

Energieoptimierte Fortbewegung am Beispiel Vögel

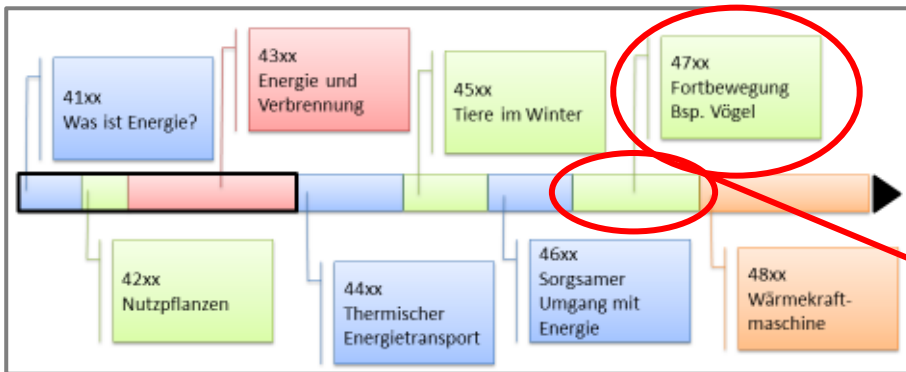
I. Blick in den Bildungsplan

3.1.4 (13) **Angepasstheit bei Tieren im Hinblick auf eine energieoptimierte Fortbewegung** im Wasser oder **in der Luft beschreiben und untersuchen** (zum Beispiel **Vogelskelett, Federn**, Gestalt bei Fischen)

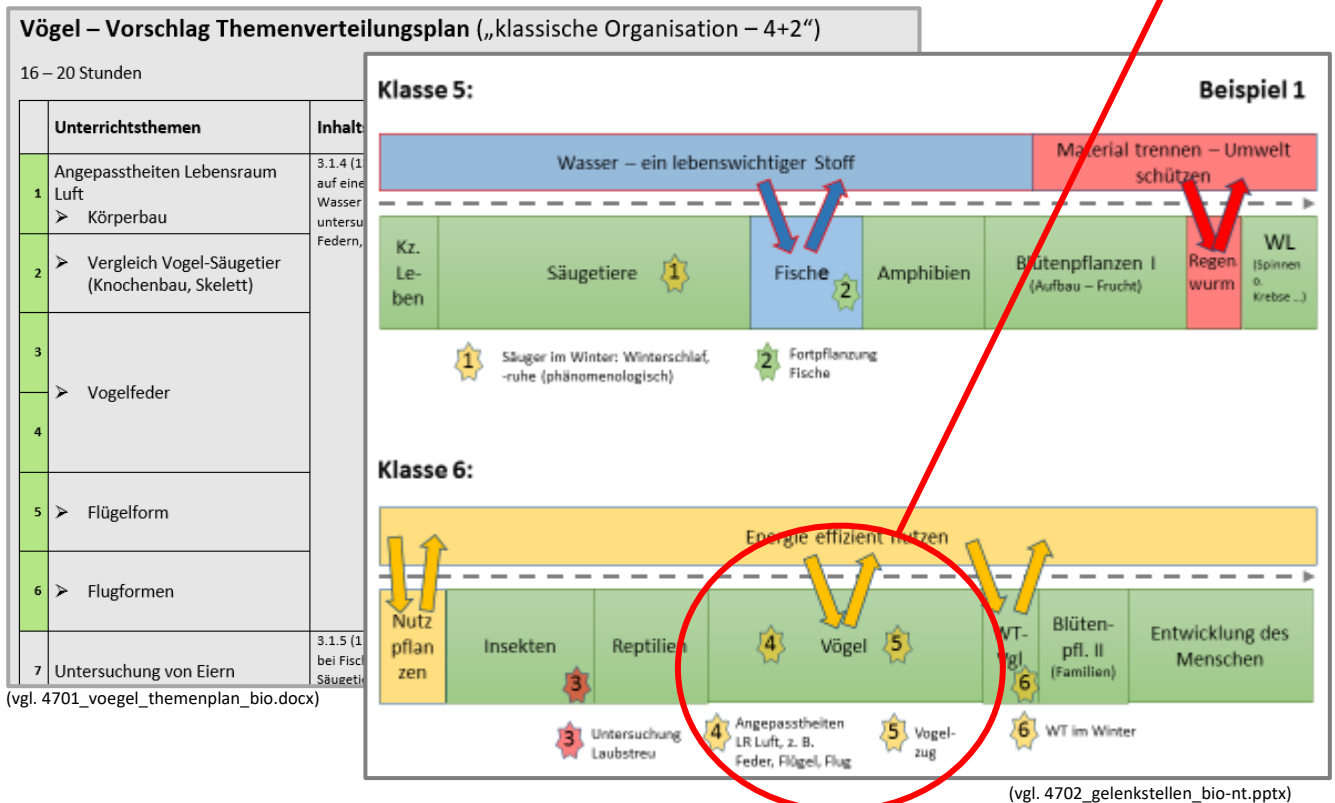
- 2.1 (5) zu naturwissenschaftlichen Phänomenen und technischen Sachverhalten Fragen formulieren, Vermutungen aufstellen und experimentell überprüfen
- 2.1 (6) Experimente unter Anleitung planen, durchführen, auswerten
- 2.1 (7) ein Sachmodell kritisch einsetzen
- 2.2 (2) ihr Vorgehen, ihre Beobachtungen und die Ergebnisse ihrer Arbeit dokumentieren

II. Blick auf die Organisation von BNT

Beispiel „integrative Organisation - 3+3“:



Beispiel „klassische Organisation – 4+2“



III. Vorbemerkungen

Der hier vorgestellte Teilaspekt des Kapitels Vögel, die energieoptimierte Fortbewegung, sollte am Anfang des Kapitels Vögel stehen. Davor sollten im NT-Teil bereits der Energiebegriff, Energieübertragungsketten und thermischer Energietransport besprochen sein. Die SuS vertiefen am Beispiel der Vögel dort Erlerntes. Dies ist im klassischen BNT-Organisationsmodell (4+2) als auch im integrativen BNT-Organisationsmodell (3+3) zu berücksichtigen (vgl. II. Blick auf die Organisation von BNT).

Die Materialien stellen eine Weiterentwicklung der ZPG-Biologie-2011-Materialien zum Kapitel Vögel dar. Insbesondere die Energieaspekte wurden fächerintegrativ geschärft und mit den übrigen Aspekten der Bildungsplan-Kapitel 3.1.4 *Energie effizient nutzen* und 3.1.5 *Wirbeltiere* vernetzt. Für die Durchführung des Aspekts der energieoptimierten Fortbewegung müssen ca. 6 Unterrichtsstunden veranschlagt werden.

Die Materialien können sowohl im klassisch lehrergesteuerten Unterricht, im schülerzentrierten Unterricht, z. B. als Lernzirkel, oder in unterschiedlichen Mischformen eingesetzt werden. (Beispiele für Unterrichtsverlaufspläne sind unter https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/bio/gym/bp2004/fb3/2_klasse5_6/ hinterlegt.) Durch die Handlungsorientierung soll die Eigenständigkeit der SuS gestärkt werden.

Die Materialien ermöglichen z. B. durch Zusatzangebote und gestufte Hilfen eine **Individualisierung** und **Differenzierung**. Der Einsatz als Lernzirkel ermöglicht zudem die Berücksichtigung von unterschiedlichem Lerntempo der SuS und die eigenständige Wahl der Sozialform. Die Methode Lernzirkel sollte zuvor erläutert werden. In jedem Fall sollten gemeinsame Regeln vereinbart werden.

Formatives Arbeiten wird exemplarisch am Teilaspekt Flügelform aufgezeigt. Zudem können differenzierende Zusatzangebote ebenfalls zum formativen Arbeiten genutzt werden.

IV. Medientipps

Der Einsatz von Medien kann SuS bei der Erarbeitung und Festigung von Neuem unterstützen. Die Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Etliche Produktionen sind über SESAM online verfügbar. Bitte beachten Sie die Gesamtübersicht der Medientipps im Dokument *4703_voegel_medien-tipps.docx*. Bitte prüfen Sie vor Einsatz des jeweiligen Mediums auf die Kompatibilität mit dem Bildungsplan 2016.

Wie die Vögel fliegen

Dauer: 15:19 min f; Produktionsjahr: 2010; Verleihnummer: 4664637 (DVD-Video)


Vögel haben es geschafft, den Luftraum zu erobern. Scheinbar ohne Kraftanstrengung segeln sie durch die Luft. Im Laufe der Geschichte versuchte der Mensch immer wieder, es ihnen gleichzutun; aber erst Anfang des vorigen Jahrhunderts steigen die ersten Flugzeuge in die Luft. Der Film zeigt, welche Voraussetzungen notwendig sind, um sich im Luftraum fortzubewegen. Realaufnahmen und Computeranimationen veranschaulichen die Rolle des Gewichts beim Fliegen, die Bedeutung der Flügel beim Auftrieb sowie unterschiedliche Flugarten. Verschiedene Beispiele dokumentieren, welche Vorteile die Vögel durch ihre Flugfähigkeit haben. Diese Mediensammlung enthält Film- und Zusatzmaterial.

