



Von Früchten und Samen das Fliegen lernen

Ein Praxishandbuch zur Bionik für Menschen ab acht

Von Früchten und Samen das Fliegen lernen

Ein Praxishandbuch zur Bionik für Menschen ab acht

Impressum

Von Früchten und Samen das Fliegen lernen

Ein Praxishandbuch zur Bionik für Menschen ab acht

Herausgeberin

Baden-Württemberg Stiftung gGmbH

Verantwortlich

Rudi Beer

Text

Ute Wiegel, Andreas Martens

Redaktion

Irene Purschke

Bildmaterial

siehe Bildquellenverzeichnis S. 85f

Konzeption und Gestaltung

srp. Werbeagentur, Freiburg

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wurde bei allen Personen bezogenen Bezeichnungen die männliche Form verwendet

© Oktober 2012, Stuttgart

ISBN 978-3-00-039174-3

Inhalt

Vorwort der Baden-Württemberg Stiftung	6
Ideenkasten Bionik: Informationen zum Projekt	7
Einführung	8
Info 1 Von Früchten und Samen das Fliegen lernen	10
Info 2 Warum Bionik und wie funktioniert sie?	12
Probiere es selbst Wie lernt man von Früchten und Samen?	13
1. Schritt Fragestellung und Erfindungsziel	14
2. Schritt Suche nach möglichen Vorbildern	15
3. Schritt Die ausgewählten Gegenstände werden gründlich untersucht	16
Beobachtungen an der „fliegenden“ Frucht,	
am „fliegenden“ Samen	17
Bau des Samens / der Frucht und die Aufgaben ihrer Bauteile	18
Maßnahmen! Wie groß ist dein Flugobjekt?	19
Experimente zur Flugdauer und zur Fluggeschwindigkeit	20
Experimente zur Flugweite	21
Bestimmung der Gleitzahl	22
Experimente zur Tragfähigkeit	23
Bestimmung der Flächenbelastung	24
Zusammenfassung der Ergebnisse	25
4. Schritt Übertragen der gewonnenen Erkenntnisse	
in ein technisches Funktionsmodell	26
Versuch's auch mit anderen Früchten	27
Veränderungs- und Variationsmethode	28
5. Schritt Entwerfen einer Erfindung	29
Info 3 Warum fliegen Früchte und Samen?	30
Info 4 Wie fliegen Tiere, Früchte und Samen?	31
Info 5 Flug der Ahornfrucht	32
Info 6 Aufbau der Ahornfrucht	33
Info 7 Flug der Löwenzahnfrucht	34
Info 8 Aufbau der Löwenzahnfrucht	35

Info 9	Bestimmung der Sinkgeschwindigkeit	36
Info 10	Warum fliegt etwas?	37
Experiment 1	Strömungen an Flächen	38
Experiment 2	Zaubern mit Tischtennisball und Luftballon	39
Info 11.1	Die Auftriebskraft	40
Info 11.2	Wirbelbildung und Auftrieb	41
Info 12	Der Ahornflügel und die Flügel von Tieren	42
Fliegertypen in der Pflanzenwelt	I. Haarflieger	45
	II. Flügelflieger	64
	III. Ballonflieger	81

Anhang

Versuchsprotokolle	82
Vertiefende Literatur	92
Bildquellen	93

Das Praxishandbuch ist gegliedert in:

Info	Sachinformationen
Probiere es selbst	Praxisanleitungen
Experiment	Physikalische Experimente
Fliegertypen	Sachinformationen
Versuchsprotokolle	Anhang

Liebe Leserin, lieber Leser,

die Baden-Württemberg Stiftung engagiert sich in vielfältiger Weise für Bildungsmaßnahmen und setzt gerade an der Schnittstelle zu Naturwissenschaft und Technik einen Schwerpunkt ihrer Aktivitäten. Es ist uns ein besonderes Anliegen, Kindern und Jugendlichen Themen aus dem Bereich der so genannten MINT (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft, Technik)-Fächer näher zu bringen und sie dafür zu begeistern.

Wie spannend Naturwissenschaft und Technik vermittelt werden können, zeigte das Programm „MINT-Box“: Hier wurden unterschiedliche Experimentiersysteme bzw. „-boxen“ entwickelt, die nun von interessierten Lehrern und Erziehern ausgeliehen werden können.

Neben Experimentierboxen zur Astronomie oder regenerativen Energien entstand in diesem Programm auch ein Ideenkoffer zur Bionik. Das hoch interessante Wissenschaftsgebiet der Bionik verbindet Biologie und Technik. Es versteht die Natur als Erfinderin von umweltverträglichen Technologien und überträgt biologische Wirkmechanismen auf technische Lösungsansätze. Dieses aktuelle Forschungsthema wird in der Ideenkiste am Beispiel des Flugverhaltens von Früchten aufgearbeitet und durch Experimente anschaulich gemacht.



Christoph Dahl
Geschäftsführer
Baden-Württemberg Stiftung



Rudi Beer
Abteilungsleiter Forschung
Baden-Württemberg Stiftung

Die Baden-Württemberg Stiftung möchte mit dem vorliegenden Praxishandbuch dazu beitragen, einem breiten Kreis an Interessierten einen Einblick in die Bionik und deren Methodik zu geben und zum Experimentieren, Ausprobieren sowie zum gemeinsamen Lernen anregen. Dabei und bei der Lektüre des Praxishandbuchs wünschen wir Ihnen und allen Kindern viel Vergnügen!

Christoph Dahl

Rudi Beer

Ideenkasten Bionik: Informationen zum Projekt

Im Rahmen des Programms MINT-Box förderte die Baden-Württemberg Stiftung unter anderem das Projekt „**Ideenkasten Bionik**“. Dadurch konnte ein Experimentierset zum Thema Bionik erstellt werden. Im Fokus steht dabei das Flugverhalten von Früchten und Samen und die Übertragung auf technische Fragestellungen. Der Ideenkasten Bionik kann von der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe ausgeliehen werden.



Der Ideenkasten Bionik beinhaltet:

- ca. 30 Beispiele flugfähiger Früchte und Samen
- Vitrine mit Vergleichsobjekten: Vogel, Käfer, Libelle, Fliege, Ahornflügel
- Laptop, Scanner, Drucker, Digitalkamera
- Fallturm
- Waage
- Föhn, Aerometer
- Lupen, Präparierbesteck
- Bastel- und Zeichenbedarf
- und vieles andere mehr

Dieses Praxishandbuch wurde aufgelegt, um das Forschen zur Bionik auch unabhängig von dem Ideenkasten zu ermöglichen. Für ein Bionik Projekt gemeinsam mit Kindern ist es daher nicht erforderlich, auf den Ideenkasten zurückzugreifen. Das vorliegende Handbuch enthält alle für Lehrkräfte und Kursleiter notwendigen Informationen und Anleitungen für Bionik Projekte dieser Art.

Einführung

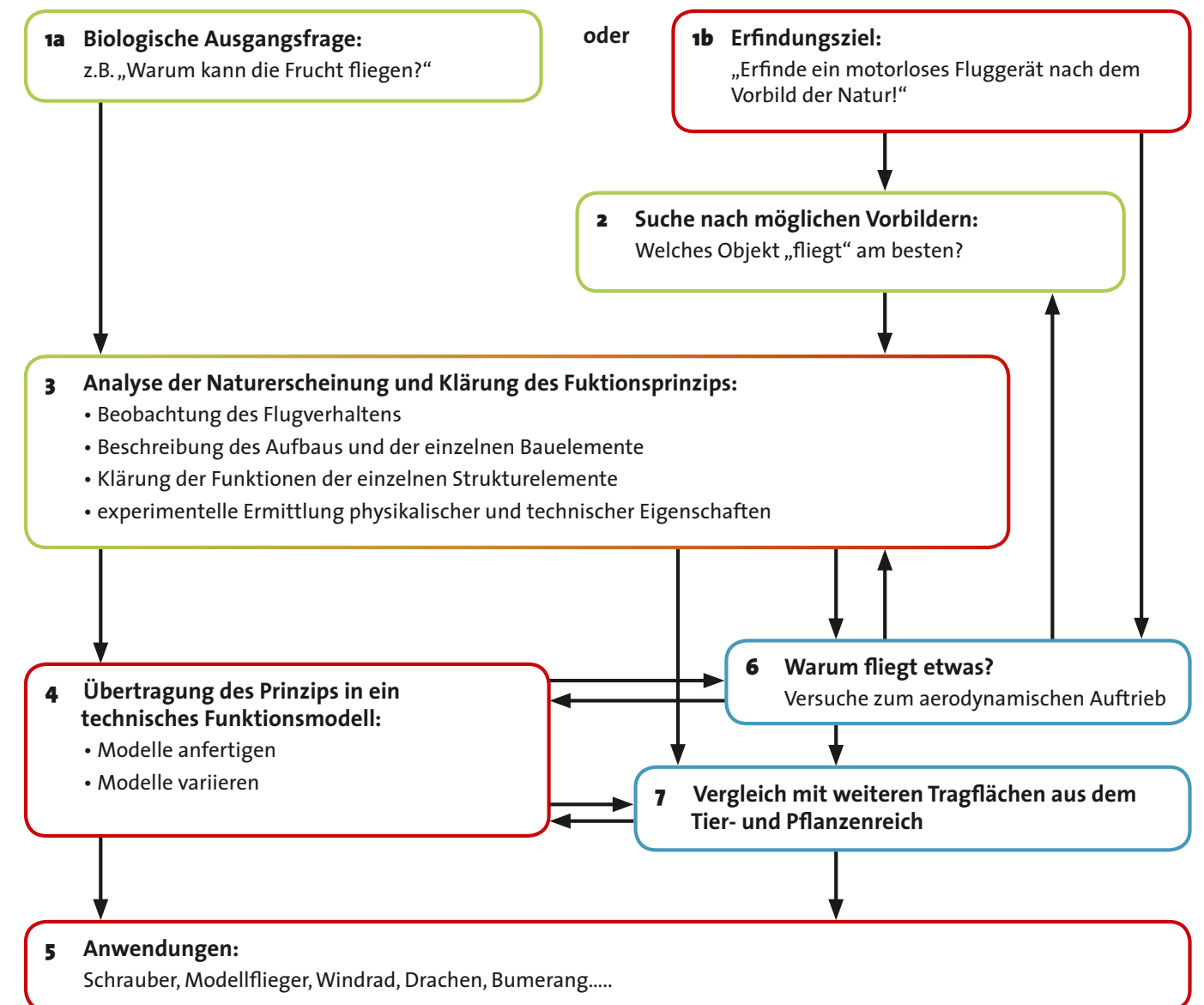
Die Idee für das Thema „Von Früchten und Samen das Fliegen lernen“ gründet auf einem Workshop mit 12- bis 15-jährigen Mädchen. Impulse lieferten auch die Designerin Anna Coels und der Technikdidaktiker Professor Bernd Hill. Der Workshop war bestimmt von der Lust am ergebnisoffenen Forschen und Ausprobieren, sowie der Freude am Gestalten und Erfinden. Daher soll diese Publikation in erster Linie dazu ermuntern, sich auf die Neugier und Kreativität von Kindern und Jugendlichen einzulassen und gemeinsam mit ihnen zu forschen und technisch zu entwickeln.

Das Praxishandbuch vermittelt einen Weg, von der Natur zu lernen, der die Arbeitsweise der Bionik in Grundzügen nachvollzieht. Forschen wird verstanden als ein vernünftiges und systematisches Tun, um auf Fragen Antworten zu finden. Bestimmte Vorkenntnisse sind nicht erforderlich. KursteilnehmerInnen jeden Alters, KursleiterInnen, Fachleute und andere Betreuungspersonen bringen ihren Erfahrungsschatz in den Prozess ein, gelernt wird miteinander und von einander. In der üblichen Schulsituation wird nach Plan von der Fragestellung zum Ergebnis geführt. Diese Publikation zeigt hingegen auf, mit welchen Objekten, Materialien und Geräten experimentiert werden kann, welche Ergebnisse dabei zu erwarten sind. Sie will vor allem Anstöße geben, in ähnlicher Weise auch anderes auszuprobieren. Das Forschen und Entwickeln ist mit einfachster Ausrüstung möglich, aber auch in einem gut ausgestatteten Labor. Hinweise auf Geräte und Arbeitsmaterial finden sich bei den einzelnen Anleitungen.

Die Anleitungs- und Informationstexte wenden sich in direkter Ansprache an Kinder und Jugendliche ab einem Alter von etwa acht Jahren. Daher können auch naturwissenschaftlich ungeübte KursleiterInnen mit den angebotenen Informationen ein Projekt vorbereiten und besonders auch jüngere Kinder anleiten.

Die folgende Übersicht über die einzelnen Arbeitsschritte bietet die Möglichkeit, Bausteine auszuwählen und damit Art und Umfang eines Projekts selbst zu bestimmen: Das gesamte Angebot ist in 6–8 jeweils etwa zweistündigen Einheiten durchführbar, aber auch durchgängig in halb- bis mehrtägigen Projekten. Einzelne Schritte können dabei erweitert und vertieft werden. Das Minimum wäre eine mindestens zweistündige Veranstaltung, die relativ eng geführt (z.B. in Form von Stationen) die Grundzüge bionischen Arbeitens vermittelt. Die Bausteine 1, 2, 3, 4 und 5 bauen aufeinander auf. Bausteine 6 und 7 liefern zusätzliche Informationen, ergänzen und vertiefen die zentralen Arbeitsschritte. Aus den vorgeschlagenen Methoden für die Analyse der Naturerscheinung können die für die Fragestellung geeigneten ausgewählt werden.

Übersicht über Arbeitsschritte und die Möglichkeiten, den Projektverlauf zu planen



In der Bionik arbeiten Fachleute aus Biologie und Technik zusammen. Die Arbeitsbereiche der Biologen sind grün, die der Ingenieure rot umrandet. Die blauen Rahmen kennzeichnen optionale Arbeitsschritte.

Von Früchten und Samen das Fliegen lernen

Von Früchten und Samen das Fliegen lernen

Dieses Handbuch stellt dir die Natur unter dem Motto „**Von Früchten und Samen das Fliegen lernen**“ als kluge Ingenieurin vor, von der wir vieles lernen können. Sie muss nämlich ganz ähnliche Probleme lösen wie wir. Doch anders als wir Menschen geht die Natur seit Millionen von Jahren äußerst sparsam mit Material und Energie um. Und sie produziert keinen Müll. Alles, was nicht mehr gebraucht wird, wird wieder verwertet. Seit es Menschen gibt, hat die Natur unsere Fantasie angeregt und unseren Erfindungsgeist beflügelt. Moderne Bioniker erforschen die Problemlösungen der Natur mit wissenschaftlichen Methoden und finden dabei Techniken, die auch uns das Leben erleichtern können.

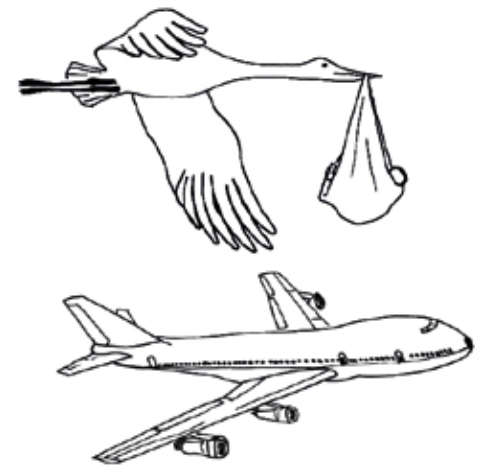
Die aktuelle Bionik-Begeisterung bringt eine Fülle immer neuer nach dem Vorbild der Natur entwickelter Erfindungen hervor. Und so wird die Bionik wahrscheinlich auch für dich interessante berufliche Chancen bereit halten.

Nicht nur von Vögeln, Fledermäusen oder Gleithörnchen, sondern auch von einer großen Anzahl von flugfähigen **Früchten** und **Samen** können wir lernen. So gibt es unter ihnen Schraubenflieger, Gleitflieger, Schirmflieger und viele andere, die Pate stehen können für originelle und funktionsfähige Fliegermodelle.

Dieses Heft will ein Leitfaden sein, an dem du dich orientieren kannst. Es will dich anregen, auch auf eigene Faust an und mit anderen Objekten zu forschen und für die Verwirklichung deiner Ideen selbst auf die Suche nach geeigneten Materialien zu gehen.

Los geht's und viel Spaß!

Info 1



Der Storch bringt nicht nur Babies. Die Flügelform brachte auch die Entwicklung von Flugzeugen voran.



Die Sage von Ikarus und Dädalus stellt uns die beiden als Bioniker vor.



Der Schlaufenflügler ist das Ergebnis der bionischen Weiterentwicklung von Flugzeugtragflächen. Vorbild sind die gespreizten Handschwingen großer Vögel.

Info 2

Professor Werner Nachtigall formuliert es so:

„Bionik = Lernen von den Konstruktions-, Verfahrens- und Entwicklungsprinzipien der Natur für eine positivere Vernetzung von Mensch, Umwelt und Technik.“



Flugsaurier sind mit ihren Flügeln nicht nur geflogen, sondern regelten über die Flughaut auch ihren Wärmehaushalt.

Warum Bionik und wie funktioniert sie?

