch versuchen Forscher, Techniken des Vogelflugs für die Konstruktion von Flugzeugen genauer zu verstehen und umzusetzen. Die gespreizten Vogelflügel zum Beispiel reduzieren die bremsende Wirbelbildung und werden mit sogenannten Winglets bei Passagierflugzeugen imitiert, um Treibstoff zu sparen. Bis zuletzt aber galt vor allem der sich bewegende Flügel von Vögeln als der wesentliche Unterschied zwischen Technik und Natur. Auf der Hannover Messe wurde 2011 der SmartBird vorgestellt, ein Ultraleichtmodell, das erfolgreich den Schlagflug biomechanisch imitiert. Der Vogelflug gilt damit als entschlüsselt.



Foto: Doro Siermantowski

Vogelfedern bestehen aus dem Federkiel und der Federfahne. Sie begünstigen den Vogelflug durch ihr geringes Gewicht

Literatur

Meschede, Dieter (Hg.) (2003): Gerthsen Physik. Heidelberg: Springer Verlag
Oertel, Herbert (2008): Bioströmungsmechanik: Grundlagen, Methoden, Phänomene. Wiesbaden: Vieweg und Teubner Verlag
Schlichting, Hans Joachim/Rodewald, Bernd (1986): Ikarus' Traum und die aerodynamische Wirklichkeit. Praxis der Naturwissenschaften 35/5

Internet

www.aniprop.de/
www.wdr.de/tv/quarks/global/pdf/Q_Fliegen.pdf

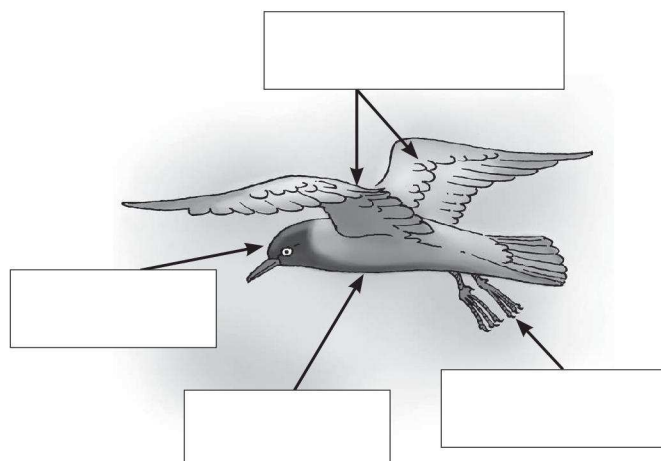
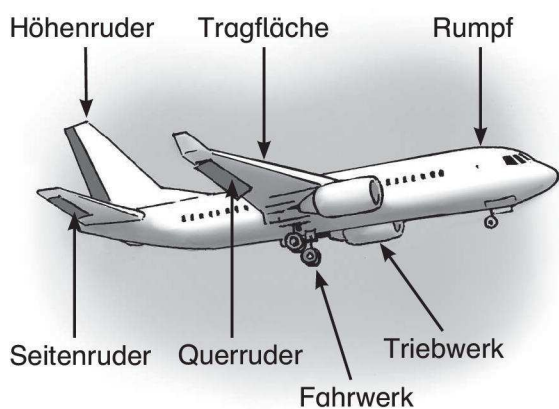
Vögel und Flugzeuge vergleichen

1. Schau dir die beiden Bilder genau an. Was haben Vögel und Flugzeuge gemeinsam?



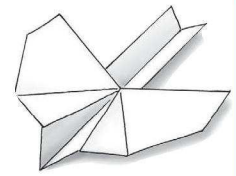
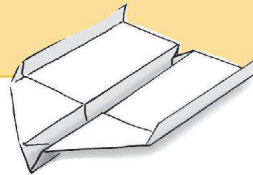
2. Tausche dich mit einem Partner darüber aus, welche Teile eines Flugzeugs mit Körperteilen eines Vogels vergleichbar sind. Schreibt sie auf und begründet.

3. Die einzelnen Teile des Flugzeugs sind schon beschriftet. Schreibe nun auch die Begriffe der einzelnen Körperteile des Vogels in die leeren Kästen.



4. Was meinst du: Inwiefern haben sich Forscher bei der Erfindung des Flugzeugs ein Beispiel an den Vögeln genommen? Begründe deine Antwort.

Welcher Papierflieger fliegt am besten?



1. Suche dir einen Partner und holt euch bei eurer Lehrkraft zwei Bastelanleitungen zu Fliegern, die euch besonders interessieren. Baut die Flieger nach.
2. Stellt euch nebeneinander auf und werft die Flieger in die Luft. Beobachtet den Flug genau.
3. Wie fliegen eure Flieger? Tragt die Eigenschaften der Papierflieger unten in die Tabelle ein.
4. Gebt euren Fliegern für die Eigenschaften jeweils eine Note von 1 bis 6. Welche Gesamtnote würdet ihr den beiden Fliegern geben?

Name Flieger 1:		Skizze
Herstellung		
Geschwindigkeit		
Flugbahn		
Flugweite		
Gesamtnote		

Name Flieger 2:		Skizze
Herstellung		
Geschwindigkeit		
Flugbahn		
Flugweite		
Gesamtnote		

4. Versucht, die Papierflieger zu verbessern, indem ihr kleine Dinge verändert. Ihr könnt zum Beispiel:
 - anderes Material verwenden
 - Büroklammern an den Tragflächen befestigen
 - die Spitze des Fliegers umknicken