Fortbewegung in der Luft

Dauer: 21:22 min f; Produktionsjahr: 2010; Verleihnummer: 4602710 (DVD-Video)

Bevor sich der Mensch in der Luft fortbewegen konnte wie ein Vogel, musste sich die Technik zunächst von der Natur inspirieren lassen. Das Medium untersucht erst die biologischen und physikalischen Grundlagen des Fluges und schlägt dann die Brücke zum dynamischen Auftrieb bei Flugzeugen. Die Beschreibung der Flugeinrichtungen bei Pflanzen rundet das Medium ab. Diese Mediensammlung enthält Film- und Zusatzmaterial.

V. Inhaltsverzeichnis (im Dokument verlinkt) und benötigte Materialien und Vorbereitung


Energieoptimierte Fortbewegung Bsp. Vögel **1 - Körperbau** 

Energieoptimierte Fortbewegung Bsp. Vögel 1 – Körperbau – Lösungsvorschlag 


- ✓ eingeführtes Lehrbuch (auf AB nicht verwendete Lehrbücher streichen)


Energieoptimierte Fortbewegung Bsp. Vögel **2 – Vergleich Vogel – Säugetier (inkl. Differenzierung)** 

Energieoptimierte Fortbewegung Bsp. Vögel 2 – Vergleich Vogel – Säugetier – Hilfen 


Energieoptimierte Fortbewegung Bsp. Vögel 2 – Vergleich Vogel – Säugetier – Lösungshinweise 

- ✓ Schädel von Taube und Ratte, Waage
- ✓ Lösungsblatt: Masse der Schädel ergänzen

Energieoptimierte Fortbewegung Bsp. Vögel **3 – Knochenbau (Additivum)** 

Energieoptimierte Fortbewegung Bsp. Vögel 3 – Knochenbau – Lösungshinweise 


- ✓ Papier, Klebstoff, Gummiband, Waage, evtl. Längsschnitte von Vogel- und Säugerknochen

Energieoptimierte Fortbewegung Bsp. Vögel **4 – Skelettvergleich (inkl. Differenzierung)** 

Energieoptimierte Fortbewegung Bsp. Vögel 4 – Skelettvergleich – Lösungshinweise 


- ✓ Hunde- und Vogelskelett, Schreibpapier, Papierservietten, evtl. Maßband
- ✓ eingeführtes Lehrbuch (auf AB nicht verwendete Lehrbücher streichen)
- ✓ Lösungsblatt: grüne Markierung der vogeltypischen Knochen (in Anlehnung an eingeführtes Lehrbuch)


Energieoptimierte Fortbewegung Bsp. Vögel **5 – Vordergliedmaßen** 

Energieoptimierte Fortbewegung Bsp. Vögel 5 – Vordergliedmaßen – Lösungshinweise 


- ✓ Vogelskelett oder Flügelskelett, Humanskelett oder menschliches Vorderextremitätenskelett
- ✓ Lösungsblatt: Knochen einfärben (Farben aus eingeführtem Lehrbuch!)


Energieoptimierte Fortbewegung Bsp. Vögel **6 – Vogelfeder 1 (inkl. Differenzierung)** 

Energieoptimierte Fortbewegung Bsp. Vögel 6 – Vogelfeder 1 – Hilfen 


Energieoptimierte Fortbewegung Bsp. Vögel 6 – Vogelfeder 1 – Lösungshinweise 

- ✓ Schwungfedern, Stereolupe, Papier, Schere, Waage, Pipetten, Kerze, Wattekügelchen, Streichhölzer, Stofftaschentuch, Strohalm, Holzstäbchen, Messer, Schutzbrille


Energieoptimierte Fortbewegung Bsp. Vögel **7 – Vogelfeder 2** 

Energieoptimierte Fortbewegung Bsp. Vögel 7 – Vogelfeder 2 – Lösungshinweise 


- ✓ Schwungfeder, Stereolupe, Klettverschluss


Energieoptimierte Fortbewegung Bsp. Vögel **8 – Flügelform** 

Energieoptimierte Fortbewegung Bsp. Vögel 8 – Flügelform – Lösungshinweise 

Energieoptimierte Fortbewegung Bsp. Vögel 8 – Flügelform - **Formatives Arbeiten** 

- ✓ dickeres Papier, Büroklammern
- ✓ Vogelbalg mit ausgebreiteten Flügeln (pestizidfrei!, ggf. Abzug!), Tafelwaage (Digitalwaage), Föhn

Energieoptimierte Fortbewegung Bsp. Vögel **9 – Flugformen** 

Energieoptimierte Fortbewegung Bsp. Vögel 9 – Flugformen – Lösungshinweise 

- ✓ Stativ, Stativklemme, Glasrohr, Kerze, Feuerzeug, Daunenfeder, Buch, Föhn
- ✓ eingeführtes Lehrbuch (auf AB nicht verwendete Lehrbücher streichen)



Die Vögel sind die „Könige“ der Lüfte. Die gleichwarmen Tiere sind an ihren Lebensraum Luft optimal angepasst. Vögel heben mit wenigen Flügelschlägen in die Luft ab. Die Flügel werden von sehr kräftigen Flugmuskeln bewegt. Dies ist zum einen recht anstrengend und benötigt zum anderen viel Energie. Bei günstigen Voraussetzungen können sie mit ausgebreiteten Flügeln durch die Luft gleiten ohne mit den Flügeln zu schlagen und damit energiesparsamer unterwegs sein. In jedem Fall ist es von Vorteil, wenn sie besonders leicht sind.

Material: → eingeführtes Lehrbuch

- Netzwerk BNT 5/6 BW (2016), S. 162f.
- Biosphäre BNT 5/6 BW (2015), S. 72f.
- Fokus BNT 5/6 BW (2015), S. 199; S. 202, Z. 1- 15
- Natura BNT 5/6 BW (2015), S. 74f.

Aufgaben:

1. Lies den Text aufmerksam durch. Nenne die Anpassungen (Körperbau und Verhalten) des Vogelkörpers an das Leben im Luftraum.
2. Ergänze die Tabelle.

	Angepasstheit	Bedeutung für das Fliegen
Körperform		
Vordergliedmaßen		
Wirbelsäule		
Brustbein		
Röhrenknochen		
Schädel (Werkzeug Nahrungsaufnahme)		
Körper- bedeckung		
Atmung		
Ernährungsweise		
Fortpflanzung		

Die Vögel sind die „Könige“ der Lüfte. Die gleichwarmen Tiere sind an ihren Lebensraum Luft optimal angepasst. Vögel heben mit wenigen Flügelschlägen in die Luft ab. Die Flügel werden von sehr kräftigen Flugmuskeln bewegt. Dies ist zum einen recht anstrengend und benötigt zum anderen viel Energie. Bei günstigen Voraussetzungen können sie mit ausgebreiteten Flügeln durch die Luft gleiten ohne mit den Flügeln zu schlagen und damit energiesparsamer unterwegs sein. In jedem Fall ist es von Vorteil, wenn sie besonders leicht sind.

Material: → eingeführtes Lehrbuch

- Netzwerk BNT 5/6 BW (2016), S. 162f.
- Biosphäre BNT 5/6 BW (2015), S. 72f.
- Fokus BNT 5/6 BW (2015), S. 199; S. 202, Z. 1- 15
- Natura BNT 5/6 BW (2015), S. 74f.

Aufgaben:

1. Lies den Text aufmerksam durch. Nenne die Anpassungen (Körperbau und Verhalten) des Vogelkörpers an das Leben im Luftraum.
2. Ergänze die Tabelle.

	Angepasstheit	Bedeutung fürs Fliegen
Körperform	stromlinienförmig	wenig Luftwiderstand
Vordergliedmaßen	Flügel	„Tragflächen“
Wirbelsäule	z. T. verwachsen	Widerlager für die Flügel
Brustbein	sehr groß	Ansatzstelle der Flugmuskulatur
Röhrenknochen	luftgefüllt	geringe Masse: leicht
Schädel (Werkzeug Nahrungsaufnahme)	Hornschnabel ohne Zähne,	geringe Masse: leicht
Körperbedeckung	Federn	<ul style="list-style-type: none"> • leichtes, stabiles Baumaterial • bilden Flügel-Tragflächen
Atmung	Lunge mit Luftsäcken	verbesserte Atmung: hoher Sauerstoffbedarf beim Fliegen
Ernährungsweise	wasserarm, energiereich, rasche Verdauung	geringere Masse, grobe Energiezufuhr
Fortpflanzung	Eier: Entwicklung außerhalb des Körpers	geringe Masse: leicht



Stockente weiblich



Feldhase

Aufgaben:

1. Ermittle die fehlenden Daten in der Tabelle. Vervollständige sie.
2. Vergleiche die Körpergrößen und die -maßen der angegebenen Tierpaare.
3. Leite aus dem Vergleich einen Merksatz ab.