Bionik heißt: Lernen von der Natur für die Verbesserung der Technik. Gemeint ist damit nicht, alles immer schneller und größer zu machen. Das Ziel der modernen Bionik ist eine Technik, die Rohstoffe und Energie spart, und Umwelt und Natur schont.

Lebewesen besitzen Eigenschaften, die für die Technik von großem Interesse sind. So erfüllt ein Organ in der Regel mehrere Aufgaben, natürliche Leichtbaukonstruktionen sparen Material und Energie. Lebewesen reparieren sich selbst und nutzen die Sonne als Energiequelle. Sie verursachen keinen Müll, sind vollständig abbaubar und wiederverwertbar.

Wie von der Natur gelernt werden kann, zeigt die Erfindung des Hängegleiters von Otto Lilienthal (1848 – 1896), einem Wegbereiter der modernen Flugzeugtechnik.

Das Schema kann aus urheberrechtlichen Gründen nicht gezeigt werden.

"Der Bionische Denk- und Handlungsprozess" aus:
Natur - Mensch - Technik. Bionik - Lernen von der Natur,
Duden Paetec, Berlin 2006, S.12

Otto Lilienthal träumte davon, ein Fluggerät für Menschen zu entwickeln. Er versuchte dafür, dem Geheimnis der Vögel auf die Spur zu kommen:

- 1) Warum bleiben die großen und schweren Störche in der Luft und legen weite Strecken auch ohne Flügelschlag zurück?
- 2) Lilienthal untersuchte den Aufbau des Vogelkörpers und erkannte die Bedeutung der gewölbten Flügelform für den Auftrieb, die Kraft, die den Vogel in der Luft hält.
- 3) Seine Erklärung: Ein in einem Luftstrom befindlicher gewölbter Flügel erfährt eine Auftriebskraft, die das Gewicht des Vogels verringert.
- 4) Er experimentierte mit vielen Varianten des Flügelprofils und näherte sich schrittweise der besten Lösung für eine Tragfläche.
- 5) Das Konstruktionsmodell der Tragfläche wurde zum Gleitflugapparat weiter entwickelt.
- 6) In zahlreichen Flugversuchen wurde der Hängegleiter verbessert.

Wie lernt man von Früchten und Samen?

Beim Erfinden nach dem Vorbild der Natur gehst du ähnlich vor wie professionelle Forscher und Entwicklungsingenieure.

Wie diese kannst du mit folgenden **Schritten** technische Probleme mit Hilfe von Naturvorbildern lösen:

Schritt 1 **Formulierung der Fragestellung oder Festlegen des Erfindungsziels**

Schritt 2 **Suche nach möglichen Vorbildern**

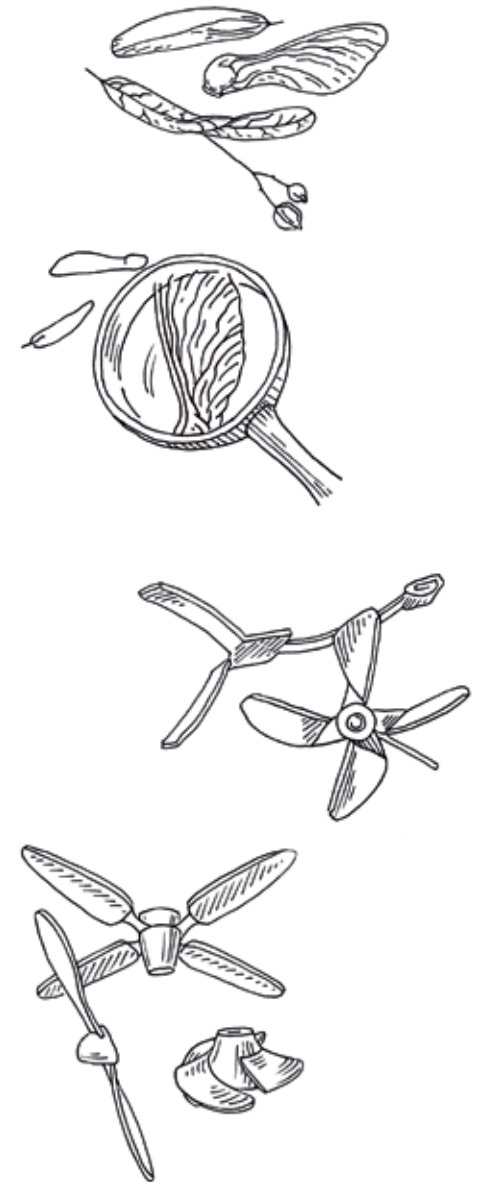
Schritt 3 **Die ausgewählten Gegenstände werden gründlich untersucht**

Schritt 4 **Übertragen der gewonnenen Erkenntnisse in ein technisches Funktionsmodell**

Schritt 5 **Umsetzung des technischen Prinzips in eine Anwendung – Entwerfen einer Erfindung**

Probiere es selbst

Welcher Propellerflieger fliegt am besten?



Probiere es selbst

Schritt 1a und 1b

Fragestellung und Erfindungsziel

- >> Was möchtest du entwickeln?
- >> Welche technischen Funktionen muss die Erfindung erfüllen?

Du könntest z.B. ein motorloses Fluggerät entwickeln, das ohne eigenen Krafteinsatz fliegt.

Wenn du einen neuen Fallschirm erfinden willst, dann geht es darum, den freien Fall abzubremsen. Wie stark der Fall gebremst werden muss, hängt davon ab, was der Fallschirm tragen soll. So kann in einem Katastrophengebiet ein Packen Decken schneller fallen und mit höherer Geschwindigkeit aufschlagen, als z.B. der Notarzt.

Du kannst aber auch wie die Biologen beginnen: z.B. mit der Ausgangsfrage: „Wie fliegen die Früchte des Ahornbaums, der Linde, der Kratzdistel...?“

Dieses Vorgehen nennen Ingenieure Bottom-up-Prozess: Der Weg von unten nach oben – vom Naturobjekt zur technischen Neuerung. Dabei kann man nicht sicher sein, ob überhaupt etwas Brauchbares dabei herauskommt. Das „bionische Erfinden“ auf diesem Weg kann lange dauern, überrascht jedoch manchmal mit völlig neuen technischen Lösungen.

Viel häufiger bekommen Bioniker einen bestimmten Entwicklungsauftrag. Dann wird entsprechend einem Top-down-Prozess vom Entwicklungsziel ausgegangen und dafür ein geeignetes Naturvorbild gesucht.

Schritt 2

Suche nach möglichen Vorbildern

Dabei können folgende Fragen hilfreich sein:

- >> Wie wird das Problem des Fliegens ohne aktiven Antrieb in der Natur gelöst?
- >> Welche Flugbewegungen der Früchte und Samen kommen deinem Entwicklungsvorhaben am nächsten?

Suche in der Natur flugfähige Früchte oder Samen.

Unter **Info 4, S. 31** oder auch im Anhang „**Fliegertypen in der Pflanzenwelt**“ findest du Hinweise.

Als mögliches Vorbild für das **motorlose Fluggerät** findest du unter den Flügelfliegern zahlreiche Beispiele unterschiedlicher Fliegertypen. Die Ahornfrucht, ein Propellerflieger, ist einfach zu untersuchen. Wer das Glück hat, einen Zanoniasamen zu bekommen, kann mit dem besten pflanzlichen Gleiter experimentieren! Erfahrene oder Mutige wählen auch andere Untersuchungsobjekte!

Für das **Prinzip „Fallschirm“** kannst du aus einer Fülle verschiedener **Haarflieger** mögliche Vorbilder auswählen. Für den Anfang sind Löwenzahn- oder Wiesenbocksbartfrüchte am besten geeignet.

Probiere es selbst

Probiere es selbst

Schritt 3

Die ausgewählten Gegenstände werden gründlich untersucht

Wenn wir von der Natur für die Entwicklung technischer Fluggeräte lernen wollen, sollten wir die als Vorbild infrage kommenden Früchte und Samen genau erforschen.

Was alles könntest du untersuchen?

Mit dem Ideenkasten Bionik, aber auch unabhängig davon kannst du dir auf verschiedenen Wegen Informationen über die natürlichen Vorbilder erarbeiten.

Du kannst:

- >> **das Flugverhalten und dessen Besonderheiten beobachten und beschreiben;** **Probiere es selbst, S. 17**
- >> **den Aufbau des Objekts untersuchen und die Aufgaben der einzelnen Bauteile ermitteln;** **Probiere es selbst, S. 18**
- >> **physikalische und technische Eigenschaften bestimmen** **Probiere es selbst, S. 19**
- >> **die Flugleistungen deines „Fliegers“ mit Hilfe von Experimenten genauer bestimmen;** **Probiere es selbst, S. 20**

Die Reihenfolge dieser Untersuchungen kannst du frei wählen.

Beobachtungen an der „fliegenden“ Frucht, am „fliegenden“ Samen

Lass eine Frucht oder einen Samen aus etwa drei Metern Höhe so fallen, wie sie vermutlich vom Baum fallen.

- >> **Wie genau bewegt sich die Frucht in der Luft?**
- >> **Welcher Teil des „Fliegers“ ist oben, welcher unten?**
- >> **Dreht sich das Objekt im Flug?**
- >> **Welche Flugbahn beschreibt es?**
- >> **„Fliegt“ es weit weg oder fällt es einfach herunter?**

Dokumentiere deine Beobachtungen des Flugverhaltens!

Notiere alles, was du beobachtest, so anschaulich wie möglich mit Skizzen, Zeichnungen und treffenden Worten. Du kannst den Flug auch fotografieren oder filmen.

Wenn nötig nimm **Versuchsprotokoll 1** zu Hilfe sowie **Info 5, S. 32**, **Info 6, S. 33**, **Info 8, S. 35**.

Du brauchst dafür:
Leiter, Tisch oder Treppenhaus,
Zollstock, Zeichenpapier, Bleistift,
eventuell eine Digitalkamera

Weitere Informationen im Kapitel „**Fliegertypen in der Pflanzenwelt**“.

Probiere es selbst



Für die Beobachtung des Fluges muss die Fallhöhe so gewählt werden, dass sich das charakteristische Flugverhalten einstellen kann: „Propellern“, Trudeln, Gleiten ...



Die Drehrichtung der Ahornfrucht ist kurz vor der Landung am besten zu erkennen. Lege ein Blatt Papier unter die landende Frucht und zeichne sie nach. Markiere dann mit Pfeilen die Drehrichtung.

Probiere es selbst



Wie fliegt die Ahorn-Doppelfrucht? Oder eine entgegengesetzt zusammengeklebte Doppelfrucht? Ermittle die Drehrichtung der beiden Einzelfrüchte!



Klebestelle: →
Klebe sie etwas
gegenseinander
versetzt zusammen.

Bau des Samens / der Frucht und die Aufgaben ihrer Bauteile

- >> Zeichne das Objekt möglichst genau und benenne die Teile.
- >> Wozu dienen die einzelnen Bauelemente des Objekts?
- >> Wenn nötig, nimm **Versuchsprotokoll 2** zu Hilfe

Wie bekommst du heraus, welche Aufgaben die einzelnen Bauelemente im Flieger haben?

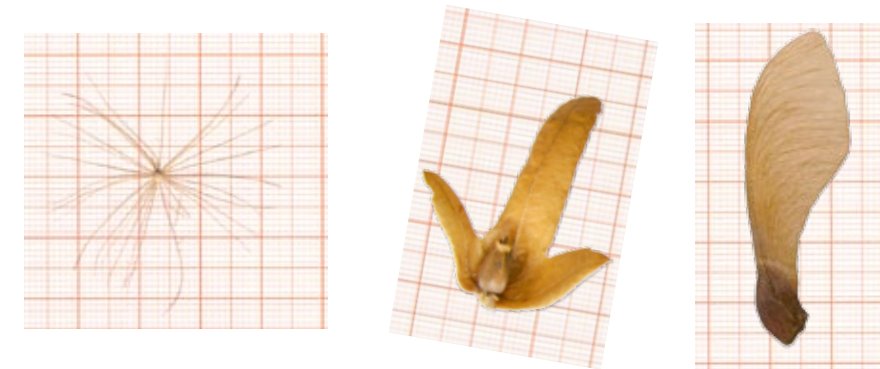
Probiere aus, wie sich das Flugverhalten ändert, wenn du Teile des „Fliegers“ abschneidest. Dokumentiere deine Beobachtungen!



Maßnahmen! Wie groß ist dein Flugobjekt?

- >> Trage Länge, Breite oder den Durchmesser, sowie die Größe der tragenden Fläche in eine Tabelle ein.

Ermittle die Größe der tragenden Fläche eines Flügels, indem du seinen Umriss auf Millimeterpapier überträgst. Die Anzahl der umfahrenden Kästchen sind die Quadratmillimeter [mm²] der tragenden Fläche.



Probiere es selbst

Du brauchst dafür:
Millimeterpapier, Bleistift

Pflanzenart	Länge	Breite	bei Schirmchen- fliegern: Durchmesser (mm)	tragende Fläche (mm ²)
Ahorn				
Hainbuche				
Wiesenbocks- bart				

Ermittle den Schwerpunkt des „Fliegers“.

Lege das Objekt auf die scharfe Kante eines Lineals und versuche es ins Gleichgewicht zu bringen. Der Schwerpunkt liegt dann in gerader Linie über der Kontaktstelle. Noch genauer wird die Bestimmung des Schwerpunktes, wenn du das Objekt auf die Spitze eines Zahnstochers legst.

Du brauchst hierfür etwas Geduld! Wiederhole deine Messung zur Sicherheit.

Probiere es selbst

Experimente zur Flugdauer und Fluggeschwindigkeit

Von dem zu erfindenden Fluggerät – ob Fallschirm, Propeller- oder Segelflieger – wird erwartet, dass es sich lange in der Luft halten und eine Last tragen kann.

>> **Welcher Same oder welche Frucht bleiben vermutlich am längsten in der Luft? Warum?**

Prüfe dies nach!

Die folgenden Versuche führt man am besten zu zweit oder zu dritt durch.

Für Versuche mit kleinen **Haarfliegern** stellst du den **Fallturm** aus dem Ideenkasten Bionik auf oder stellst selbst einen her. Damit vermeidest du störende seitliche Luftströmungen. Markiere die Fallhöhe von genau einem Meter. Starte den Sinkflug, indem du das Objekt über dem Fallturm fallen lässt. Wenn es die Markierung passiert, beginne die Zeit zu nehmen, bis es den Boden erreicht hat.

Führe mit jedem Objekt 10 Messungen durch und bilde den **Mittelwert** der **Fallzeiten**.

Gut geeignet ist auch ein Glasrohr mit einem Durchmesser von 8 – 10 cm.

Schraubenflieger und größere Haarflieger sollten aus mindestens drei Metern Höhe abgeworfen werden. Stoppt die Zeit vom Abwurf bis zur Berührung des Bodens und tragt die Messergebnisse in eine Tabelle ein. Führt jedesmal 10 Messungen pro Objekt durch und bestimmt die durchschnittliche Fallzeit.

Berechne aus den Messungen die Sinkgeschwindigkeit.

Tragt alle Ergebnisse in eine Tabellen ein oder verwendet die **Info 9, S. 36**

Experimente zur Flugweite

>> **Wähle verschiedene Fliegertypen aus:
Was meinst du, welcher „Flieger“ legt die längste Strecke zurück?**

Prüfe nach!

Lass die Flugfrüchte und Flugsamen aus etwa 3 Metern Höhe fallen. Miss dann am Boden den Abstand des Landeplatzes von der Abflugstelle. Führe 10 Versuche für jedes Objekt durch und berechne den Durchschnittswert.

Wie viele Meter ein Fluggerät in stiller Luft in waagerechter Richtung gleitet, während es einen Meter Flughöhe verliert, ist ein weiteres Maß für die Güte eines Fliegers: Das Gleitverhältnis.

Der „Ideenkasten Bionik“ enthält auch Samen der Zanonía, die besonders lange in der Luft gleiten.

>> **Wiederhole die Versuche unter der Einwirkung von Seitenwind**

Erzeuge mit dem Föhn einen Seitenwind. Lege vor den Messungen die Windstärke fest, indem du den Föhn aus einer bestimmten Entfernung auf die Fallstrecke richtest. Führe 10 Messungen je Objekt durch und bilde den Durchschnitt. Teste auch bei unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten.