Art	Körperlänge (in cm)	Körpermasse (in g)	Massenunterschied (in g)
Feldhase	67	4000	
Stockente	60	1200	_____
Rabenkrähe	48	550	
Wildkaninchen	46	1800	_____
Maulwurf	16	90	
Gartengrasmücke	15	13	_____

Dein Merksatz: _____



Taube



Wanderratte

Material: Tauben- und Rattenschädel, Waage

Aufgaben:

4. Bestimme die Masse beider Schädel und vergleiche.
5. Vergleiche den Bau von Säugetier- und Vogelschädel.
6. Leite aus den Vergleichen einen Merksatz ab.

	Taubenschädel	Rattenschädel
Masse (in g)		
Bau		

Dein Merksatz: _____

Feldhase: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Feldhase_Schiermonnikoog.JPG&filetimestamp=20090125122353 (15.12.2016, 11:46) **gemeinfrei** weltweit, Urheber: MODmate
 Stockente: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flying_mallard_duck_-_female.jpg&filetimestamp=20050302120140 (15.12.2016, 11:47) **GNU-Lizenz 1.2, CC-Lizenz 3.0**, Urheber: Martin Correns
 Wanderratte: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:WildRat.jpg&filetimestamp=20080413101515> (15.12.2016, 11:49) **CC-Lizenz 2.0**, Urheber: Reg McKenna
 Taube: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Stadtaube-FelixAbraham.jpg&filetimestamp=20090710232722> (15.12.2016, 11:50) **gemeinfrei** weltweit, Urheber: Felix Abraham

Aufgabe 5:

Tip 1: Vergleiche den Bau und die „Ausstattung“ der Mundöffnung.

Tip 2: Vergleiche den Knochenbau der beiden Schädel insgesamt (Bauweise).



Stockente weiblich



Feldhase

Aufgaben:

1. Ermittle die fehlenden Daten in der Tabelle. Vervollständige sie.
2. Vergleiche die Körpergrößen und die -massen der angegebenen Tierpaare.
3. Leite aus dem Vergleich einen Merksatz ab.

Art	Körperlänge (in cm)	Körpermasse (in g)	Massenunterschied (in g)
Feldhase	67	4000	2800
Stockente	60	1200	
Rabenkrähe	48	550	1250
Wildkaninchen	46	1800	
Maulwurf	16	90	77
Gartengrasmücke	15	13	

Dein Merksatz Bei vergleichbar großen Tieren, z. B. Stockente und Feldhase, sind die Säugetiere deutlich schwerer.



Taube



Wanderratte

Material: Tauben- und Rattenschädel, Waage

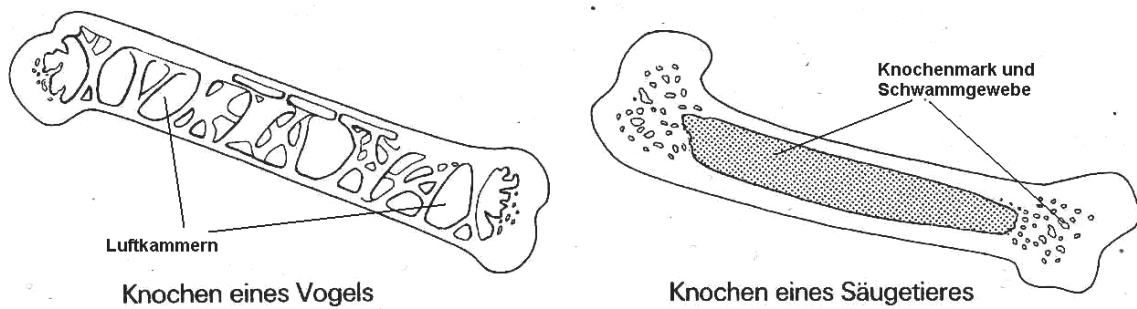
Aufgaben:

4. Bestimme die Masse beider Schädel und vergleiche.
5. Vergleiche den Bau von Säugetier- und Vogelschädel.
6. Leite aus den Vergleichen einen Merksatz ab.

	Taubenschädel	Rattenschädel
Masse (in g)		
Bau	<ul style="list-style-type: none"> • Hornschnabel ohne Zähne • materialsparende Bauweise: dünne Knochen 	<ul style="list-style-type: none"> • Maul mit Zähnen • massive Bauweise: dickere Knochen

Dein Merksatz: Der Vogelschädel ist deutlich leichter. Er ist Material sparend leicht gebaut. Der Schnabel aus leichtem Horn trägt keine (schweren) Zähne.

Feldhase: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Feldhase_Schiermonnikoog.JPG&filetimestamp=20090125122353 (15.12.2016, 11:46) **gemeinfrei** weltweit, Urheber: MÖdmat
 Stockente: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Flying_mallard_duck_-_female.jpg&filetimestamp=20050302120140 (15.12.2016, 11:47) **GNU-Lizenz 1.2, CC-Lizenz 3.0**, Urheber: Martin Correns
 Wanderratte: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:WildRat.jpg&filetimestamp=20080413101515> (15.12.2016, 11:49) **CC-Lizenz 2.0**, Urheber: Reg McKenna
 Taube: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Stadtaube-FelixAbraham.jpg&filetimestamp=20090710232722> (15.12.2016, 11:50) **gemeinfrei** weltweit, Urheber: Felix Abraham



Aufgaben:

1. Sowohl Säugetiere als auch Vögel besitzen Knochen, die man Röhrenknochen nennt. Erkläre diese Bezeichnung.
2. Vergleiche den inneren Bau von Röhrenknochen der Vögel und der Säugetiere (Abbildung und Modell).
3. Kennzeichne das Knochenmark rot und die Luftkammern blau.
4. Vögel besitzen andere Röhrenknochen als Säugetiere. Begründe.

Vergleich: _____

Begründung: _____

Die Knochen helfen den Tierkörper zu formen. Zudem sind an den Knochen die Muskeln befestigt. Dazu sollten sie fest und steif sein. Sind hohle Röhrenknochen dazu überhaupt in der Lage?

Material:

Papierbögen, Klebstoff oder Gummiband, Gegenstände zum Belasten, Waage

Aufgaben:

5. Plane mit den vorgegebenen Materialien ein einfaches Experiment, mit dem du die Festigkeit einer Röhre belegen kannst. Führe es durch.
6. Protokolliere dein Experiment im Heft und stelle es der Klasse vor.

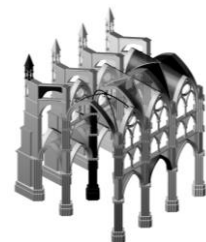
Aufgabe für Hundefreunde:

Warum darf man Hunden keine leckeren Hähnchenknochen zum Abnagen geben?

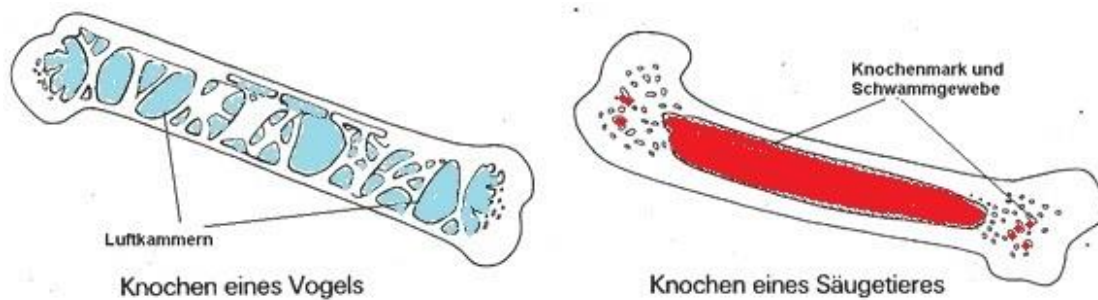
Zusatzinformation:

In den Röhrenknochen verlaufen Verstrebenen, wie Säulen in einer großen Kirche oder die Holzbalken in einem Fachwerk. Sie verleihen der bereits recht stabilen Röhre zusätzliche Festigkeit.

So wird einerseits Gewicht eingespart, aber auf Stabilität und Sicherheit nicht verzichtet.



Knochenquerschnitte: Claus, R. & G. Haala (1991): Arbeitsblätter Biologie – Vögel, Ernst-Klett-Verlag, Stuttgart ISBN 3-12-030910-9, S. 5
 Gotik-Gewölbe: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Gotic3d2.jpg&filetimestamp=20050320115834> (15.12.2016, 17:10) [gemeinfrei](#) weltweit, Urheber: Hill

**Aufgaben:**

1. Sowohl Säugetiere als auch Vögel besitzen Knochen, die man Röhrenknochen nennt. Erkläre diese Bezeichnung.
2. Vergleiche den inneren Bau von Röhrenknochen der Vögel und der Säugetiere.
3. Kennzeichne das Knochenmark rot und die Luftkammern blau.
4. Vögel besitzen andere Röhrenknochen als Säugetiere. Begründe.

Vergleich: Die Knochen von Säugetieren und Vögeln sind hohl, jedoch unterschiedlich gefüllt: Vogelknochen mit Luft, Säugerknochen mit Knochenmark und Schwammgewebe.

Begründung: Die Röhrenknochen der Vögel sind durch die Füllung mit Luft anstatt mit Knochenmark und Schwammgewebe deutlich leichter. Dies ist günstig beim Fliegen.

Die Knochen helfen den Tierkörper zu formen. Zudem sind an den Knochen die Muskeln befestigt. Dazu sollten sie fest und steif sein. Sind hohle Röhrenknochen dazu überhaupt in der Lage?

Material:

Papierbögen, Klebstoff oder Gummiband, Gegenstände zum Belasten, Waage

Aufgaben:

5. Plane mit den vorgegebenen Materialien ein einfaches Experiment, mit dem du die Festigkeit einer Röhre belegen kannst. Führe es durch.
6. Protokolliere dein Experiment im Heft und stelle es der Klasse vor.

individuelle Schülerlösung,

z. B. mit Gummiband fixierte Papierröhre trägt mehrere Schulbücher oder Hefte

[Massenvergleich der getragenen Gegenstände]

Zusatzinformation:

In den Röhrenknochen verlaufen Verstrebenen, wie Säulen in einer großen Kirche oder die Holzbalken in einem Fachwerk. Sie verleihen der bereits recht stabilen Röhre zusätzliche Festigkeit.

So wird einerseits Gewicht eingespart, aber auf Stabilität und Sicherheit nicht verzichtet.

**Aufgabe für Hundefreunde:**

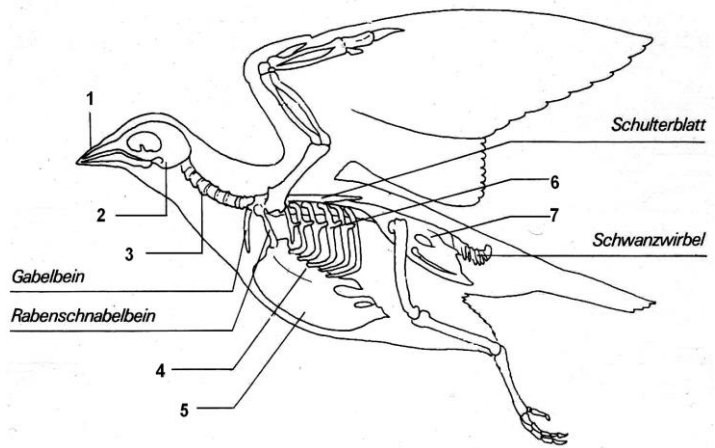
Begründe, warum darf man Hunden keine leckeren Hähnchenknochen zum Abnagen geben?

Hähnchenknochen sind für Hunde nicht geeignet. Denn Geflügelknochen splintern beim Zerbeißen und können im Hals des Hundes stecken bleiben oder ihn verletzen.



1. Beschrifte die Abbildung, indem du den Begriffen die passende Nummer aus der Abbildung zuordnest.

Becken	
Brustbeinkamm	
Rippen (mit Versteifungsfortsätzen)	
Halswirbel	
Schädel	
Brustbein	
Hornschnabel	



2. Markiere im Vogelskelett jene Teile grün, die sich deutlich vom Skelett eines Hundes (z. B. Fokus BNT 5/6 BW (2015), S. 30; Natura BNT 5/6 BW (2015), S. 29; Biosphäre BNT 5/6 (2015), S. 21; Netzwerk BNT 5/6 BW (2016), S. 177) unterscheiden.
3. Finde mögliche Erklärungen für diese Unterschiede.

Beachte auch Hunde- und Vogelskelett!

Guinnessbuch der Rekorde

Flugdauer 29 s
 Takuo Toda, Japan
 11. April 2009

Flugweite 58.8 m
 Tony Flech, USA
 21. Mai 1985

Papierfliegerwettbewerb

Material: DIN A4 Papier, Maßband

Denkt daran, dass alle die gleichen Startbedingungen haben müssen. Bestimmt zuvor ein neutrales Schiedsrichterteam!

Viel Erfolg!

Material:
 DIN A4 Papier, Papierservietten

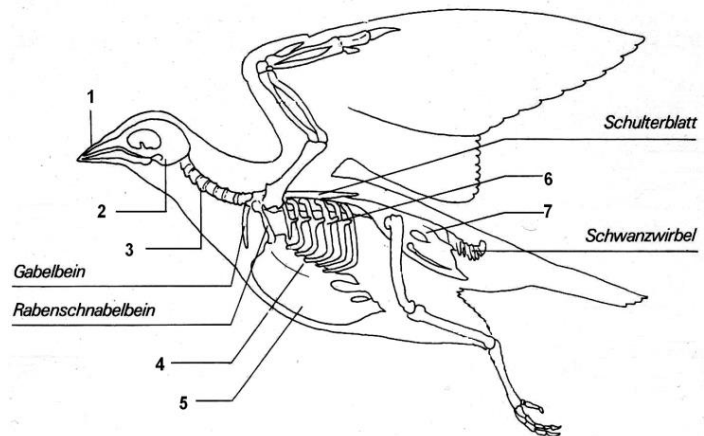
4. Bastle Papierflieger (aus einem „normalen“ DIN A4-Blatt und einer Papierserviette). Zeige mithilfe deiner Papierflieger, dass eine starre Achse für das Fliegen wichtig ist. Ergänze den folgenden Satz:

„Für das Fliegen ist eine starre Körperachse (Rumpf) wichtig, weil...

Auch Vögel besitzen solch einen starren Körperrumpf. Bei Ihnen sind *Brust- und Lendenwirbel* sowie *Beckenknochen* und *Brustkorb* zu einer festen Einheit miteinander verwachsen. Zusätzliche Stützen sind die *Rabenschnabel-* und die *Gabelbeine*.

1. Beschrifte die Abbildung, indem du den Begriffen die passende Nummer aus der Abbildung zuordnest.

Becken	7
Brustbeinkamm	5
Rippen (mit Versteifungsfortsätzen)	6
Halswirbel	3
Schädel (Leichtbauweise)	2
Brustbein	4
Hornschnabel (ohne Zähne)	1



2. Markiere im Vogelskelett jene Teile grün, die sich deutlich vom Skelett eines Hundes (z. B. Fokus BNT 5/6 BW (2015), S. 30; Natura BNT 5/6 BW (2015), S. 29; Biosphäre BNT 5/6 (2015), S. 21; Netzwerk BNT 5/6 BW (2016), S. 177) unterscheiden.
3. Finde mögliche Erklärungen für diese Unterschiede.

Beachte auch Hunde- und Vogelskelett!

Vögel benötigen zum Fliegen einen steifen Rumpf (Rippen mit Versteifungsfortsätzen, Gabelbein und Rabenschnabelbein bilden mit dem großen Schulterblatt und der versteiften Rumpfwirbelsäule eine kompakte Einheit) und grobe Ansatzmöglichkeiten für die Flugmuskeln (Brustbeinkamm).

Guinnessbuch der Rekorde

Flugdauer 29 s
Takuo Toda, Japan
11. April 2009

Flugweite 58.8 m
Tony Flech, USA
21. Mai 1985

Papierfliegerwettbewerb

Material: DIN A4 Papier, Maßband

Denkt daran, dass alle die gleichen Startbedingungen haben müssen. Bestimmt zuvor ein neutrales Schiedsrichterteam!

Viel Erfolg!

Material:

DIN A4-Papier, Papierservietten

4. Bastle Papierflieger (aus einem „normalen“ DIN A4-Blatt und einer Papierserviette). Zeige mithilfe deiner Papierflieger, dass eine starre Achse für das Fliegen wichtig ist. Ergänze den folgenden Satz:

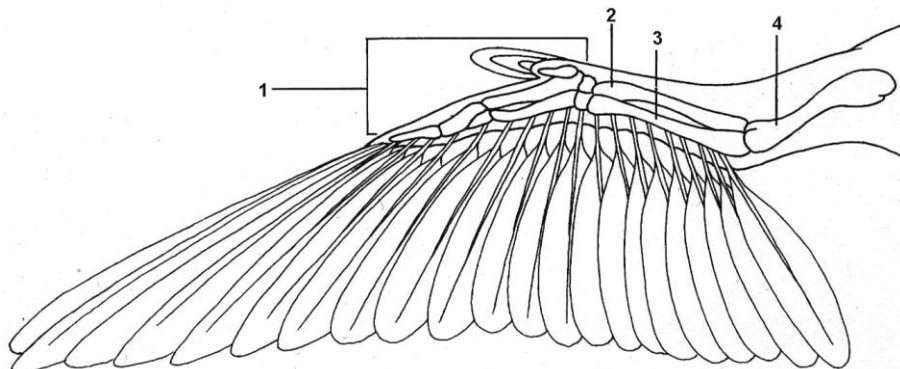
„Für das Fliegen ist eine starre Körperachse (Rumpf) wichtig, weil...