Trage die Ergebnisse in eine Tabelle ein oder verwende **Versuchsprotokoll 5** und **Versuchsprotokoll 6**

Probiere es selbst

Du brauchst dafür:
Leiter, Zollstock

Du brauchst dafür:
Leiter, Zollstock, Föhn



Fallturm

Probiere es selbst

$$\text{Gleitzahl} = \frac{\text{Flug- oder Gleitweite in m}}{\text{Fall- oder Gleithöhe in m}}$$

Die **Gleitzahl** wird auch als Verhältnis zwischen Fallhöhe und Flugweite ausgedrückt, z.B.
1 m Fallhöhe : 3 m Flugweite = 1 : 3

Beispiele für Gleitzahlen von Vögeln und Flugzeugen

Kondor	34,0 *
Bussard	15,0 *
Taube	9,0 *
Sperling	4,0 *
Airbus A340	19,5 **
Paragleiter (Drachen)	14,0 **

*verändert nach: http://www.amustud.de/projekte_wso809/amend_finster/Der%20Gleitflug.pdf

**http://luftpiraten.de/glos_g32.html

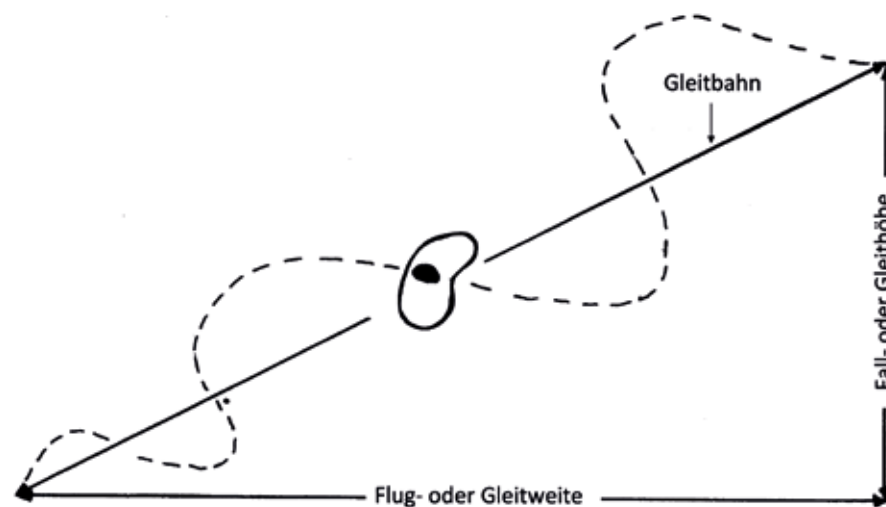
Physiker und Ingenieure rechnen mit komplizierteren Gleitzahlen. Echte Physik-Asse unter euch oder Erwachsene, die sich weiter in die Strömungslehre vertiefen möchten, finden fundierte Informationen in:
Nachtigall, W.: Ökophysik, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York, 2006

Bestimmung der Gleitzahl

Die Gleitzahl ist ein Maß für die Güte eines Fliegers. Vereinfacht gibt sie an, wie viele Meter ein Fluggerät in stiller Luft in waagerechter Richtung gleitet, während es einen Meter Flughöhe verliert. Du kannst dann die Gleitzahlen verschiedener Flieger, auch die von Papierfliegern oder Flugzeugmodellen vergleichen.

- >> **Lass den Flieger aus einer bestimmten Höhe fallen. Miss am Boden die Strecke, die der Flieger zurückgelegt hat. Wenn du die zurückgelegte Strecke am Boden durch die Abflughöhe teilst, erhältst du die Gleitzahl.**

Bei verschiedenen Früchten und Samen kannst du verschiedene Flugbahnen beobachten. Überlege, welcher Weg als Flug- oder Gleitweite am besten geeignet ist.



Siehe dazu auch [Info 4, S. 31](#), [Info 11.1, S. 40](#), [Info 11.2, S. 41](#)

Experimente zur Tragfähigkeit

Welche Frucht, welcher Same besitzt den wirkungsvollsten und sparsamsten Flugapparat bezüglich seiner Tragfähigkeit?

Denke dir ein Maß für die beste Wirkung des Flugapparats aus:

Eine Möglichkeit ist, das Verhältnis zwischen dem Gewicht des Flugapparats (Schirmchen, Flügel, Tragfläche) und der Last, also dem Gewicht des Kerns zu bestimmen.

- >> **Schneide den Kern (Same oder Frucht) vom Flugapparat ab und bestimme von beiden Teilen das Gewicht. Zur Absicherung des Ergebnisses wiederhole den Versuch mit 10 Exemplaren.**
- >> **Als eine weitere Kenngröße kannst du die Sinkgeschwindigkeit des Flugapparats ohne Last (Kern, Same) wählen. Teste unterschiedliche „Flieger“ und trage die Ergebnisse in eine Tabelle ein.**

Wer in der mathematischen Darstellung von Ergebnissen schon etwas mehr Übung hat, kann das Verhältnis von Schirmchen- oder Flügelgewicht zum Gewicht des Kerns in einem Diagramm gegen die Sinkgeschwindigkeit auftragen. Was kannst du ablesen? Auch hierzu kannst du [Info 8, S. 35](#) und das [Versuchsprotokoll 8](#) zu Hilfe nehmen.

Sinnvoll ist, bei diesen Versuchen nur **Haarflieger** oder nur **Flügelflieger** miteinander zu vergleichen.

Probiere es selbst

$$\text{Maßzahl} = \frac{\text{Gewicht des Flugapparates}}{\text{Gewicht der Last}}$$

Beim Wiesenbocksbart beträgt das Verhältnis von Schirmgewicht zur Last (Kern) 1 : 6.

Benötigt wird...
eine Präzisionswaage, die auf 1 mg genau messen kann.

Ein technischer Fallschirm trägt etwa die 12fache Last seines Eigengewichts

Probiere es selbst

$$\text{Flächenbelastung} = \frac{F \text{ in N}}{A \text{ in m}^2}$$

$F = F_G = \text{Gewichtskraft}$
 Gewichtskraft = Masse in kg $\times$ g
 g = Erdbeschleunigung
 Die Gewichtskraft wird in N (Newton) angegeben.

* „Gewicht“ ist ein umgangssprachlicher Begriff für die physikalisch korrekte Bezeichnung „Masse“.

Für erfahrene Forscherinnen und Forscher, oder diejenigen, die es ganz genau wissen wollen:

Bestimmung der Flächenbelastung

Die **Flächenbelastung** ist eine wichtige Größe für die Beurteilung von Flugeigenschaften.

Sie ist der Quotient aus dem Gewicht* (Gewichtskraft) und der gesamten tragenden Fläche des Fluggeräts.

Ein Flugzeug mit **hoher Flächenbelastung** kann **hohe Geschwindigkeiten** erreichen. Für einen **stabilen Gleitflug** benötigt es jedoch eine höhere Geschwindigkeit. Ein Flugzeug mit **niedriger Flächenbelastung** kann auch langsam stabil gleiten, erreicht jedoch nur geringe Geschwindigkeiten.

- >> **Berechne die Flächenbelastung verschiedener Flugfrüchte und Flugsamen.**
- >> **Vergleiche die Flächenbelastungen der verschiedenen „Flieger“ untereinander und mit technischen Fluggeräten.**

Flieger	Flächenbelastung	Fluggeschwindigkeit
Modellflugzeuge, ultraleichte Gleitgeräte	20 N/m ²	keine verlässlichen Angaben
Gleitschirme:	30 bis 40 N/m ²	22 bis 50 km/h
Fallschirme:	45 bis 100 N/m ²	keine verlässlichen Angaben
Segelflugzeuge:	300 bis 400 N/m ²	169,72 km/h, Weltrekord 1995
Kleinflugzeuge	800–1100 N/m ²	keine verlässlichen Angaben
Propellergetriebene Passagierflugzeuge	1000 bis 2000 N/m ²	max. 750 km/h
Düsen-Passagierflugzeuge	3000 bis 8000 N/m ²	„Jumbo Jet“: 990 km/h
Mauersegler	29 N/m ²	150 km/h
Gaugans	112 N/m ²	bis über 90 km/h
Albatros	155 N/m ²	bis zu 120 km/h

Zusammenfassung der Ergebnisse

- >> **Wovon hängt es ab, ob ein Flugobjekt schnell oder langsam zu Boden sinkt?**

Flugobjekte sinken langsam zu Boden, wenn sie sehr leicht sind, eine große tragende Fläche besitzen oder wenn beides zutrifft. Beispiele hierfür sind die Schirmchen- und Schopfflieger.

Ist die tragende Fläche klein, das Flugobjekt schwer oder trifft beides zu, dann sinkt das Objekt schnell, wie es z.B. bei den Schraubenfliegern zu beobachten ist.

Merksatz:

Je kleiner das Verhältnis vom Gewicht zur tragenden Fläche, desto langsamer sinkt das Objekt zu Boden.

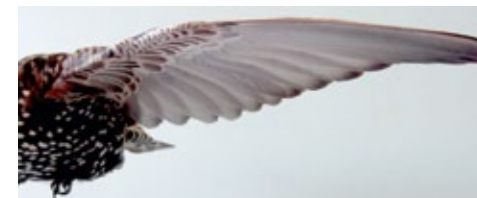
Das Verhältnis des Gewichts zur tragenden Fläche ist eine wichtige Kenngröße im Flugzeugbau und heißt Flächenbelastung.



Ahornfrucht



Zweiflügler



Star



Libelle

Einige Schraubenflieger besitzen weitere Mechanismen, um die Fallgeschwindigkeit zu mindern. So hat die Ahornfrucht Gemeinsamkeiten mit einem Vogelflügel und kann wie dieser Auftrieb erzeugen. Vergleiche den Ahornflügel auch mit dem Schnakenflügel und mit dem Libellenflügel.

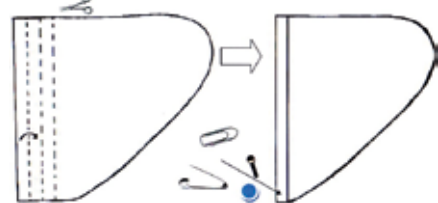
Probiere es selbst

Im **Versuchsprotokoll 7** kannst du alle bisher ermittelten Kenngrößen zusammenstellen.

Probiere es selbst

Funktionsmodell nach den Konstruktionsmerkmalen des Ahorn-Propellers:

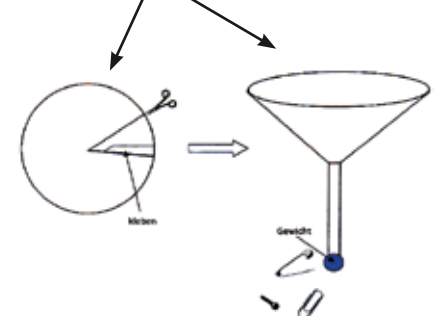
eine steife Tragfläche, oben breiter als unten



ein Schwerpunkt am unteren Ende

Schneide aus steifem Papier eine Tragfläche aus und falte den geraden Rand etwa 3mal zu einer festen Anströmkante. Beschwere die Schmalseite mit einem kleinen Metallgegenstand oder einem Kugeln Knete.

eine kegelförmige Fallschirmfläche



Schwerpunkt am Ende des Stiels

Tipp: Fotografiere oder scanne das Original und drucke es vergrößert aus!

*siehe dazu auch <http://www.dbu.de/media/07110605302706ae.pdf>

Schritt 4

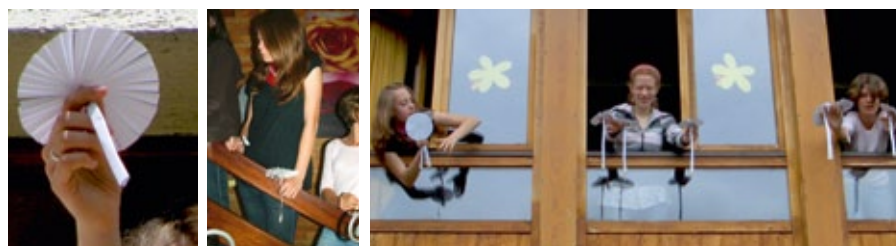
Übertragen der gewonnenen Erkenntnisse in ein technisches Funktionsmodell

Die Ergebnisse aus den Untersuchungen des natürlichen Vorbilds werden herangezogen, um ein technisches Modell zu entwickeln. Mit dieser von Ingenieuren angewandten Arbeitsweise wird das gefundene Funktionsprinzip überprüft.

- >> **Deinem Protokoll über die Bauelemente und ihren Aufgaben für das Fliegen (Versuchsprotokoll 2) entnimmst du die gefundenen Konstruktionsmerkmale. Diese Methode empfiehlt auch Professor Hill*. Überlege, woraus du ein Modell mit diesen Eigenschaften baust und besorge dir selbst geeignete Baumaterialien.**
- >> **Durch Ausprobieren kannst du das Modell verändern, bis es stabil fliegt. Notiere, welche Veränderungen du an welchen Bauteilen vorgenommen hast und wie sie sich auswirken.**
- >> **Du kannst aber auch einen anderen Weg zum Anfertigen des Funktionsmodells wählen:**



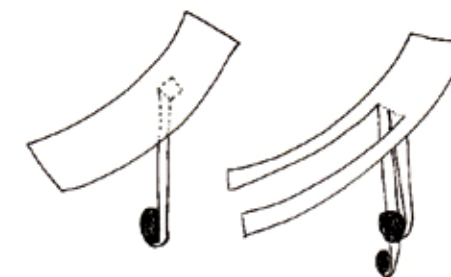
Übertrage die Umrisse der Frucht oder des Samens maßstabsgetreu auf Papier. Schneide den Umriss aus und statte ihn mit den ermittelten Bauteilen aus.



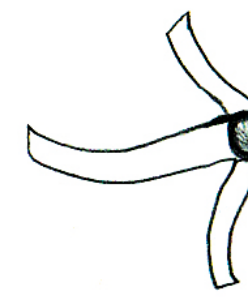
Versuch's auch mit den Früchten ...

Probiere es selbst

... der Linde



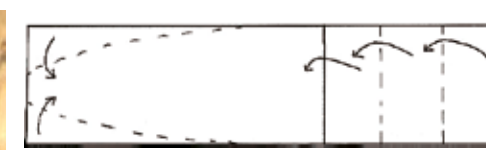
... der Hainbuche



... des Götterbaums



... der Esche

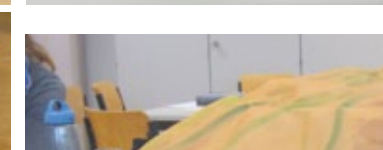
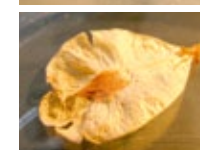


Probiere es auch mit den Früchten

... der Platane



... der Ulme



... des Wiesenbocksbartes



Probiere es selbst

Veränderung der Fallschirmform



Heutige Fallschirme bestehen nicht aus einer geschlossenen Fläche, sie haben oben Öffnungen. Warum?

Veränderungs- oder Variationsmethode

Ingenieure wenden als nächsten Arbeitsschritt die Veränderungs- oder Variationsmethode an.

Dabei werden einzelne Merkmale der vorhandenen Konstruktion verändert. Dann wird getestet, wie sich die Veränderungen auf die Eigenschaften des Modells auswirken. Auf diese Weise können völlig neue Lösungen für dein Ausgangsproblem entstehen.

>> **Stelle verschiedene Varianten her, dokumentiere die vorgenommenen Veränderungen und wie sie sich auf die Flugeigenschaften auswirken!**

Veränderung der Flügelform und Flügelzahl



Veränderungen der Flügelform



schnell drehend
stabiler Flug
lange Flugzeit

langsam drehend
stabiler Flug
lange Flugzeit

schnell drehend
stabiler Flug
kurze Flugzeit

weniger stabiler Flug
– große Kreise

Schritt 5

Entwerfen einer Erfindung

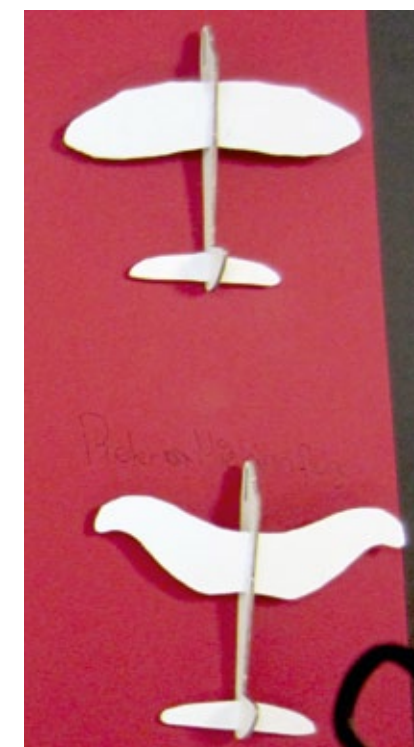
Das technische Prinzip wird in eine praktische Anwendung umgesetzt. Professionelle Bioniker erfinden nicht nur neue sensationelle Dinge. Sie verbessern auch Geräte, die es bereits gibt.

Jetzt kannst du deine Erfindung praktisch ausführen. Hier einige Möglichkeiten:

- >> **Fertige eine technische Zeichnung oder eine künstlerische Gestaltung an.**
- >> **Baue aus Papier oder selbst besorgtem Modellbaumaterial die Erfindung in einem passenden Maßstab.**
- >> **Verändere auch im Handel erhältliche einfache Flugzeugmodelle entsprechend deiner Erkenntnisse.**

Auch mit einfachsten Papierfliegern kannst du verblüffende Erfahrungen machen. Welcher bleibt am längsten in der Luft?

Lass' deiner Fantasie Flügel wachsen!



Probiere es selbst

Der Lotuseffekt als Beispiel für eine bionische Entwicklung



Blattoberflächen, von denen Wassertropfen abperlen und dabei Schmutzteilchen mitnehmen, waren das Vorbild für einen selbstreinigenden Wandanstrich.

Weitere Beispiele für Erfindungen nach dem Vorbild der Natur:

www.bionik-online.de
www.bionik-vitrine.de
www.BIOKON.net
www.bionik-sigma.de

Die Firma Festo hat mehrere Fliegermodelle nach dem Vorbild der Natur entwickelt. Auf youtube.com findest du einen künstlichen Vogel, den **SmartBird**, einen künstlichen Pinguin im Unterwasserflug, den **AirPenguin** und einen künstlichen Rochen, den **Air_ray**.

Info 3

Weitere Möglichkeiten der Ausbreitung für Früchte und Samen:

Häufig werden **Tiere als Transportmittel** genutzt: Tiere fressen die Früchte als Nahrung, ziehen weiter und scheiden die Samen an einem anderen Ort aus.



Klettfrüchte bleiben im Fell von Tieren hängen und fallen an einem anderen Ort ab.



Wind, Tier oder Menschen können Früchte so in Schwingung versetzen, dass sie dabei die Samen in einem größeren Umkreis austreuen.



Einige Früchte wie z.B. die des Springkrauts können die Samen selbst weit fortschleudern.

Viele Früchte und Samen werden im Wasser schwimmend transportiert.

Warum fliegen Früchte und Samen?

Blütenpflanzen sind in der Regel ihr ganzes Leben lang an einem Ort festgewachsen. Ändern sich dort die Lebensbedingungen, so können Pflanzen im Gegensatz zu Tieren nicht an einen günstigeren Platz ausweichen.

Nachkommen, die in unmittelbarer Nachbarschaft zur Mutterpflanze aufwachsen, konkurrieren mit ihr um Licht und Nährstoffe und sind gleichen Gefahren ausgesetzt. So kann eine Pflanzenart nur dauerhaft überleben, wenn sich die Individuen über mehr oder weniger weite Entfernungen ausbreiten und neue Standorte besiedeln können. Die Ausbreitung bewerkstelligen die Pflanzen mit Früchten und Samen, aber auch mit Pflanzenteilen wie Ablegern, Ausläufern, Stecklingen oder Knollen.

Für die Verbreitung ihrer Früchte und Samen haben die Pflanzen unterschiedliche Strategien entwickelt (siehe Kasten).

Schon die allerersten Landpflanzen haben sich die weltweit täglich rund um die Uhr wehenden Winde zu Nutze gemacht. Auch heute werden, wo besonders viel Wind bläst wie z.B. in den Alpen, mehr als die Hälfte der Blütenpflanzenarten vom Wind verbreitet. Im Laufe der Entwicklungsgeschichte hat sich eine Vielzahl flugfähiger **Bautypen** entwickelt, von denen die meisten im **Ideenkasten Bionik** zu finden sind.

Früchte und Samen von Pflanzen, die als erste freie Flächen besiedeln, wie z.B. das Berufkraut oder die Weide, sind häufig Schopf- oder Schirmchenflieger. Bäume bilden häufig Flügelflieger. Diese vergleichsweise schweren Flieger wie z.B. die Propeller von Ahorn, Linde, Hainbuche oder die Gleitflieger der Ulme können ihre Flugfähigkeit nur entfalten, wenn sie aus großer Höhe starten.

Trockenes Wetter ist besonders für die zarten **Haarflieger** eine weitere Bedingung für die Windausbreitung. Bei Regen oder hoher Luftfeuchtigkeit können sich die Flugapparate nur unvollständig oder gar nicht öffnen.

Wie fliegen Tiere, Früchte und Samen?

Vögel, Fledermäuse und Insekten fliegen **aktiv**. Sie schlagen mit den Flügeln und bestimmen ihre Fluggeschwindigkeit, ihre Flughöhe und auch ihre akrobatischen Flugmanöver selbst. Sie können starten und landen, wann und wo sie wollen. Diese Art zu fliegen heißt **Kraft-** oder **Schlagflug**, ist anstrengend und benötigt viel Energie.

Eine andere Form des Fliegens ist das **Gleiten** wie z.B. beim Gleithörnchen. Es kann jedoch nur fliegen, wenn es zuvor auf einen hohen Baum gestiegen ist. Von dort springt es in die Tiefe und spannt dabei auf jeder Seite eine Hautfalte von den Vorderfüßen über die Rumpfsseiten bis zu den Hinterfüßen auf. Diese Tragfläche ermöglicht nicht nur eine Verminderung der Fallgeschwindigkeit, sondern auch die Kontrolle des Sinkflugs. Gleithörnchen können gezielt landen oder im Flug die Richtung ändern. Das Gleiten ist eigentlich nur ein abgebremster Fall und erfordert daher keinen zusätzlichen Kraftaufwand. Allerdings muss Energie aufgewendet werden, um auf einen erhöhten Punkt zu steigen. Nutzt ein Gleitflieger zusätzliche Windkräfte wie z. B. Aufwinde an Berghängen, so spricht man von **Segeln**. Segelflieger können auf diese Weise beträchtlich an Höhe gewinnen.

Früchte und Samen haben höchst unterschiedliche Flugeinrichtungen ausgebildet, mit deren Hilfe sie passiv vom Wind weggetragen und verbreitet werden.

Menschen fliegen!

Für die Abbildungen "Heißluftballon" und "Flugzeug" existiert kein Nutzungsrecht.

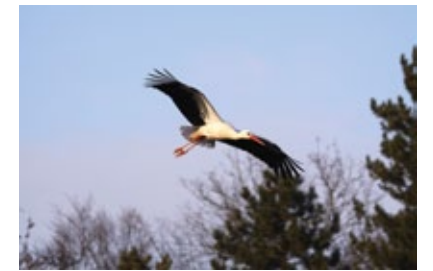


Für die Abbildung "Zeppelin" existiert kein Nutzungsrecht.

Für die Abbildung "Hubschrauber" existiert kein Nutzungsrecht.

Pflanzen fliegen!

Info 4

Tiere fliegen!

Die Abbildung "Tagpfauenauge" kann aus urheberrechtlichen Gründen nicht gezeigt werden.

Die Abbildung "Fledermaus" kann aus urheberrechtlichen Gründen nicht gezeigt werden.



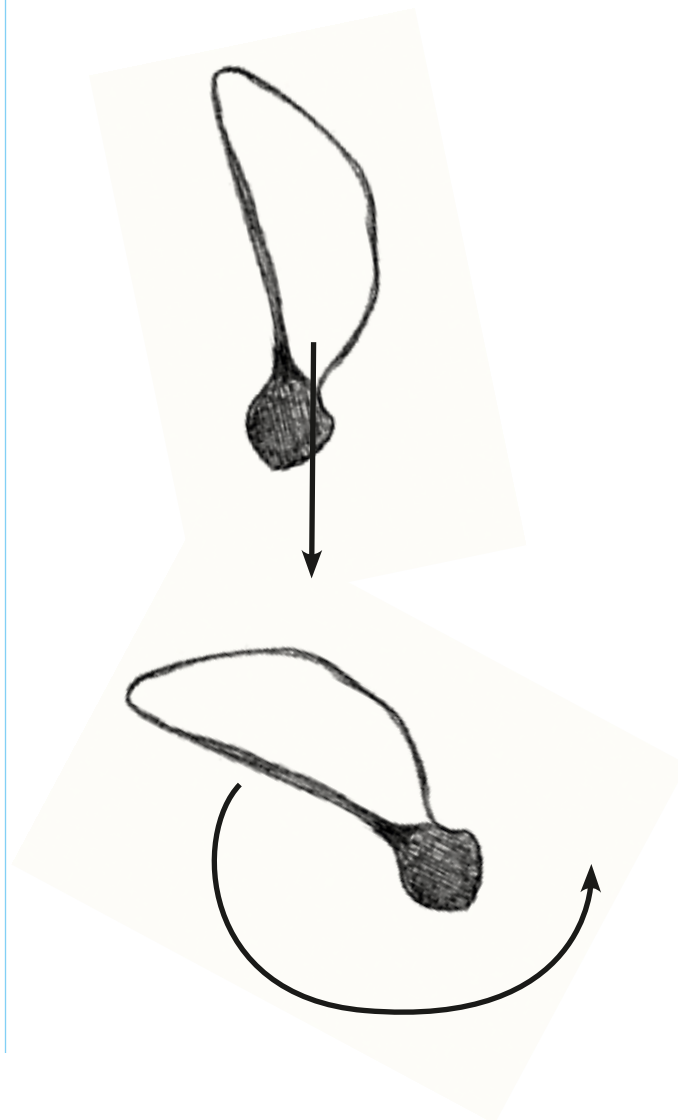
Info 5

Flug der Ahornfrucht

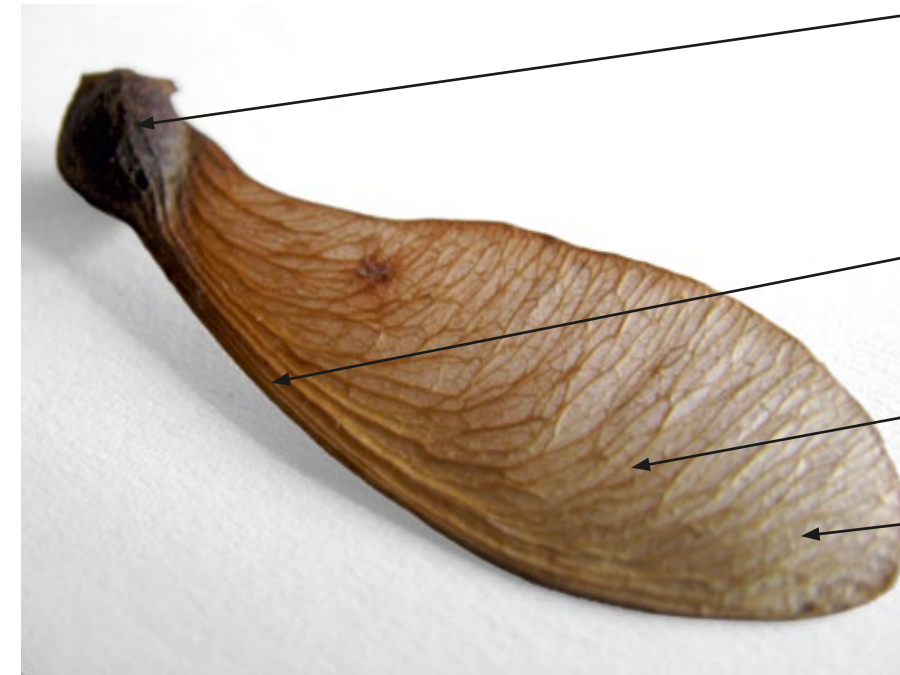


Beobachtungen an einseitig beflügelten Früchten (Schaubenflieger):

Der Schraubenflieger wie z.B. die Ahornfrucht beginnt seine Bewegung mit einem Sturzflug, der Kern zeigt nach unten. Dann legt sich die Frucht plötzlich flach und geht in eine Drehung um die eigene Achse über. Die versteifte Kante weist in die Drehrichtung. So gleitet der Schraubenflieger stark abgebremst spiralförmig drehend zu Boden. Selbst in ruhender Luft ist die Flugbahn bei jedem einzelnen Flieger etwas anders. Manche schrauben sich senkrecht nach unten, andere beschreiben große Bögen oder weite Spiralen. Seitenwind verlängert die Flugbahn und vergrößert so die Flugstrecke über Grund.



Aufbau der Ahornfrucht



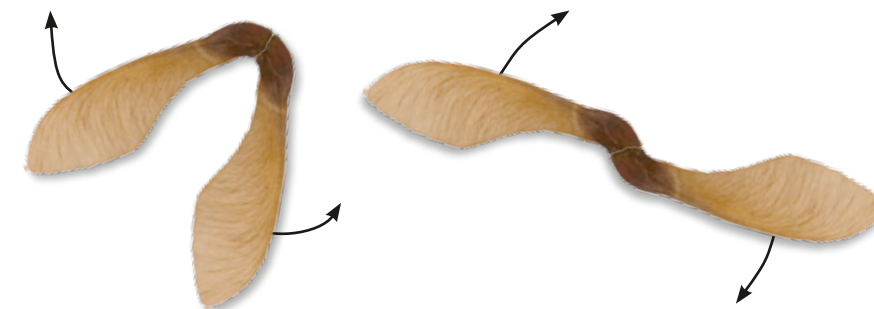
Info 6

Der Kern enthält den Samen und bildet den **Schwerpunkt**. Er liegt außerhalb der Flügelmitte, daher kommt es zu dem propellerartigen **Schraubenflug**.

Die **verdicke Kante** stabilisiert den „Flügel“ und erzeugt zusätzlichen Auftrieb.

Die **Queradern stabilisieren** die Flügelfläche.

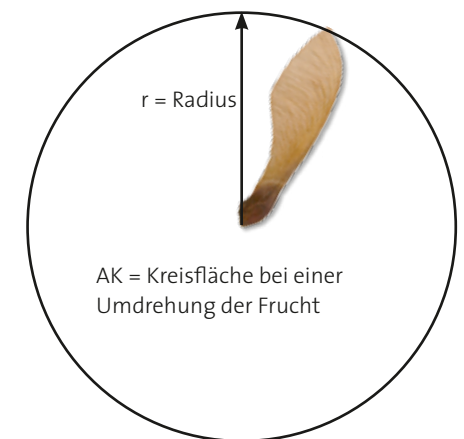
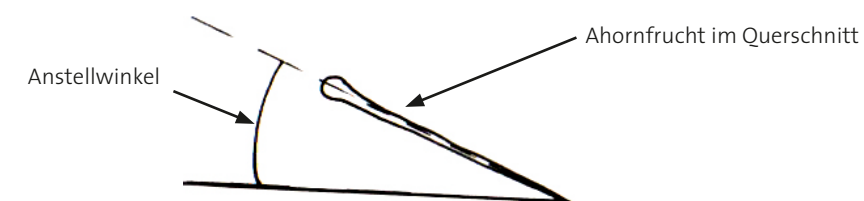
Die **Flügelfläche** erzeugt den **Luftwiderstand** und **verlängert die Fallzeit**.



Die Doppelfrucht „propellert“ nicht. Die Einzelfrüchte drehen in entgegengesetzte Richtungen. Anders bei der zusammengeklebten Doppelfrucht! Hast du auf den Anstellwinkel (siehe unten) geachtet?

Probiere aus:

Befestige an einem Bogen Papier den Schwerpunkt in der Mitte und lass ihn fliegen. Dann befestige ihn in der Ecke! Beobachte die Flugbewegung!



Übrigens: Bei Schraubenfliegern überstreicht der Flügel eine beträchtliche Kreisfläche. Diese erhöht den Luftwiderstand im Vergleich zur Flügelfläche um ein Mehrfaches!

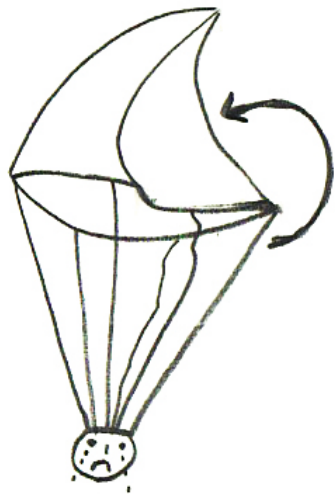
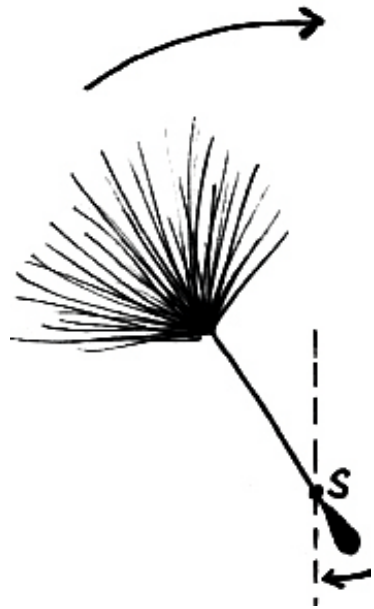
Info 7

Flug der Löwenzahnfrucht

Beobachtungen an Schirmchen- und Schopffliegern

Lässt man das Fallschirmchen, z.B. das des Löwenzahns los, bewegt es sich in einer schrägen Gleitbahn abwärts. In völlig ruhiger Luft sinkt es in einer stabilen Gleichgewichtslage langsam zu Boden. Schon leichte Luftbewegungen tragen es weit in den Raum hinaus.

Ein stärkerer Windstoß kippt das Schirmchen in eine Schräglage. Aus dieser pendelt es sofort wieder in die senkrechte stabile Fluglage.



Kann man einen Fallschirm lenken?

Lösung siehe [Info 9, S. 36](#)

Das **Pendeln** kennen auch die Fallschirmspringer. Sie wissen, dass seitliche Windböen sehr gefährlich sind, wenn das Fallschirmtuch rundum geschlossen ist. Das kommt so:

Der Fallschirmspringer zieht mit seinem Gewicht den von der Luft aufgeblähten Fallschirm nach unten. Schon leichte Windbewegungen führen zu Veränderung der Luftdruckverhältnisse unter dem Schirm und er beginnt zu pendeln. Der Schirm kann dabei so stark schwingen und in eine Schräglage gelangen, dass ein Teil des Schirms nach innen umklappt. Der Fallschirm stürzt ab.