... ansonsten der Vogel kein Widerlager bei der Flugbewegung hätte.

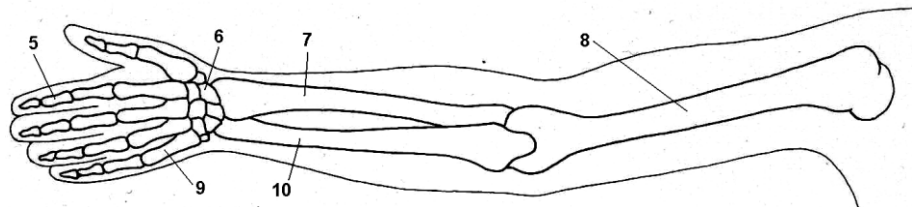
Auch Vögel besitzen solch einen starren Körperrumpf. Bei Ihnen sind Brust- und Lendenwirbel sowie Beckenknochen und Brustkorb zu einer festen Einheit miteinander verwachsen. Zusätzliche Stützen sind die Rabenschnabel- und die Gabelbeine.



Sowohl Vögel als auch Säugetiere (Mensch) gehören zu den Wirbeltieren, da sie eine Wirbelsäule besitzen. Vergleicht man die Skelette unterschiedlicher Landwirbeltiere, erkennt man, dass sie einander sehr ähnlich sehen. Ihnen liegt ein derselbe Grundbauplan zugrunde.



Beachte auch Menschen- und Vogelskelett!

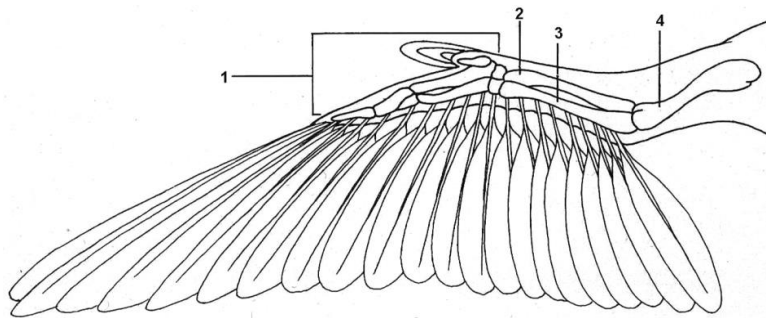


Vogel	Bezeichnung Knochen	Mensch
1		
	Mittelhandknochen	
		10

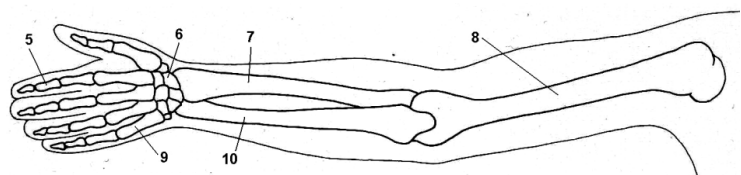
Aufgaben:

1. Nenne die vier anderen Klassen („Großgruppen“) der Wirbeltiere und je einen Vertreter.
2. Benenne die Knochen bzw. Knochengruppen der beiden abgebildeten Vordergliedmaßen von Vogel und Mensch. Ergänze dazu die Tabelle.
3. Kennzeichne die einander entsprechenden Knochen bei Vogel und Mensch in derselben Farbe.
4. Bei aller Ähnlichkeit gibt es auch Unterschiede. Notiere die Unterschiede zwischen den Skeletten der Vordergliedmaßen von Vogel und Mensch.
5. Finde Gründe für diese Unterschiede.

Sowohl Vögel als auch Säugetiere (Mensch) gehören zum Stamm der Wirbeltiere, da sie alle eine Wirbelsäule besitzen. Vergleicht man die Skelette unterschiedlicher Landwirbeltiere, erkennt man, dass sie einander sehr ähnlich sehen. Ihnen liegt ein derselbe Grundbauplan zugrunde.



Beachte auch Menschen- und Vogelskelett!



Vogel	Bezeichnung Knochen	Mensch
1	Fingerknochen	5
1	Mittelhandknochen	9
1	Handwurzelknochen	6
2	Speiche	7
3	Elle	10
4	Oberarmknochen	8

- Nenne die vier anderen Klassen („Großgruppen“) der Wirbeltiere und je einen Vertreter.
- Benenne die Knochen bzw. Knochengruppen der beiden abgebildeten Vordergliedmaßen von Vogel und Mensch. Ergänze dazu die Tabelle.
- Kennzeichne die einander entsprechenden Knochen bei Vogel und Mensch in **derselben Farbe**.
- Bei aller Ähnlichkeit gibt es auch Unterschiede. Notiere die Unterschiede zwischen den Skeletten der Vordergliedmaßen von Vogel und Mensch.

Elle, Speiche und Oberarmknochen verkürzt. Finger-, Mittelhand- und Handwurzelknochen z. T. reduziert (vereinfacht), verwachsen, verlängert (bs. Mittelhand- u. Fingerknochen).

- Finde Gründe für diese Unterschiede.

Die Vogelhand wird zum Teil des Flügels. Einzelne Finger sind nicht nötig. Ausnahme: Daumenfittich.



Vogelflügel sind stets ähnlich aufgebaut. Man gliedert sie, je nachdem welche Knochen im Inneren beteiligt sind, in Armschwinge, Handschwinge und Daumenfittich. Die luftundurchlässige Flügelfläche oder Tragfläche wird vor allem von Schwungfedern gebildet.

Neben den Schwungfedern tragen Vögel unter anderem noch flauschige Daunen als „warme Unterwäsche“ sowie Deck- und Körperfedern, die dem Vogel seine Außenform und sein arttypisches Aussehen verleihen. Zudem helfen sie ihn trocken zu halten. Die Steuerfedern sitzen am Schwanz.

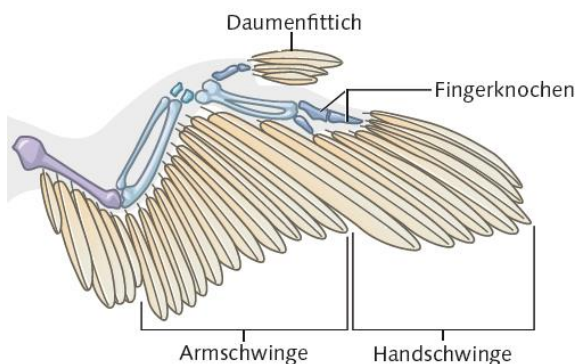


Abb. 1: Vogelflügel

Abgesehen von den Daunen sind die Federn ähnlich aufgebaut: Am langgezogenen Schaft sitzen zur Seite feine Ästchen, die zusammen die Tragflächen bilden. Die schmale Seite ist die Außen-, die breite die Innenfahne. Der Schaft geht in die Spule über, mit der die Feder in der Vogelhaut befestigt ist. Schaft und Spule bilden zusammen den hohlen Kiel.

Alle Federn bestehen wie z. B. die Fingernägel, Krallen und Hufe der Säugetiere aus Hornsubstanz. Diese ist härter als Holz, jedoch leichter und biegsamer als Knochen. Eingelagerte Farbstoffe verleihen den Federn ihre besondere Färbung.

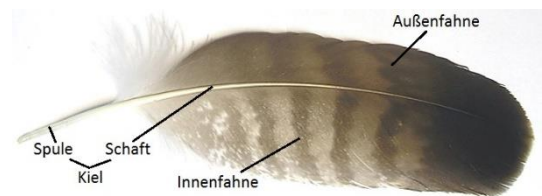


Abb. 2: Deckfeder (Armschwinge)

Material:

- Schwungfedern
- Waage
- Streichhölzer
- Stereolupe
- Pipetten
- Stofftaschentuch
- Papier
- Kerze
- Strohalm
- Schere
- Wattekügelchen
- Holzstäbchen

Aufgaben:

1. Nenne Eigenschaften (Vermutungen), die Schwungfedern erfüllen müssen, damit ein Vogel fliegen kann. Begründe deine Vermutungen, denke dabei an die Vorteile, die der Vogel durch die Eigenschaft gewinnt.
2. Plane Experimente zur Überprüfung der Hypothesen mithilfe der vorgegebenen Materialien.
3. Führe deine Experimente durch und protokolliere.



Knobelaufgabe:

Früher verwendete man zum Schreiben anstatt eines Füllers häufig Federkiele.