Wie kann man diese Gefahr abwenden? Lösung auf [Info 9, S. 36](#)

Aufbau der Löwenzahnfrucht

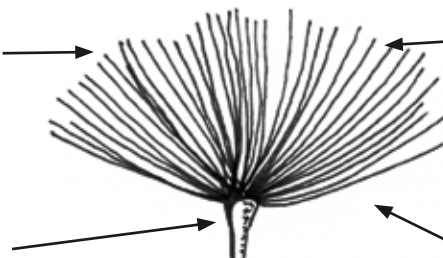
Zwei Formen: Schirmchen aus Strahlen ohne „Seitenäste“ oder solche mit kurzen „Bremshaken“ und Schirmchen aus gefiederten Strahlen

Das **Schirmchen** besteht aus etwa 120 einfachen Strahlen. Es bildet die **Fallschirmfläche** für die **Verminderung der Sinkgeschwindigkeit**.

Die runde Scheibe dient der **Verankerung** der Strahlen.

Der **lange Stiel verbindet** den Schirm mit der Frucht.

Die Frucht enthält den verhältnismäßig schweren Samen. So liegt der **Schwerpunkt** etwa am Übergang vom Stiel zum Körnchen. Der tief liegende Schwerpunkt ermöglicht eine **stabile Fluglage**.



Die **Strahlen** sind leicht **nach oben gebogen**. Der Schirm bekommt dadurch die Form eines umgestülpten Schirms. Diese Form **stabilisiert den Sinkflug**.

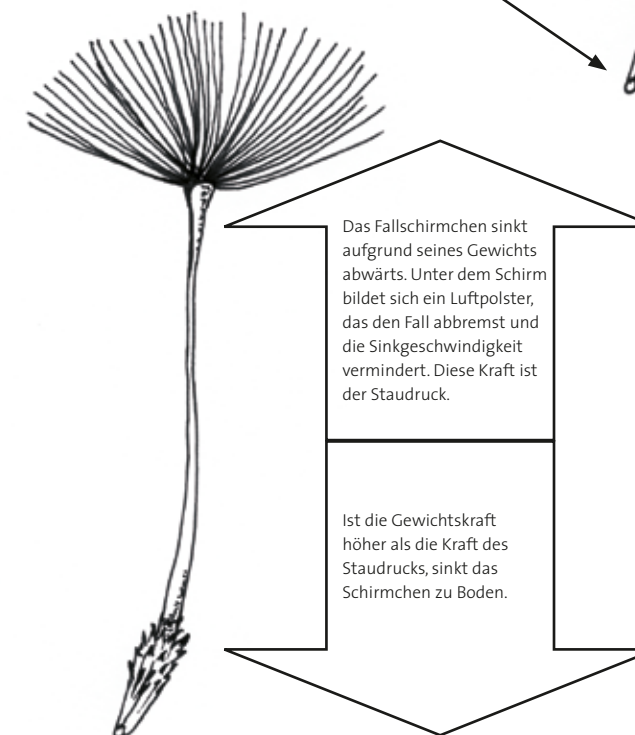
Die **Bremshaken** sind nur unter einem Stereomikroskop zu erkennen. Beim Absinken drückt die Luft von unten gegen die abstehenden Bremshaken. So wird vermutlich eine **zusätzliche Bremswirkung** erzeugt.

Die **Häkchen verankern** die gelandete Frucht am Boden.



Entfernt man einen Teil der Strahlen, so nimmt die Sinkgeschwindigkeit des Fallschirmchens zu.

Lässt man beispielsweise 12 Strahlen stehen, dann erhöht sich die Sinkgeschwindigkeit von 28 cm/s auf 91 cm/s.



Info 9

Bestimmung der Sinkgeschwindigkeit

Bei den flugfähigen Früchten und Samen ist die Sinkgeschwindigkeit auf der Fallstrecke in der Regel nicht überall gleich. Du weißt vielleicht schon, dass der freie Fall theoretisch eine beschleunigte Bewegung ist.

In der Natur kommt jedoch dazu, dass z.B. bei Objekten mit großer Tragfläche der **Luftwiderstand** Unregelmäßigkeiten in der Sinkgeschwindigkeit bewirken kann.

Bei sehr kleinen Objekten wie z.B. den Schirmchen vom Greiskraut oder den Schöpfen der Weidensamen kann die Luft zäh wie Honig sein. Physiker nennen das die **Stoke'sche Reibung**. Diese Tatsache macht auch sehr kleinen Insekten das Fliegen schwer.

Der sichere Fallschirm hat in der Mitte des Schirms Öffnungen!

Fallschirme lassen sich in begrenztem Maße auch lenken. Man kippt ihn leicht an, dann verlässt er die stabile Sinklage und beginnt zu gleiten.

Um die Flugleistungen der unterschiedlichen Flugobjekte vergleichen zu können, müssen wir ihre Sinkgeschwindigkeit ermitteln. Die durchschnittliche Sinkgeschwindigkeit (v) wird berechnet, indem du die zurückgelegte Wegstrecke durch die gestoppte Fallzeit teilst.

$$\text{Sinkgeschwindigkeit} = \frac{\text{Fallstrecke in m}}{\text{Fallzeit in s}}$$

Die Geschwindigkeit kann in cm/s oder m/s angegeben werden. Wichtig ist, einheitliche Einheiten zu verwenden, damit die verschiedenen Flugobjekte verglichen werden können.

Durchschnitt berechnen

Für die Berechnung des Durchschnitts – mathematisch korrekt ist Mittelwert – zählst du alle 10 Werte zusammen und teilst das Ergebnis durch 10!

Warum fliegt etwas?

Darauf gibt es mehrere Antworten:

Gegenstände fliegen, wenn sie leichter sind als Luft. Die können wir in der Natur in der Regel nicht beobachten. Selbst Staubteilchen, die in der Luft schweben, sind bezogen auf ihr Volumen schwerer als Luft. Sie fliegen, weil sie extrem klein sind und die Luft für sie so zäh wie Öl wirkt.

Viele Gase sind leichter als Luft. Ihr Gewicht hängt von der Temperatur ab: Je wärmer eine bestimmte Menge Gas ist, desto leichter ist es. Auch heiße Luft ist leichter als kalte und steigt auf. Diese Tatsache macht sich die Technik der Heißluftballons zunutze.

Die aufsteigende heiße Luft kannst du sogar sehen: Im Sommer flirrt die Luft über dem heißen Asphalt und im Winter sieht man die Luft schlierenartig über Kaminen oder Abluftrohren nach oben ziehen. Achte auch bei einer Kerzenflamme darauf.

Gegenstände fliegen, wenn sie der Luft einen hohen Luftwiderstand bieten: Fallschirme, Gleitflieger und die flugfähigen Früchte und Samen fliegen nicht aus eigener Kraft. Sie besitzen vielmehr Einrichtungen, die den Fall abbremsen und den Körper länger in der Luft halten.

Gegenstände fliegen besonders gut, wenn ...

>> ... bestimmte Bedingungen erfüllt sind!
Ermittle diese Bedingungen anhand der

Experiment 1 und **Experiment 2**

Vergleiche auch mit **Info 4, S. 31**

1 Kubikmeter Luft wiegt bei einer Temperatur von 0 °C und einem Luftdruck von 1013 hPa 1,2 kg. Die gleiche Menge 30 °C warme Luft wiegt unter Normalbedingungen nur noch 1,163 kg.

In der Physik bedeutet „Normalbedingungen“ ein Luftdruck von 1013 hPa (Hektopascal) und einer Temperatur von 0 °C.

Info 10

Heiße Gase steigen auf!

Erhitzt man Wasser auf 100 °C wird es (unter Normalbedingungen) gasförmig und steigt als Wasserdampf auf. Aus 1 Liter Wasser entstehen 1700 Liter Wasserdampf! 1 Liter Wasserdampf wiegt daher nur noch ca. 0,6 g! 1 Liter Luft wiegt bei 0 °C 1,29g.



Ein Heißluftballon wird gestartet. Die Temperatur im Innern beträgt während der Fahrt 90°C.

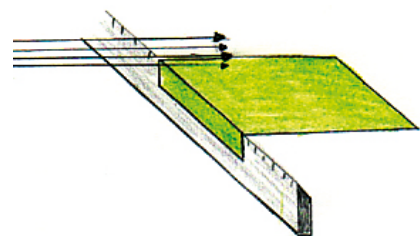


1783 fand die erste bemannte Fahrt mit einem Heißluftballon statt.

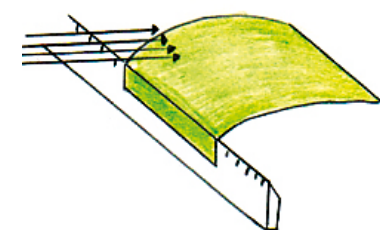
Experiment 1

Strömungen an Flächen

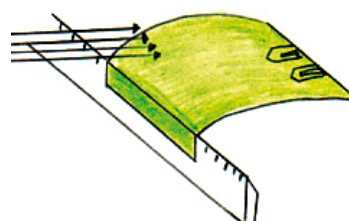
Führe die folgenden Experimente durch und beschreibe, was passiert!



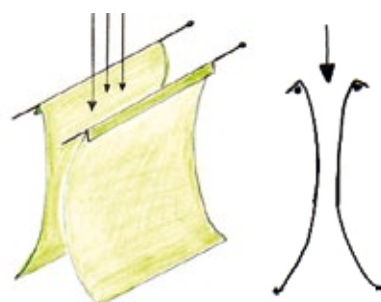
- >> Knicke den Rand einer Karte aus Pappe rechtwinklig über ein Lineal. Halte sie waagrecht und puste flach über die Karte hinweg.



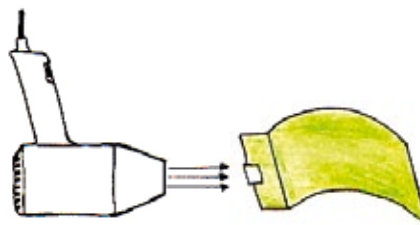
- >> Ziehe nun die Karte über die Tischkante, damit sie eine Wölbung bekommt. Puste sie wie im Versuch oben an.



- >> Beschwere den hinteren Rand der Karte mit Büroklammern.



- >> Hänge zwei gewölbte grüne Karten über zwei dünne Holzstäbe und puste zwischen ihnen hindurch.

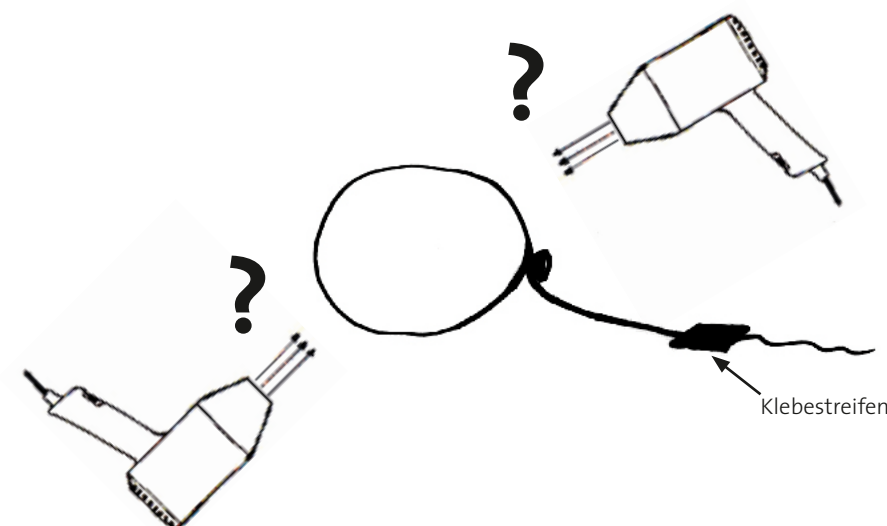


- >> Knicke eine grüne Karte wie auf der nebenstehenden Abbildung, wölbe sie und befestige sie mit einem Klebestreifen auf dem Tisch. Blase sie mit einem Föhn an.

Fasse deine Beobachtungen zusammen: Immer wenn..., dann...

Zaubern mit Tischtennisball und Luftballon

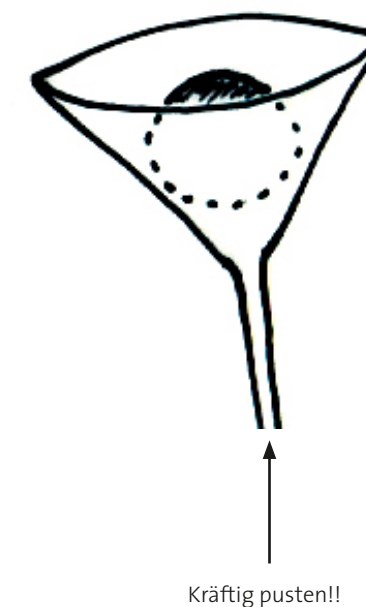
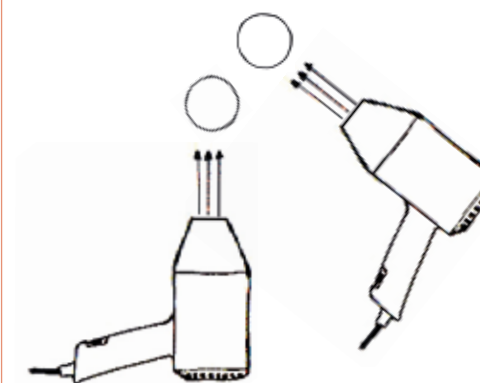
- >> Richte den Föhn senkrecht nach oben und schalte ihn ein. Lege einen Tischtennisball in den Luftstrom, etwa 10 cm über der Düse.
- >> Kippe den Föhn, ohne dass der Tischtennisball herunterfällt!
- >> Bringe mit dem Föhn den Luftballon zum Schweben! Probiere verschiedene Versuchsansätze aus: Du kannst z.B. die Luftballongröße variieren, die „Härte“ des Ballons, die Düse am Föhn, die Stärke des Luftstroms...



- >> Wettbewerb! Wer pustet den Tischtennisball am höchsten?

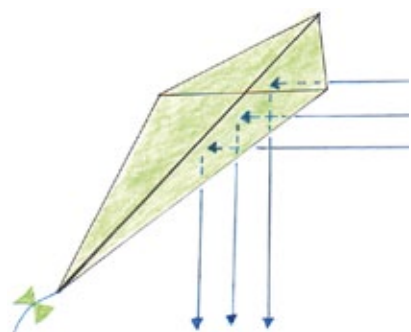
Dokumentiere deinen Versuchsaufbau und beschreibe deine Beobachtungen so genau wie möglich. Versuche dann selbst schlüssige Erklärungen dafür zu finden. Nimm [Info 11.1, S. 40](#) und [Info 11.2, S. 41](#) zu Hilfe. Auch bei diesen Versuchen geht es nicht in erster Linie darum, die „richtige“ Regel anzuwenden. Vertraue deiner eigenen Wahrnehmung und deiner Denkfähigkeit.

Experiment 2



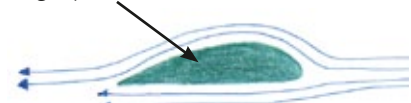
Info 11.1

Isaak Newton (1642 – 1727) entdeckte das Rückstoßprinzip: Luftteilchen prallen auf die Unterseite der Tragfläche und werden wieder zurückgeworfen, wie der Ball, den du gegen eine Hauswand wirfst. Eines der von Newton entdeckten Prinzipien war, dass eine Kraft, die auf einen Gegenstand einwirkt, eine gleich große Gegenkraft erzeugt. Diese Gegenkraft drückt die Tragfläche oder, wie unten zu sehen, den Drachen nach oben. Hierbei spielt auch die Neigung des Flügels zur Bewegungsrichtung eine wichtige Rolle, der sogenannte **Anstellwinkel**.



Der Mathematiker und Physiker **Daniel Bernoulli** (1700 – 1782 n.Chr.) erklärt den Auftrieb über einer gekrümmten Fläche so: Wenn Luft oder Wasser schnell an einem Gegenstand vorbeiströmen, entsteht ein Unterdruck. Diesen Sog spürst du z.B. auf dem Bahnsteig, wenn ein Zug mit hoher Geschwindigkeit einfährt. Vogelflügel und Tragflächen von Flugzeugen werden aus demselben Grund nach oben, Segel auf dem Segelschiff in Fahrtrichtung gezogen.

Flügelquerschnitt



Über dem Flügel strömt die Luft schneller vorbei als unten.

Die Auftriebskraft

Bei **Experiment 1** und **Experiment 2** hast du mit dem Föhn eine Luftbewegung erzeugt. Diese ist notwendig, damit etwas fliegen kann.

Aus deinen Beobachtungen kannst du folgenden Merksatz ableiten:

Immer, wenn ein Luftstrom über eine Fläche streicht, entsteht eine Kraft, die den Gegenstand nach oben zieht.

Ist die Fläche nach oben gewölbt, kann diese Kraft besonders stark sein.

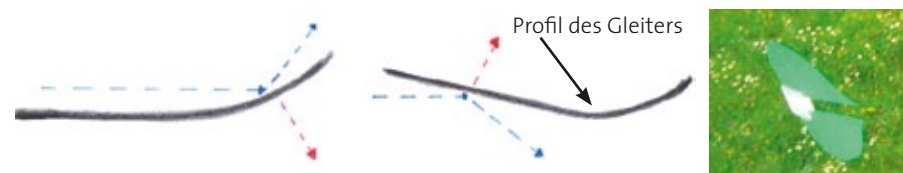
Es entsteht eine Auftriebskraft, oder „Auftrieb“.