- a. Erläutere, warum sich Federn als Schreibgeräte eignen.
- b. Erkläre den Struktur-Funktion-Zusammenhang des hohlen Federkiels für den Vogel.
- c. Fertige mit Hilfe eines scharfen Messers aus einer Schwungfeder deinen eigenen Federkiel zum Schreiben.

Verletzungsgefahr!
Beim Anspitzen eines Federkiels kann dieser splintern.
Schutzbrille tragen!

Deckfeder modifiziert nach: https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Buteo_buteo_primary_secondary.jpg (17.03.2017, 08:46) Urheber: S. Seyfert, [GNU-Lizenz](#), Version 1.2 bzw. CC-Lizenzen „Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 nicht portiert“ und „Namensnennung 2.5 generisch“

Vogelflügel: Fokus BNT 5/6 BW (2016), digitales Unterrichtsmaterial, ISBN 978-3-06-300014-9; Grafik „Aufbau eines Vogelflügels“, Foto „Bau einer Deckfeder“

Federkiel mit Tintenfass: <http://www.publicdomainpictures.net/view-image.php?image=135237&picture=8&jazyk=DE> (28.02.2017, 09:46) Urheber: Bob Williams, [public domain](#), [CC0 1.0 Universal](#)

Um zu zeigen, dass Federn luftundurchlässig sind, benötigst du folgendes Material:

- Schwungfeder
- Kerze
- Streichhölzer
- Strohalm
- Stofftaschentuch

Um zu zeigen, dass Federn wasserabweisend sind, benötigst du folgendes Material:

- Schwungfeder
- Wasser
- Pipette

Um zu zeigen, dass Federn leicht sind, benötigst du folgendes Material:

- Schwungfeder
- Papier
- Schere
- Waage

Material:

- Schwungfeder
- Wasser und Pipette
- Kerze und Streichhölzer
- Strohalm
- Stofftaschentuch
- Papier und Schere
- Waage

Lies zunächst die Versuchsdurchführung und formuliere zu jedem Experiment eine Versuchsfrage. Führe dann die Experimente durch, protokolliere deine Beobachtungen und vergleiche mit den Hypothesen.

Durchführung:

1. Versuche eine brennende Kerze durch eine Schwungfeder hindurch auszublasen. Puste die Luft dabei durch einen Strohalm. Versuche dasselbe durch ein gespanntes Stofftaschentuch.
2. Gib mit einer Pipette ein paar Wassertropfen auf die Federfahne.
3. Vergleiche die Masse einer Feder mit dem von Papier.
(Tipp: Wiege die Feder und zum Vergleich ein entsprechend ausgeschnittenes Papierfeder.)

1. Schwungfedern müssen luftundurchlässig sein. Würden die Schwungfedern Luft durchlassen, wären sie keine gute Tragfläche.
Schwungfedern müssen wasserabweisend sein. Nasse Federn würden die Masse deutlich vergrößern. Der Vogel wäre zu schwer zum Fliegen.
Schwungfedern müssen sehr leicht sein, damit die Gesamtmasse des Vogels gering bleibt.

2. praktische, individuelle Schülerlösungen

3. Experiment 1 (Kerze):

Eine Kerze lässt sich durch ein Stofftaschentuch hindurch auspusten, durch eine Feder hingegen nicht. → Federn sind luftundurchlässig.

Experiment 2 (Wasser):

Tropft man mit einer Pipette Wasser auf eine Feder, perlt das Wasser ab. Die Feder bleibt trocken. → Federn sind wasserabweisend.

Experiment 3 (Papierfeder):

Die Masse einer Feder ist deutlich kleiner als die einer gleich großen Papierfeder. → Federn sind sehr leicht.

Knobelaufgabe:

- a. Federkielen sind innen hohl. Taucht man sie in Tinte, füllt sich ein Teil des Hohlraums mit Tinte, ähnlich einer Tintenpatrone. Führt man die angeschrägte Spule über Papier, fließt die Tinte wieder heraus.
- b. Ein hohler Federkiel ist besonders leicht. Eine geringe Masse erleichtert das Fliegen.

(Weitere, hier nicht erwartete Aspekte, da u. a. an andere Stelle thematisiert: Hohle, luftgefüllte Federn sind gute Isolatoren. Röhren sind elastischer als Stäbe desselben Materials und desselben Durchmessers.)

- c. individuelle, praktische Schülerlösung

Sicherheits-Hinweis:

Beim Anspitzen eines Federkiels kann dieser splintern. Es besteht Verletzungsgefahr! **Schutzbrille** tragen!



Vor allem die Schwungfedern müssen luftundurchlässig sein. Nur so können sie eine Tragfläche bilden mit deren Hilfe sich der Vogel in der Luft halten kann. Erforsche den Aufbau der Schwungfeder:

Material:

Schwungfeder, Stereolupe, Klettverschluss

Aufgaben:

1. Beschrifte die Strukturen 1 – 4 in Abbildung 1.
2. Ziehe die Fahne der Feder zuerst von der Spitze bis zur Spule durch die Finger. Ziehe sie danach in umgekehrter Richtung durch die Finger. Beschreibe jeweils deine Beobachtungen.
3. Erläutere deine Beobachtung:
 - a. Untersuche dazu die aufgerissene Fahne unter einer Stereolupe. Skizziere, was du siehst im Lupenausschnitt in Abbildung 1.
 - b. Kontrolliere die Beschriftungen 1 – 4 und ergänze die Beschriftung der neu eingezeichneten Strukturen mit Hilfe deines Buches.
 - c. Erkläre den Struktur-Funktions-Zusammenhang am Beispiel Haken- und Bogenstrahl.
 - d. Vergleiche mit einem Klettverschluss (Abb. 2).

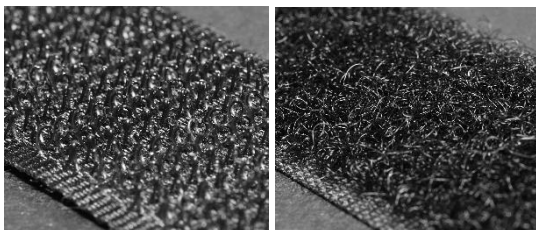
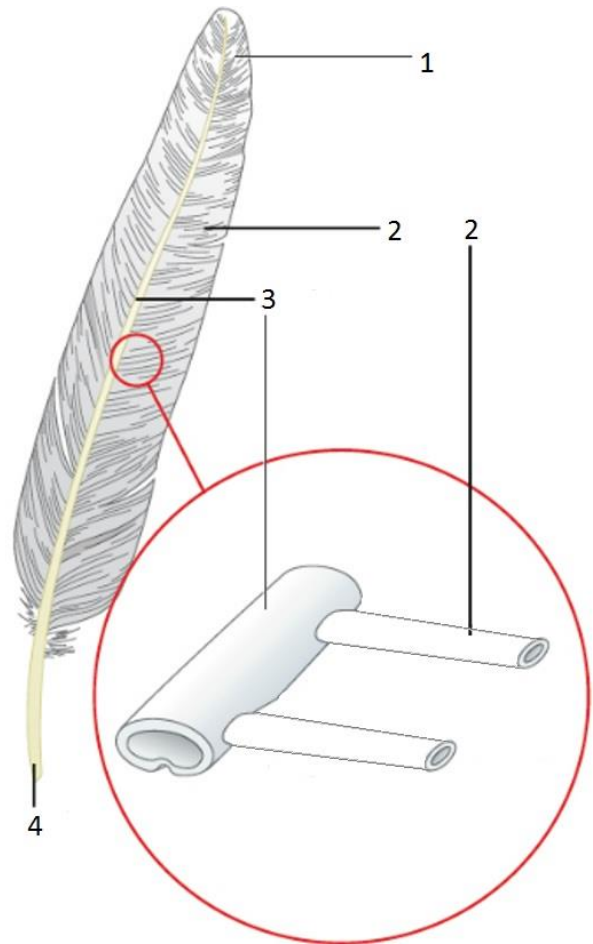


Abb. 2: Klettverschluss

Abb. 1: Aufbau einer Schwungfeder

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

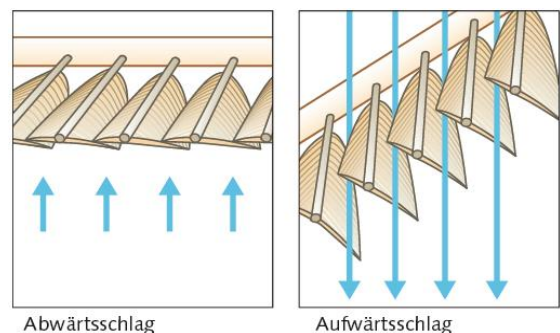
5 _____

6 _____

4. Flügelschlag (Abb. 3)

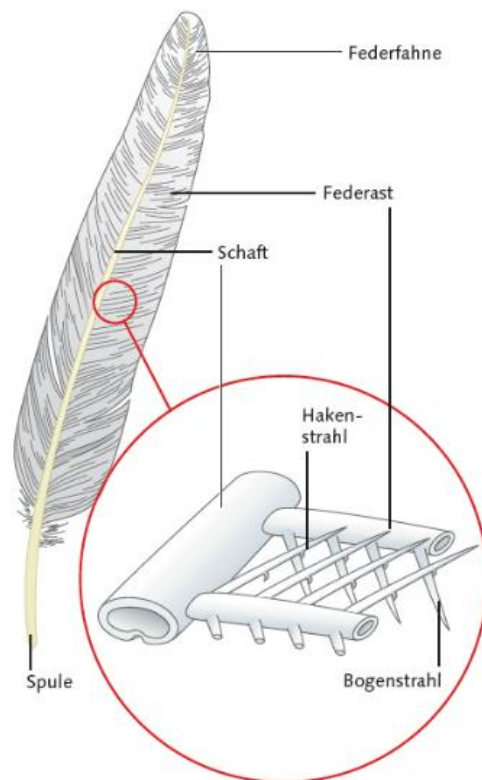
- a. Beschreibe die Stellung der Schwungfedern beim Abwärts- und Aufwärtsschlag des Flügels.
- b. Erkläre die unterschiedliche Stellung der Schwungfedern beim Flügelschlag.

Abb. 3: Stellung der Federn beim Flügelschlag



Schwungfeder: verändert nach: Fokus BNT 5/6 BW (2016), digitales Unterrichtsmaterial, ISBN 978-3-06-300014-9: Grafik „Bau einer Schwungfeder“
Klettband-Haken: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9677034> (28.02.2017, 11:06) CC-Lizenz 3.0 unported, Urheber: Alexander Klink
Klettband-Flausch: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Velcro_Loops.jpg (28.02.2017, 11:18) CC-Lizenz 3.0 unported, Urheber: Alexander Klink
Flügelschlag: Fokus BNT 5/6 BW (2016), digitales Unterrichtsmaterial, ISBN 978-3-06-300014-9: Grafik „Stellung der Schwungfedern beim Abwärts- und Aufwärtsschlag“

1., 3a. und 3b.:



2. Streichrichtung Spitze → Spule:

Ästchen lösen sich voneinander. Federfahne sieht „zerrupft“ aus. Sie bildet keine geschlossene Tragfläche mehr.

Streichrichtung Spule → Spitze:

Ästchen liegen parallel nebeneinander. Sie bilden eine glatte, geschlossene Tragfläche.

3c. Die Haken der Hakenstrahlen halten die Bogenstrahlen fest. Damit werden die nebeneinander liegenden Ästchen miteinander verbunden. Findet dies bei allen Ästchen einer Fahne statt, bildet sich eine stabile, geschlossene Tragfläche. Sie ist selbst für Luft undurchlässig.

3d. Haken- und Bogenstrahlen halten die Ästchen ähnlich zusammen wie bei einem Klettverschluss die Hakenseite die Fadenseite. So kann man z. B. Schuhe verschließen. Beide Teile können jedoch auch wieder voneinander getrennt werden, wie bei der Vogelfeder.

4a. Beim Abwärtsschlag bilden die Fahnen der Schwungfedern eine geschlossene Tragfläche. Beim Aufwärtsschlag hingegen sind die Schwungfedern so gedreht, dass die Luft vorbeigleiten kann.

4b. Beim Aufwärtsschlag kann die Luft nicht durch die geschlossene Tragfläche hindurchgleiten. Der Vogel drückt mit dem Flügel die Luft nach unten weg. Beim Abwärtsschlag ist die Tragfläche nicht geschlossen. Wäre dies nicht so, würde sich der Vogel beim Aufwärtsschlag in der Luft nach unten drücken. Fliegen wäre nicht möglich.



Immer wieder kann man Vögel beobachten, die ohne Flügelschlag scheinbar schwerelos durch die Lüfte gleiten. Bei der Konstruktion von Flugzeug-Tragflächen haben die Ingenieure immer wieder bei den Vogelflügeln abgeschaut: Die Federn der Flügel bilden beim Abwärtsschlag und während des Gleitens durch die Luft eine geschlossene, leicht gewölbte Tragfläche.

Abb. 1: Rotmilan auf Beutesuche

Material:

dickeres Papier, Büroklammern

Aufgaben:

1. Puste wie in Abbildung 2 von vorn über ein gewölbtes Blatt Papier. Bei dickerem Papier kannst du es auf der gegenüberliegenden Seite mit Büroklammern beschweren, damit es sich wölbt.

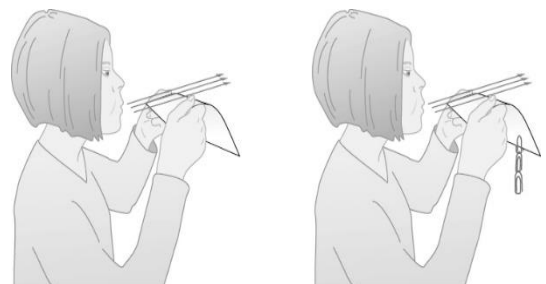


Abb. 2:

2. Notiere deine Beobachtung.

3. Übertrage deine Beobachtung auf den Vogelflügel



Immer wieder kann man Vögel beobachten, die ohne Flügelschlag scheinbar schwerelos durch die Lüfte gleiten. Bei der Konstruktion von Flugzeug-Tragflächen haben die Ingenieure immer wieder bei den Vogelflügeln abgeschaut: Die Federn der Flügel bilden beim Abwärtsschlag und während des Gleitens durch die Luft eine geschlossene, leicht gewölbte Tragfläche.

Abb. 1: Rotmilan auf Beutesuche

Material:

dickeres Papier, Büroklammern

Aufgaben:

1. Puste wie in Abbildung 2 von vorn über ein gewölbtes Blatt Papier. Bei dickerem Papier kannst du es auf der gegenüberliegenden Seite mit Büroklammern beschweren, damit es sich wölbt.
2. Notiere deine Beobachtung.

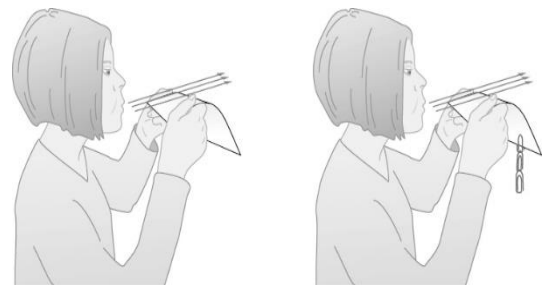


Abb. 2:

Beim Drüberpusten bewegt sich das gewölbte Blatt nach oben.

3. Übertrage deine Beobachtung auf den Vogelflügel

Fliegt ein Vogel, strömt die Luft am ausgebreiteten Flügel von vorn nach hinten vorbei. Wie beim gewölbten Papier erfährt der Flügel und mit ihm der Vogel dadurch einen Auftrieb. Durch die besondere Flügelform kann er beim Fliegen enorm Energie sparen.

Die Übertragung auf den Vogelkörper kann durch ein einfaches **Lehrer-Demonstrationsexperiment** veranschaulicht werden. Dieses kann man mit einer formativen Clicker-Frage verknüpfen.

Material:

- Vogelbalg mit ausgebreiteten Flügeln (**pestizidfrei!**, ggf. Abzug!)
- Tafelwaage (Digitalwaage)
- Föhn (Einstellung Kaltluft)

Clickerfrage:

Beim Anblasen des Vogelmodells beobachtet man, dass die angezeigte Masse ...

- ... zunimmt, da die Masse der Föhn-Luft ebenfalls addiert werden muss.*
- ... gleich bleibt, da der Föhn die vorhandene Luft lediglich durch andere Luft ersetzt. Die Luftmenge über der Waage bleibt gleich und damit auch die Masse.*
- ... nimmt ab, da die vorbeiströmende Luft dem Vogelmodell Auftrieb gibt. Die angezeigte Masse wird daher kleiner, da das Modell die Waage weniger stark belastet.*

Methode Clickerfrage:

- (1) Fragestellung vorstellen
- (2) erste geheime Abstimmung
- (3) Beratung in Partnerarbeit (3 – 5 Minuten)
- (4) zweite geheime Abstimmung
- (5) Auflösung, d. h. in diesem Fall: Versuchsdurchführung

Durchführung:

Anblasen des Vogelbalgs auf der Waage.

Beobachtung:

- Vogel bewegt Tafelwaage nach oben → „geringere“ Masse
- Digitalwaage zeigt geringere Masse an

Deutung:

Durch die Luftströmung erhalten Flügel und Vogel Auftrieb. Das Vogelmodell drückt daher weniger stark auf die Waage. Scheinbar hat das Modell an Masse verloren. (→ Lösung c korrekt)

Problem:

Wechsel des Bezugssystems → Die Masse nimmt durch Auftrieb nur scheinbar ab!