Warum ist das so?

Physiker und Ingenieure haben zu verschiedenen Zeiten unterschiedliche Erklärungen für das Phänomen des Fliegens gefunden. Einige sind bis heute gültig. So kannst du z.B. deine Beobachtungen bei den Experimenten mit dem Luftballon mit jeweils unterschiedlichen Modellen erklären. Welche Erklärung „richtig“ ist, hängt z.B. von der Form, der Größe und der Geschwindigkeit deines Flugobjekts ab oder von welcher Seite es angeströmt wird.

Du kannst den Luftballon zum Aufsteigen bringen, wenn du ihn von unten hoch pustest. Ist der Ballon groß, so kann man den Vorgang mit dem Rückstoßprinzip von Newton erklären. Manchmal klappt das jedoch nicht. Blase dann den Luftstrom über den Ballon hinweg. Nun kannst du ihn nach dem Prinzip von Bernoulli aufsteigen lassen.

Nach dem Prinzip von Newton kannst du auch deine Gleiter aus Papier verbessern:



Biege das hintere Ende deines Gleiters leicht nach oben. Dadurch wird der Anstellwinkel günstiger und der Gleiter bleibt lange in der Luft.

Wirbelbildung und Auftrieb

Kannst du auch die Zaubereien mit dem Tischtennisball im Trichter erklären? Der verflixte Ball klappert nur und steigt keinen einzigen Zentimeter weit hoch!

Der „schwere“ Tischtennisball im Trichter wird wie auch der Flug schneller Flieger heute mit der Wirkung von Wirbelbildungen oder Zirkulationsströmungen erklärt.

Die genauen physikalischen Grundlagen dafür sowie für alle hier vorgestellten Experimente sind etwas für Physik-Spezialisten:

Hier findest du mehr dazu:

Hilscher, H. & al: Physikalische Freihandexperimente Band 1, 2. Auflage, Scheidegg, 1998

http://www.planet-schule.de/warum/fliegen/themenseiten/t_index/s1.html

http://www.leifiphysik.de/web_ph05/versuche/o3aerodynamik/trichterttball.htm

http://www.leifiphysik.de/web_ph05/versuche/o3aerodynamik/trichterttball_l.htm

Suche auch unter dem Stichwort

„Aerodynamisches Paradoxon“

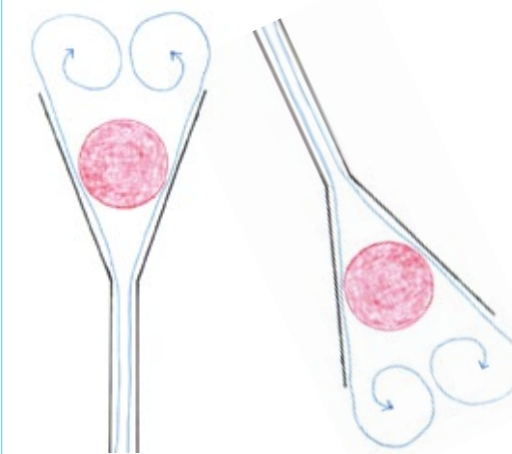
Warum klappt der Schirm bei Sturm nach oben?



Lies Info 11.2 über den Physiker Daniel Bernoulli

Info 11.2

Solange der Luftstrom nicht abreißt, kannst Du den Trichter mit der Öffnung nach unten halten, ohne dass der Ball herausfällt.



In vielen Physikbüchern findet man für den Ball im Trichter folgende Erklärung: In dem engen Trichterrohr strömt die Luft mit hoher Geschwindigkeit. Je weiter sich der Trichter öffnet, desto langsamer wird der Luftstrom. So entsteht im Trichter ein Sog, der am Trichtergrund am größten ist. Dieser Sog hält den Ball im Trichter.

Man kann die Sache aber auch anders betrachten: Die herausströmende Luft bildet am Trichterrand und „hinter“ dem Ball Wirbel. Diese schieben den Ball ins Trichterinnere.



Der Ball fällt erst herunter, wenn der Luftstrom aufhört.

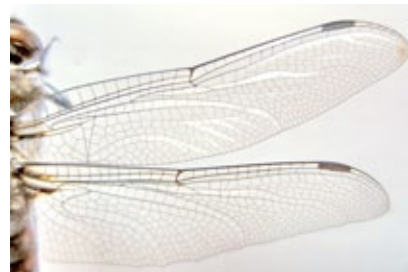
Info 12



Star



Nashornkäfer



Libelle



Zweiflügler

Querschnitt eines Vogelflügels (li.)
und eines Libellenflügels (re.).

*Lentink, D., Dickson, W.B., van Leeuwen, J.L., Dickinson, M.H.: Leading-Edge Vortices Elevate Lift of Autorotating Plant Seeds. Science, Vol. 324, 12 June 2009

Der „Ahornflügel“ und die Flügel von Tieren

Betrachte die Formen der Flügel vom „Ahornflieger“, dem Zweiflügler, dem Nashornkäfer, dem Star und der Libelle:

Die Flügel der fünf Organismen haben **eine versteifte Vorderkante**, die der mechanischen Belastung durch den Luftstrom widerstehen muss. Sie trägt auch dazu bei, die Flügelfläche aufgespannt zu halten.



Der Vogel- und der Libellenflügel haben ein strömungsgünstiges Flügelprofil: Beim Vogel (li.) erzeugt die Wölbung Auftrieb. Beim Libellenflügel (re.) ist der vordere Bereich ziehharmonikaartig gefaltet. In den Faltentälern bildet die Luftschicht unmittelbar über der Flügeloberfläche Wirbelwalzen. Die etwas entfernteren Luftschichten verhalten sich wie Strömungen über einer Wölbung.

Im Jahre 2009 wurde eine Untersuchung* veröffentlicht, die aufzeigt, dass die Ahornfrucht bei ihrem Drehflug Auftrieb erfährt. Erzeugt werden die dafür notwendigen Strömungen an der verdickten Vorderkante.

Am Anfang ist es eine Idee – am Ende eine große Erfindung

Als pfiffiges Team an kreativen Lösungen tüfteln: Wir unterstützen junge Erfinder und innovative Köpfe mit Budget und Know-how bei der Umsetzung ihrer Projekte.

www.mikromakro-bw.de • www.bwstiftung.de



Ein Programm der

**BADEN-
WÜRTTEMBERG**
STIFTUNG
Wir stiften Zukunft

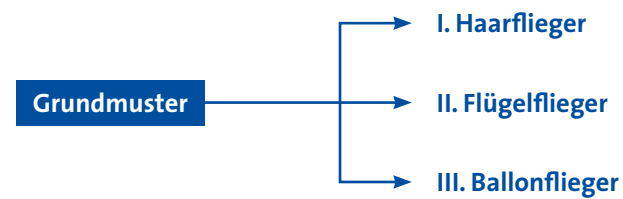
Fliegertypen in der Pflanzenwelt

Fliegertypen in der Pflanzenwelt

Fliegertypen

Pflanzen haben schlaue Methoden entwickelt, um ihre Früchte zu verbreiten. Viele bieten ihre Früchte oder Samen dem Wind an, der sie mehr oder weniger weit von der Mutterpflanze fort trägt. Hierfür haben die Pflanzen eine große Vielfalt an Flugeinrichtungen entwickelt, die ihr spezifisches Gewicht verringern und ihre Angriffsfläche für den Wind vergrößern.

Drei unterschiedliche Grundmuster lassen sich unterscheiden:



I. Haarflieger

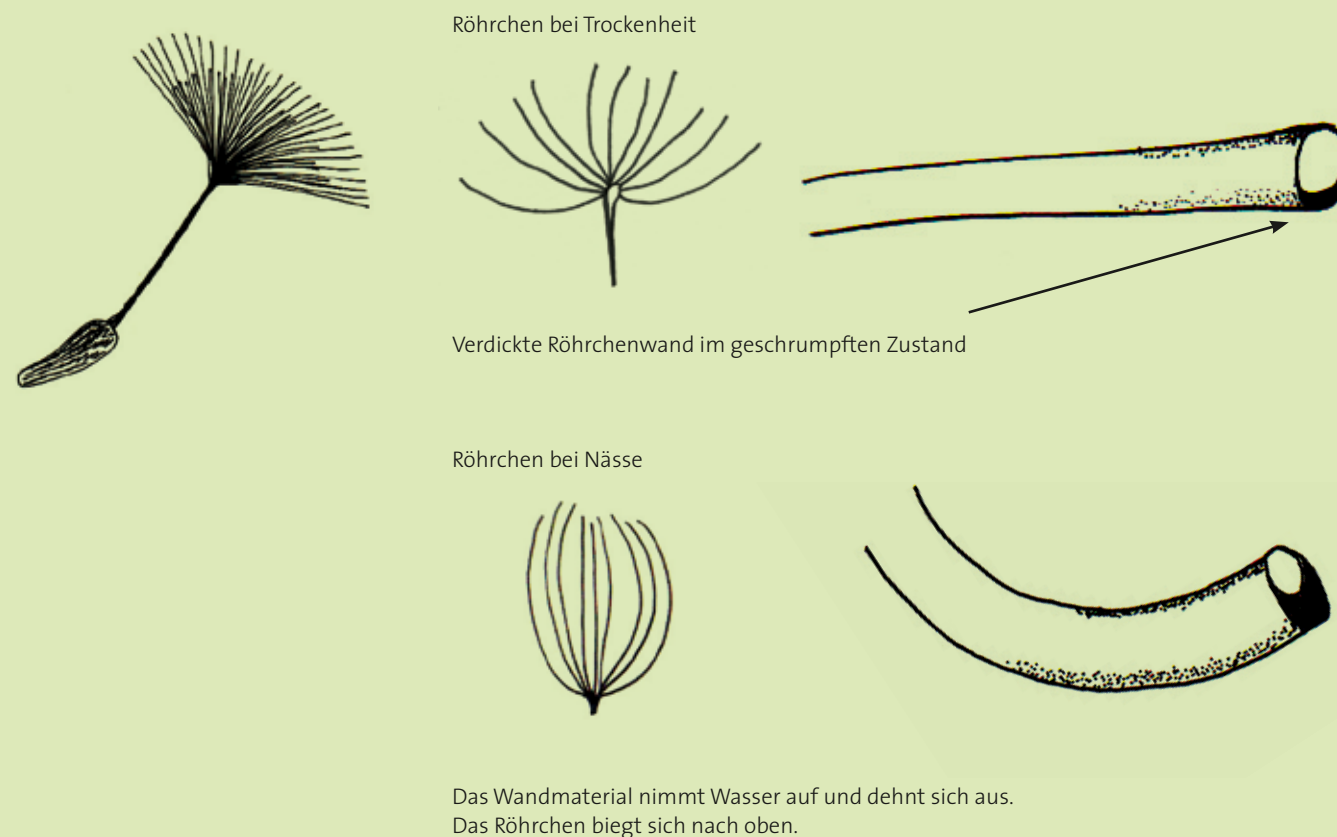
Haarflieger sind Früchte und Samen, deren Flugapparat aus unterschiedlich geformten Haarbüscheln besteht. Die Haare sind stets mit Luft gefüllt und nehmen in ihrer Gesamtheit viel Raum ein. So bieten die Früchte und Samen dem Wind einen hohen Widerstand. Wie auf einem Luftkissen ruhend lassen sie sich auch von geringer Luftbewegung verdriften. Dank des Luftgehalts der Haare selbst und der Lufträume zwischen den Haaren sind viele Früchte und Samen auch schwimmfähig. Mit den Haaren können sie aber auch im Fell von Tieren hängen bleiben und so von diesen verbreitet werden. Unter den Haarfliegern lassen sich mehrere Grundformen unterscheiden:



I. Haarflieger

1. Schirmflieger

Die Flughaare der Schirmflieger sitzen nur am oberen Ende der Früchte. Sie sind kreisförmig auf der Spitze des Fruchtkorns oder auf einem Stielchen angeordnet. Die gestielten Fallschirmchen sind die wirksamsten Flugorgane, weil der Schwerpunkt weit nach unten verlagert ist und die Frucht dadurch im stabilen Gleichgewicht fliegt. Die Schirmchen breiten sich nur bei Trockenheit flach aus, bei hoher Luftfeuchte oder Nässe biegen sich die Flughaare nach oben und die Schirmchen schließen sich – umgekehrt wie bei einem Regenschirm. Die Flughaare bestehen aus Bündeln hohler Röhren. Unregelmäßigkeiten im Bau der Wandungen bewirken Bewegungen. Diese kommen dadurch zustande, dass die dicken Wandseiten bei Feuchtigkeit quellen. Bei Trockenheit schrumpfen die Außenseiten der Härchen und bewirken so eine Bewegung nach außen. Die Flughaare können einfach strahlenförmig sein wie beim Greiskraut und dem Löwenzahn oder fedrig wie beim Baldrian, bei der Kratzdistel oder beim Wiesenbocksbart.

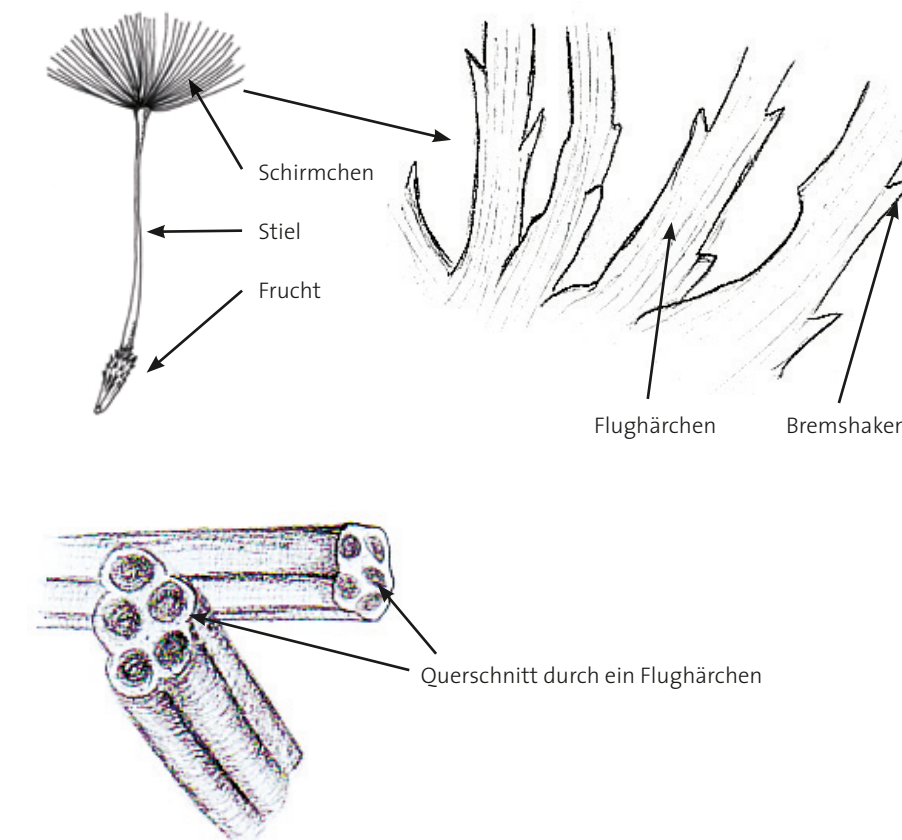


1.1 Löwenzahn

Taraxacum

Die Früchte des Löwenzahns sind kleine 3–4 mm lange gerippte Nüsschen. Sie besitzen ein aus Haaren bestehendes gestieltes Schirmchen als Flugapparat. Der obere Teil des Nüsschens ist mit kleinen spitzen Schuppen besetzt. Damit können sie sich nach der Landung am Boden verhaken bis sie festgewurzelt sind.

Der kugelige Fruchtstand – die Pustelblume – enthält 100 bis 200 Schirmchenflieger. Nur bei Trockenheit breiten sich die Schirmchen flach aus und können vom Wind mitgenommen werden. Der Schwerpunkt ist tief nach unten verlagert und so fliegt das Fallschirmchen im stabilen Gleichgewicht meist wenige Meter weit. Einige können in hohe Luftschichten geraten und vom Wind bis weit über 10 Kilometer transportiert werden. Unter starker Vergrößerung ist zu erkennen, dass der Schirmchenstiel längs gerieft ist. Im Querschnitt sieht man, dass er aus zahlreichen langgestreckten Röhren besteht. Auch die Haare sind Bündel aus zahlreichen Hohlröhren. Die einzelnen Röhren enden in unterschiedlicher Höhe, jeweils in kurzen, zur Seite gebogenen „Bremschaken“. Sie bilden einen zusätzlichen Luftwiderstand und tragen zur Verminderung der Sinkgeschwindigkeit bei. Baulich ist das Fallschirmchen eine perfekte Leichtbaukonstruktion; seine Haare sind wasserabweisend.



Schirmflieger

**Gewicht**

0,6 bis 0,25 mg

Fallgeschwindigkeit

28 – 40 cm/s

Flugweite

Die Flugweiten bei Löwenzahnfrüchten wurden wie folgt aufgeschlüsselt:
 1 von 10 Früchten fliegt weiter als 5 km
 1 von 100 weiter als 10 km
 1 von 1000 weiter als 13 km
 1 von 10000 weiter als 16 km

In günstigen Aufwinden können einzelne Früchte Tausende von Kilometern transportiert werden.

Schirmflieger

**Gewicht**

7,2 – 14,37 mg

Fallgeschwindigkeit

47 – 65 cm /s

Flächenbelastung2,93 mg/cm²

1.2 Wiesenbocksbart

Tragopogon pratensis

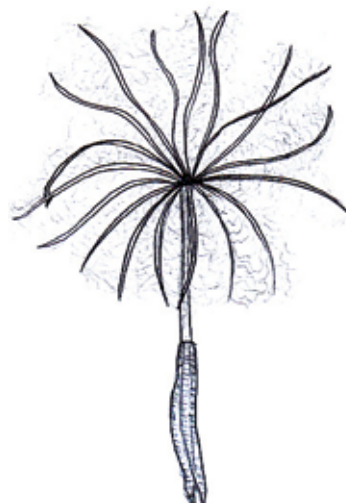
Die Früchte des Wiesenbocksbarts sind ähnlich gebaut wie Löwenzahnfrüchte. Sie sind jedoch größer und die Strahlen des Fallschirmchens tragen miteinander verflochtene Haare. Bei Trockenheit breitet sich der Schirm flach aus und kann leicht vom Wind verweht werden. Gerät das Schirmchen in feuchte Luft, so biegen sich die Strahlen stärker nach oben, sein Luftwiderstand verringert sich und die Frucht sinkt nach unten. Der britische Mathematiker Sir George Cayley untersuchte 1829 die Früchte des Wiesenbocksbarts und erkannte, warum sie stabil zu Boden sinken: Der Schwerpunkt dieser Früchte liegt weit unten und die tragende Fläche ist nicht eben, sondern leicht trichterförmig. Nach diesem Vorbild hat er einen Fallschirm entworfen, dessen Rand nach oben gezogen ist. Heutige Fallschirme sind jedoch nach unten gewölbt.



Der kugelige Fruchtstand des Wiesenbocksbarts



Schirmchen von oben gesehen



Einzelnes Fallschirmchen

1.3 Greiskraut

Senecio

Der kleine flaumig-kugelige Fruchtstand des Greiskrauts enthält zahlreiche Einzelfrüchte. Es sind kleine gerippte Nüsschen, die am oberen Ende ein Flugorgan aus weißen bis gelblichen Haaren besitzen. Diese sind in einer Reihe kranzförmig angeordnet und bilden einen Fallschirm. Im Unterschied zum Schirmchen des Löwenzahns hat dieser keinen Stiel. Wie andere Schirmchenflieger auch, fliegen sie in der Regel bei trockenem sonnigen Wetter. Bei hoher Luftfeuchte schließen sich die Schirmchen mehr oder weniger vollständig, im Kontakt mit Wasser wird die Oberfläche der rauen Haare schleimig. So können sie auch an vorbeistreifenden Tieren haften und von diesen transportiert werden.



Einzelfrucht des Jakobs-Greiskrauts und Nüsschen ohne Flugorgan



Einzelfrucht des Gewöhnlichen Greiskrauts und Nüsschen ohne Flugorgan

Schirmflieger

**Gewicht**

Gewöhnliches Greiskraut ca. 0,33 mg

Raukenblättriges Greiskraut ca. 0,43 mg

Fallgeschwindigkeit

In wissenschaftlichen Arbeiten findet man am häufigsten Fallgeschwindigkeiten von ca. 30 cm/s. Die Bandbreite der Angaben erstreckt sich von 25 – 80 cm/s.

Schirmflieger



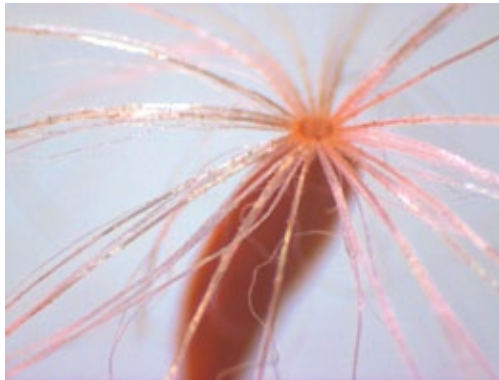
Gewicht
ca. 0,6 mg

Fallgeschwindigkeit
27 cm/s

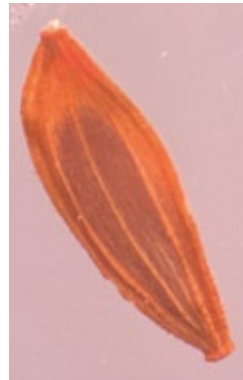
1.4 Kohl-Gänsedistel

Sonchus oleraceus

Die stachelige Kohl-Gänsedistel wurde im Mittelalter als Gemüse angebaut. Auch heute wird sie roh als Bestandteil von Salaten gegessen. Wie bei allen Korbblütlern stehen zahlreiche Früchte in einem körbchenartigen Fruchtstand. Die einzelne kleine Frucht ist abgeflacht und zwischen den drei Hauptlängsrippen quer gerunzelt. Am oberen Ende sitzt ein Flugorgan aus mehreren Reihen weißer, rauer Borsten. Am Grund der Borsten sitzen hakenförmige Haare, die bei Regen die Früchte zu einem Ring verflechten. Die Früchte sind mit Haken und Drüsen versehen, die klebrigen Saft ausscheiden und auch von Menschen und Tieren verbreitet werden können.



Frucht der Kohl-Gänsedistel



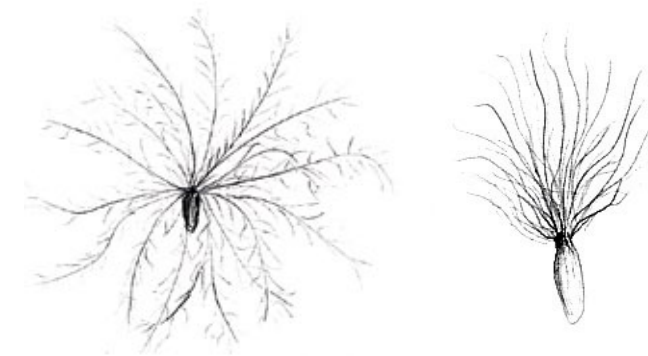
Nüsschen ohne Flugorgan



1.5 Acker-Kratzdistel

Cirsium arvense

Wie bei allen Korbblütlern sitzen auch bei der Acker-Kratzdistel die einzelnen Früchte dicht gepackt in ihrem korbformigen Fruchtstand. Jede kleine Einzelfrucht besitzt an der Spitze über 50 lange gefiederte Flughaare, die am Grund zu einem Ring verwachsen sind. Dieser Haarkelch löst sich leicht von der Frucht, wenn sie im Flug an ein Hindernis stößt. Die Körnchen fallen dann häufig in unmittelbarer Nähe der Mutterpflanze zu Boden.



Zwei Ansichten der flugfähigen Frucht



Nüsschen ohne Flugapparat

Schirmflieger



Gewicht
ca. 2,7 mg

Fallgeschwindigkeit
Mit bis zu 30 cm/Sekunde sinkt die fliegende Frucht sehr langsam ab

Flugweite
Bei Aufwind können die Schirmchen Flugweiten über 10 km erreichen

Schirmflieger



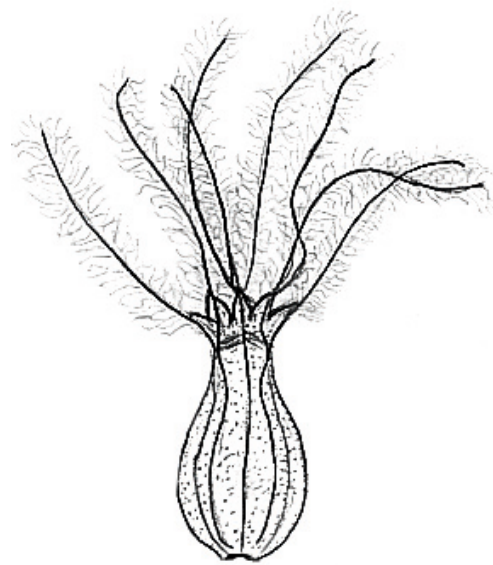
Gewicht
ca. 0,75 mg

1.6 Echter Baldrian

Valeriana officinalis

Wie ein Federball sieht die Frucht des Echten Baldrian aus: An der Spitze des 2–3mm langen Nüsschens sitzt ein Flugorgan aus langen gefiederten Borsten. Die einzelnen Haare sind hohl und dünnwandig.

Das Schirmchen entfaltet sich nur bei Trockenheit. Bei Befeuchtung rollen sich die Strahlen des Schirmchens ein. Feuchte Nüsschen können auch an Tieren haften und so von ihnen transportiert werden. Außerdem sind die Nüsschen schwimmfähig.



Baldrianfrucht

2. Schopfflieger

Die Haare des Flugapparats von Schopffliegern bilden einen pinselförmigen Haarbüsch an der Spitze oder am Grund der Frucht oder des Samens. Bei Feuchtigkeit schließt sich der Schopf, dieser Vorgang ist vergleichbar mit dem Schließen des Schirmchens der Schirmchenflieger. Beim Schopf der Wollgrasfrüchte sind die Haare bandartig. Beim Trocknen ziehen sich die Zellen der Unterseite zusammen. Dadurch werden die Haare nach außen gebogen und der Schopf breitet sich aus. Die Haare der Weidensamen bestehen aus einer einzigen Zelle, die Zellwände sind an der Außenseite verdickt. Bei feuchtem Wetter quellen die dicken Zellwände stärker auf als die dünnen und das Haar biegt sich nach innen. So legt sich bei hoher Luftfeuchte der Haarschopf eng zusammen. Bei Trockenheit breiten sich die Haare aus und die Samen werden flugfähig.



Wollgras



Weidenröschen



Platane

I. Haarflieger

Schopfflieger



Die Gewichtsbestimmung der sehr leichten Weidensamen ist nur mit einer Spezialwaage möglich. Zudem brechen die Samen leicht vom Haarschopf, wodurch das Wiegeergebnis ungenau werden kann.

2.1 Weide

Salix

Wenn im Frühjahr die Sonne scheint, springen die reifen Früchte der Weiden auf und die Luft füllt sich mit kleinen weißen Flöckchen und großen Wattebällchen, die auch bei kaum merklicher Luftbewegung verweht werden. Bei genauer Betrachtung erkennt man in den Flaumklumpen die winzig kleinen 1 bis 1,5mm langen Samen der Weide. Diese tragen einen Schopf aus etwa 7mm langen Haaren, die sich bei trockenem Wetter kugelig um das Samenkörnchen herum ausbreiten und die Samen untereinander zu großen Flocken vernetzen. Die einzelnen Haare bestehen aus nur einer einzigen Zelle.

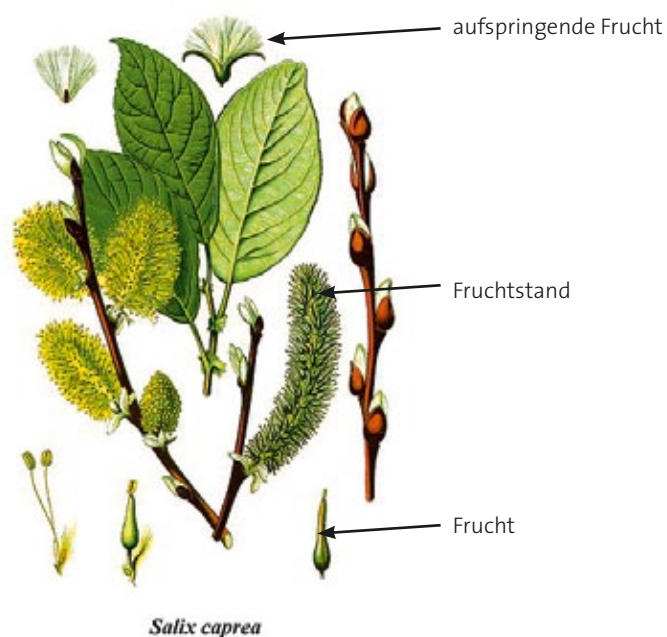
Die Samenhärchen haften gut an verschiedenen Oberflächen und werden auf diese Weise mit Gegenständen oder von Menschen und Tieren weggetragen.



Einzelner Same mit Flughärchen



Same ohne Haare

*Salix caprea*

2.2 Wollgras

Eriophorum vaginatum

Das Wollgras wächst in Sümpfen, Mooren und an Gewässerufern; im Schwarzwald ist es weit verbreitet. Im Sommer erkennt man es schon von Weitem an den leuchtend weißwolligen Fruchtständen. Genau betrachtet sind es kurze Ähren aus Einzelfrüchten mit langen Haarschöpfen als Flugorgane. Die einzelnen Haare sind nicht rund, sondern bandartig. Beim Trocknen zieht sich die Unterseite zusammen, wodurch die Haare nach außen gebogen werden und der Schopf sich ausbreitet.

Die Früchte des Wollgrases können ähnlich weit fliegen wie die der Weiden, sind jedoch auch schwimmfähig. Sie können mehrere Tage an der Wasseroberfläche treiben, bis sie an einem Wasservogel haften bleiben und mitgenommen werden oder an einem für das Auskeimen geeigneten Ort angekommen sind.



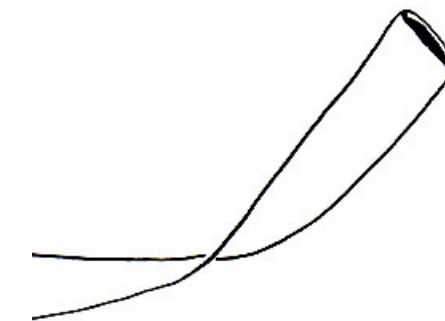
Wollgrasfrucht



Frucht ohne Flughaare



Das bandartige Flughaar bei Trockenheit: Die dicken Wandabschnitte sind geschrumpft, das Flughaar ist flach ausgebreitet.



Flughaar bei Nässe: Das Wandmaterial ist aufgequollen, das Flughaar biegt sich nach oben.

Schopfflieger



Gewicht
ca. 1,25 mg

Schopfflieger



Gewicht
ca. 0,02 mg

Fallgeschwindigkeit
20 cm/s

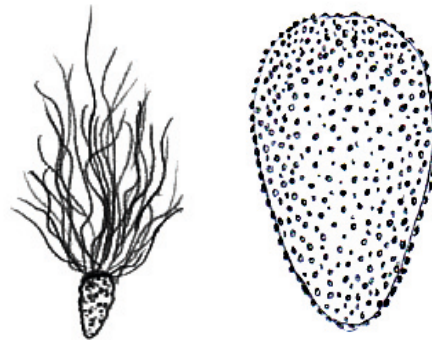
2.3 Weidenröschen

Epilobium

Die Früchte des Weidenröschens sind bis zu 8 cm lang und etwa streichholz dick. Beim Öffnen reißen die Kapseln von der Spitze nach unten auf, die vier Kapselteile biegen sich nach außen um und die Samen werden sichtbar. Die langen Samenhaare haften zunächst an den Klappen und werden zwischen den sich nach außen biegenden Klappenteilen aufgespannt. So werden die in Reihen übereinander stehenden Samen mit ausgebreitetem Haarschopf dem Wind präsentiert. Die Samen hängen so aneinander, dass die jeweils ersten, die davon fliegen, die nächsten nach sich ziehen. Oft steigen die Samen gemeinsam mit der durch die Sonneneinstrahlung über dem Boden erwärmten Luft in die Höhe und können dann in den höheren Luftströmungen kilometerweit fortgetragen werden. Dank ihres Haarschopfes können die winzigen Samen auch im Fell vorbeistreifender Tiere an einen anderen Ort transportiert werden.



Frucht: geöffnete Kapsel



Samen mit und ohne Flugapparat

2.4 Platane

Platanus

Platanen säumen als Schattenspender in unseren Städten häufig die großen Straßen. Von vielen Menschen werden sie mit Ahornbäumen verwechselt. Jedoch ein Blick auf die Fruchtstände gibt uns letzte Gewissheit: Sie hängen im Herbst als stachelig borstige Kugeln an langen Stielen von den Bäumen herab.