Fotos: Thomas Armbruster, ZPG BNT



Alpendohle

Alpendohlen und viele andere Vögel kann man beobachten, wie sie über großen erwärmten Feldern oder auch an Berghängen ohne Flügelschläge scheinbar mühelos in die Höhe kreisen. Auch viele Zugvögel wie der Weißstorch nutzen diese Energie sparende Flugform.



Weißstorch

Teil 1: Flugformen erforschen

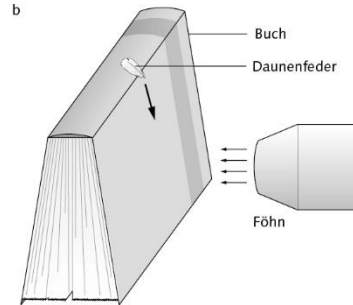
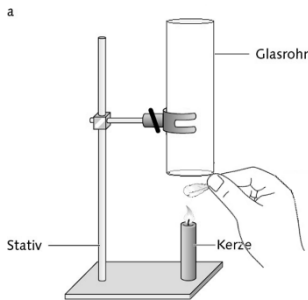
Forscherfrage:

Warum können Vögel über Feldern oder an Berghängen ohne Flügelschlag in der Luft segeln?

Vermutung:

Erwärmte Luft steigt nach oben und so entstehen Aufwinde. Die Vögel erhalten Auftrieb. An Hindernissen wie Bergen wird Wind nach oben umgeleitet, Vögel erhalten ebenfalls Auftrieb.

Versuchsaufbau und Durchführung:



Beobachtungen:

Deutungen:

Antwort auf die Forscherfrage:

Alpendohle: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alpine_Chough_\(Pyrrhocorax_graculus\)_5.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alpine_Chough_(Pyrrhocorax_graculus)_5.JPG) (28.02.2017, 17:16) CC-Lizenz Attribution-ShareAlike 3.0 Unported, Urheber: Ken Billington
 Weißstorch: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ciconia_ciconia_-_01.jpg (28.02.2017, 17:48) CC-Lizenz Attribution-ShareAlike 3.0 Unported; Urheber: Carlos Delgado
 Modellversuche: z. T. modifiziert nach Fokus BNT 5/6 BW (2016), digitales Unterrichtsmaterial, ISBN 978-3-06-300014-9; Grafik „Experimente zum Fliegen S. 3“

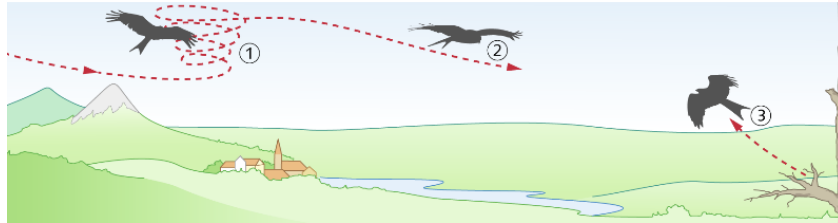


Teil 2: Vergleich von Flugformen

Material: → eingeführtes Lehrbuch

- Biosphäre BNT 5/6 BW (2015), S. 76f.
- Fokus BNT 5/6 BW (2015), S. 202f.

- Natura BNT 5/6 BW (2015), S. 76f.



Flugformen eines Rotmilans

Aufgaben:

1. Vergleiche die Flugformen Ruderflug, Gleitflug und Segelflug mit Hilfe deines Buches.

	Ruderflug	Gleitflug	Segelflug
Flugbahn			
Flügel (Haltung bzw. Be- wegung)			
Auftrieb durch ...			

2. Ordne den Flugphasen 1 – 3 des Rotmilans die passende Flugform zu. Begründe deine Zuordnungen.

- (1) _____
- (2) _____
- (3) _____

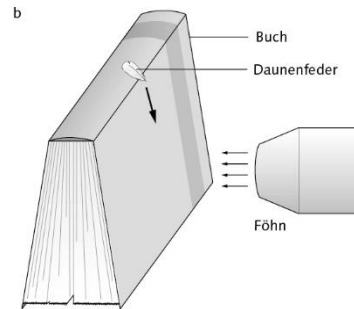
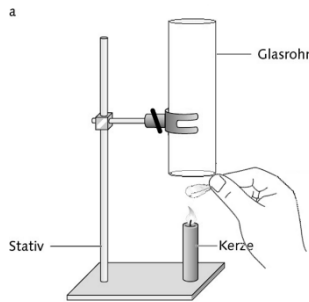
Flugbahnen: Fokus BNT 5/6 BW (2016), digitales Unterrichtsmaterial, ISBN 978-3-06-300014-9: Grafik „Flugbahn eines Rotmilan“

Teil 1: Flugformen erforschen**Forscherfrage:**

Warum können Vögel über Feldern oder an Berghängen ohne Flügelschlag in der Luft segeln?

Vermutung:

Erwärmte Luft steigt nach oben und so entstehen Aufwinde. Die Vögel erhalten Auftrieb. An Hindernissen wie Bergen wird Wind nach oben umgeleitet, Vögel erhalten ebenfalls Auftrieb.

Versuchsaufbau und Durchführung:**Beobachtungen:**

Die Feder steigt auf und schwebt dann.

Die Feder fällt nicht vom Buchrücken.
Vielmehr schwebt sie und steigt nach oben.

Deutungen:

Warme Luft steigt auf. Sie kann die Feder nach oben tragen bzw. auf einer Höhe halten.

Trifft ein Luftstrom auf ein Hindernis, dann wird er abgelenkt. Im Experiment wird die Luft nach oben und zur Seite umgelenkt. Die abgelenkte Luft trägt die Feder mit, hier nach oben.

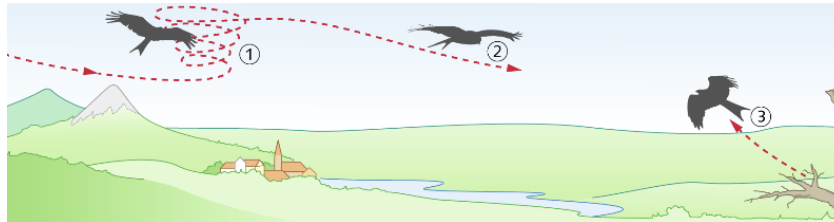
Antwort auf die Forscherfrage:

Warme Oberflächen erwärmen die Luft darüber. Diese erwärmte Luft steigt auf. Es entstehen sogenannte Auf(wärts)winde. An Hindernissen, z. B. Waldrändern oder Berghängen, werden Winde (nach oben) umgeleitet. Vögel erhalten in beiden Situationen durch die aufsteigende Luft Auftrieb.

Teil 2: Vergleich von Flugformen**Material:** → eingeführtes Lehrbuch

- Biosphäre BNT 5/6 BW (2015), S. 76f.
- Fokus BNT 5/6 BW (2015), S. 202f.

- Natura BNT 5/6 BW (2015), S. 76f.



Flugformen eines Rotmilans

Aufgaben:

1. Vergleiche die Flugformen Ruderflug, Gleitflug und Segelflug mit Hilfe deines Buches.

	Ruderflug	Gleitflug	Segelflug
Flugbahn	auf einer Ebene oder aufsteigend	langsameres Absinken	Aufsteigen, meist in weiten Kreisen (Spiralform)
Flügel (Haltung bzw. Bewegung)	Wechsel von Auf- und Abwärtsschlag	Flügel ausgebreitet, kein Auf- und Abwärtsschlag, große Flügelfläche von Vorteil	Flügel ausgebreitet, kein Auf- und Abwärtsschlag, große Flügelfläche von Vorteil
Auftrieb durch ...	Beim Abwärtsschlag drückt der Vogel die Luft unter dem Flügel nach unten und hinten weg. Daraus ergibt sich ein Auf- und Vortrieb. Durch den Vortrieb strömt Luft am Flügel von vorn nach hinten vorbei. Diese Luftströmung bewirkt zusammen mit der gewölbten Flügelform einen zusätzlichen Auftrieb.	Der Vogel bewegt sich nach vorn. Dabei strömt Luft am Flügel von vorn nach hinten vorbei. Diese Luftströmung bewirkt zusammen mit der gewölbten Flügelform einen Auftrieb.	Die aufsteigende erwärmte Luft oder durch Hindernisse abgelenkte Luft trifft von unten auf die ausgebreiteten Flügel und bewirkt einen Auftrieb. Der Vogel bewegt sich zudem nach vorn. Dabei strömt Luft am Flügel von vorn nach hinten vorbei. Diese Luftströmung bewirkt zusammen mit der gewölbten Flügelform einen Auftrieb.

2. Ordne den Flugphasen 1 – 3 des Rotmilans die passende Flugform zu. Begründe deine Zuordnungen.

- (1) Segelflug, da die Flugbahn über einer Bergflanke spiralförmig nach oben zeigt.
- (2) Gleitflug, da die Flugbahn langsam absinkt.
- (3) Ruderflug, da der Vogel vom Ast aus startet und rasch an Höhe gewinnen muss.