Im Frühjahr zerfallen die Kugeln in die 8–10 mm langen kegelförmigen behaarten Nüsschen, die den Samen enthalten. Am Grund des Nüsschens, dort wo es am kugeligen Fruchtstand festgeheftet ist, befindet sich ein langes Borstenbüschel, das als Flugapparat dient.



runder Fruchtstand der Platane



einzelne Frucht



Schopfflieger



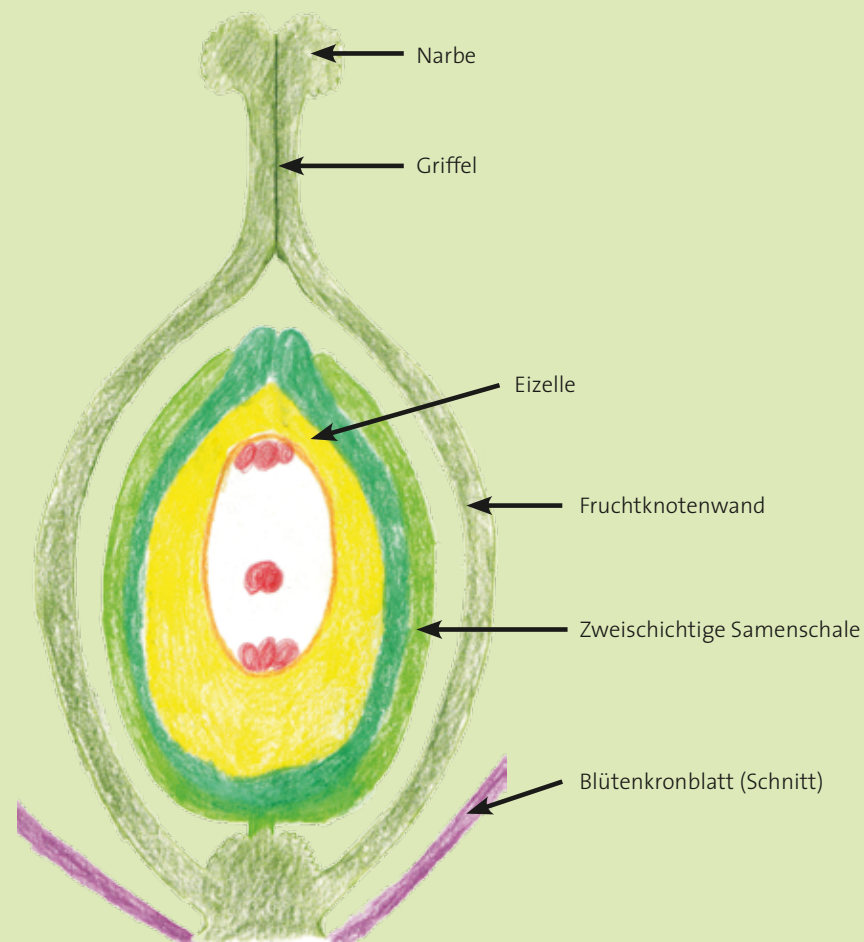
Gewicht ca. 1 mg

Fallgeschwindigkeit
Amerikanische Platane
(Platanus occidentalis) 1,7 m/s

I. Haarflieger

3. Federschweifflieger

Das Verbreitungsorgan z.B. der Waldrebe oder der Küchenschelle ist ein Federschweif. Botanisch gesehen handelt es sich dabei um eine Abwandlung des Griffels. Der Griffel ist Bestandteil der Fruchtanlage in der Blüte und bei den Federschweiffliegern stark verlängert und behaart. Beim Reifen der Früchte wächst er zu dem mehrere Zentimeter langen Flugorgan heran. Bei Trockenheit sind die Haare abgespreizt, bei hoher Luftfeuchtigkeit oder Regen legen sie sich dicht an den Griffel an.



Längsschnitt durch den Fruchtknoten einer Blütenpflanze

3.1 Gewöhnliche Waldrebe

Clematis vitalba

Die Waldrebe ist eine Liane unserer Breiten. Auf ihrem Weg zum Licht klettert sie bis zu zehn Meter empor und überzieht Gebüsch und Bäume mit einem dichten Teppich aus Stämmen, Sprossachsen und Blattwerk. Im Winter fallen besonders ihre reifen Fruchtstände auf: Ganze Haufen zotteliger hellgrauer Köpfchen. Daher heißt die Pflanze im Volksmund auch Geißbart, Herrgottsbarth oder Frauenhaar. Die Fruchtstände bestehen aus vielen kleinen Nüsschen, die an der Spitze einen 2–3 cm langen behaarten Federschweif tragen. Stärkere Windböen sind nötig, um die Federschweifflieger einzeln oder zu mehreren vom Blütenboden abzulösen und fortzuwehen. Nasse Früchte bleiben mit den Borsten leicht am Fell oder Gefieder von Tieren hängen und können auch auf diese Weise transportiert werden.



Fruktende Waldrebe



Fruchtstand mit reifen Früchten



Einzelne Frucht mit Federschweif

Federschweifflieger



Gewicht
ca. 4,4 mg

Fallgeschwindigkeit
1,1 m/s

I. Haarflieger

4. Früchte mit allseitigem Haarkranz

Bei vielen Haarfliegern ist die Frucht bzw. der Same wie ein Bällchen rundum von einem Haarkleid umhüllt. So tragen die Früchte der Herbstanemone und die Baumwollsaamen ringsum lange, weiße, krause Flughaare.



Baumwolle

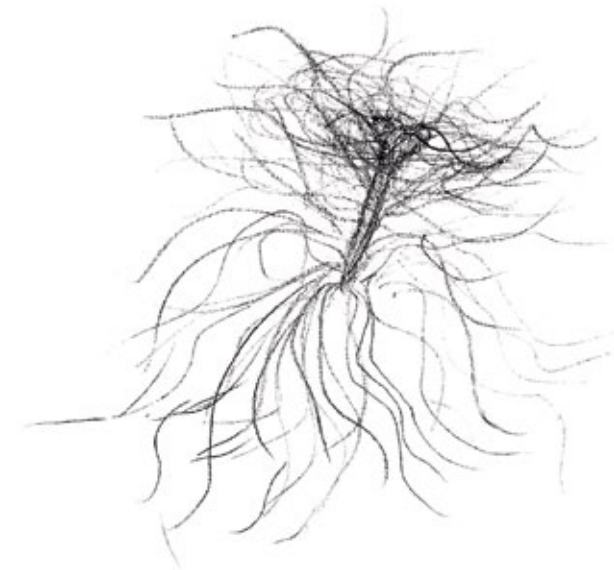


Strauchebisch: reife Frucht

4.1 Herbst-Anemone

Anemone hupehensis

Die Herbst-Anemone ist eine weit verbreitete Gartenpflanze. Wenn ihre weißen, rosaroten oder roten Blütenblätter verwelkt sind, entwickelt sich aus der zapfenförmigen Blütenachse der Fruchtstand. Bei Reife sieht er wie ein Wattebausch aus, denn die bis zu 3 mm langen ovalen Nüsschen sind rundum dicht wollig behaart. Bei trockenem Wetter werden die Früchte leicht vom Wind verweht. Bei Regen haften die Flughaare aneinander, können jedoch im Fell vorbeistreifender Tier hängen bleiben und auf diese Weise verbreitet werden.

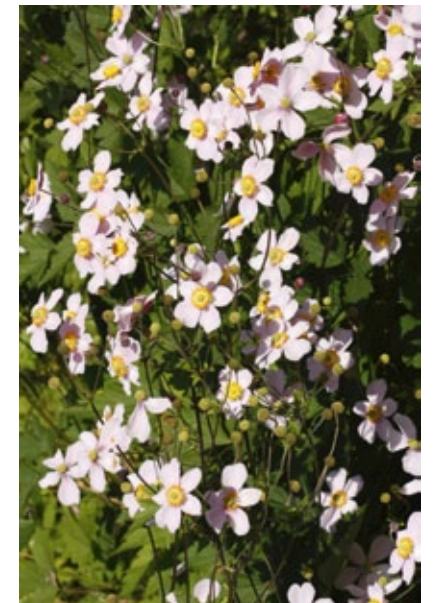


Einzelfrucht



Fruchtstand der Herbst-Anemone

Früchte mit allseitigem Haarkranz



Gewicht
ca. 0,09 mg

Fallgeschwindigkeit
1,1 m/s

Früchte mit allseitigem Haarkranz

**Gewicht**

ca. 0,14 mg

Fallgeschwindigkeit

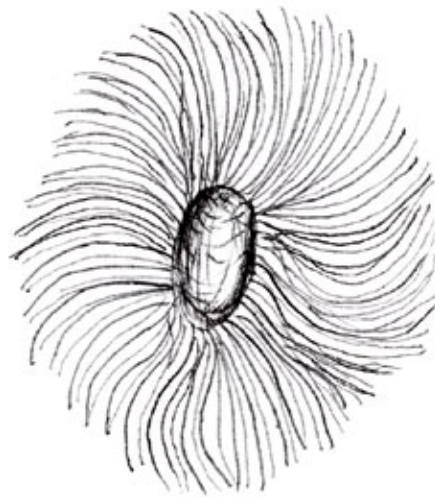
13,5 – 18,5 cm/s

4.2 Baumwolle

Gossypium

Die kugelige Kapselfrucht der Baumwollpflanze öffnet sich bei Reife und zum Vorschein kommen dicke Bäusche weißer, watteartiger Samenhaare. Diese umgeben die runden stecknadelkopfgroßen Samen von allen Seiten. Die einzelnen Fasern bestehen jeweils nur aus einer einzigen Zelle. Die Haarbäusche wirken wie Federschweife oder Fallschirme, indem sie die Fallgeschwindigkeit mindern.

Baumwollfasern zählen zu den längsten in der Natur bekannten Samenhaaren und sind extrem reißfest. Dabei sind sie schmiegsam und leicht zu verspinnen. Aus ihnen wird die Naturfaser Baumwolle gewonnen. Die beste Qualität liefern Sorten mit einer Faserlänge von mindestens 3,2 cm.



Same der Baumwolle mit zahlreichen langen Flughaaren



Unreife Frucht

4.3 Strauchhibisch

Hibiscus syriacus

Der Strauchhibisch ist ein beliebter Zierstrauch, der in vielen Farben und Formen gezüchtet wird. Er ist mit der Baumwollpflanze verwandt, beide gehören zu den Malvengewächsen. Die 1,5 bis 2 cm großen Früchte bergen die scheibenförmigen Samen. Diese tragen ringsum einen Kranz waagrecht abstehender Haare.



Frucht des Strauchhibischs



einzelner Same



Unreife Früchte

Früchte mit allseitigem Haarkranz

**Fallgeschwindigkeit**

1,1 m/s

II. Flügelflieger

Die Flügelflieger besitzen Tragflächen als Flugvorrichtungen. Bei Früchten können Flughaut und Traggerüst je nach Art von unterschiedlichen Organen der Blüte oder des Blütenstandes gebildet werden. Flügelbildungen der Samen gehen aus der Samenschale hervor und enthalten daher keine Gefäßbündel. Das geringe Gewicht der vergleichsweise großen Flügelflieger kommt durch Trocknung zustande: Beim Reifen wird der Zellsaft verbraucht oder er verdunstet und die Zellen füllen sich mit Luft.

Unter den Flügelfliegern gibt es drei verschiedene Fliegertypen:



1. Gleit- und Segelflieger

Gleitflug ist ein schwebender, mit gleichbleibender Geschwindigkeit leicht abwärts führender Flug ohne Antrieb (siehe auch [Info 4, S. 31](#)). Von Segelflug spricht man, wenn Aufwinde genutzt werden. Im Unterschied zu den Schraubenfliegern liegt bei den Gleit- und Segelfliegern der Schwerpunkt in der Mitte der Frucht bzw. des Samens oder auf deren Mittelachse. So kann auch ein einfaches Blatt Papier phasenweise gleiten.



Blauglockenbaum



Birke

Gleit- und Segelflieger

**Gewicht**

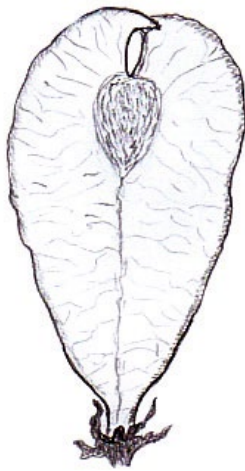
Feldulme	4,3 – 11 mg
Flatterulme	8,2 – 11 mg

1.1 Ulme

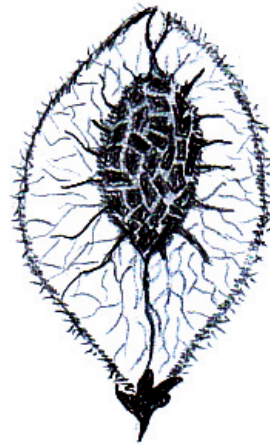
Ulmus

Die Früchte sind schon Anfang Mai in Büscheln vorhanden, noch bevor die Laubblätter erscheinen. Die eigentliche Frucht, ein einsamiges Nüsschen, bildet den Schwerpunkt des Fluggeräts, der von symmetrischen Tragflächen umgeben ist. Auf diese Weise kann die Frucht in stiller Luft in großen Kurven langsam zu Boden gleiten. Bei Wind können die Früchte in unregelmäßigen Bahnen weite Strecken zurücklegen. Gerät die reife Ulmenfrucht in Aufwinde, so kann sie weite Strecken segeln.

Bei uns kommen Feld-, Flatter- und Bergulme vor.



Feldulme



Flatterulme

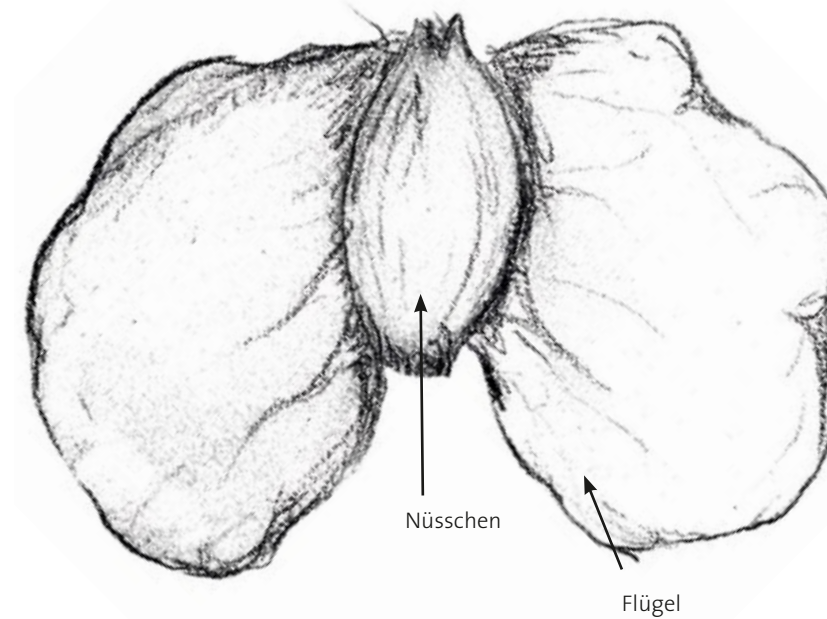


Feldulme

1.2 Birke

Betula

Der Fruchtstand sieht ähnlich aus wie ein gestielter Zapfen und zerfällt bei Reife. Die winzig kleine Frucht ist ein geflügeltes Nüsschen. Birkenfrüchte sind ähnlich symmetrisch gebaut wie die Ulmenfrucht, nur sind sie sehr viel kleiner. Auch hier liegt der Schwerpunkt im Zentrum des Gleitfliegers.



Gleit- und Segelflieger

**Gewicht**

0,06 – 0,15 mg

Fallgeschwindigkeit

13,5 – 18,5 cm/s

Gleit- und Segelflieger



einzelner Flugsame

Spannweite	14 m
Gewicht	600 kg
Geschwindigkeit	80 km/h
Tragende Fläche	ca. 30 m²

1.3 Zanonina

Alsomitra macrocarpa

Wenn die Früchte der Zanonina aufspringen, „dann glaubt man plötzlich eine ganze Schar von atlasglänzenden Schmetterlingen daraus hervorschwirren zu sehen....“ Der Flug der Zanonina-Samen ist so fantastisch anzusehen, dass selbst Botaniker für diese „feenhaft gleitenden“ Samen kaum Worte finden.

Die Zanonina ist ein Kürbisgewächs aus Südostasien. In den runden fußballgroßen Früchten befinden sich dichtgedrängt zahlreiche Samen mit papierdünnen, äußerst zarten Flughäuten. Die Flügel weisen leicht sichelförmig nach hinten und sind wegen der Lagerung in der Kugelfrucht an den verbreiterten Enden nach oben gebogen. Die größten „Flieger“ erreichen eine Spannweite von bis zu 20 cm. Der Samenkern sitzt genau im Schwerpunkt der tragenden Fläche. Mit dieser Bauform wird ein außerordentlich stabiles Gleiten erreicht. Der Same schraubt sich in weiten Bögen unter geringem Höhenverlust allmählich nach unten. Wenn er irgendwo anstößt, pendelt er kurz und nimmt gleich wieder seine normale Flugposition ein.

Fortsetzung Zanonina

Alsomitra macrocarpa

Auch die Flugpioniere an der Wende zum 20. Jahrhundert waren von den hervorragenden Gleiteigenschaften der Zanonina-Samen begeistert. Entwicklungen nach dem Vorbild dieses Samens waren Nurflügelgleiter oder die „Etrich-Rumpler-Taube“. Dieses von Igo Etrich entwickelte Fluggerät war eines der gutmütigsten und populärsten Flugzeuge der Zeit vor 1914. Über seine Erfindung schrieb er: „Ich entwarf ... den Apparat ohne jede Berechnungsgrundlage, rein empirisch und intuitiv nach dem Vorbild eines Vogels in Gleitflugstellung“.

Etrichs Konstruktion wurde von Edmund Rumpler verbessert und in Serie gebaut. 1911 kostete eine „Taube“ etwa 20 000 Mark.

Aus urheberrechtlichen Gründen kann die Abbildung nicht gezeigt werden.

Gleit- und Segelflieger

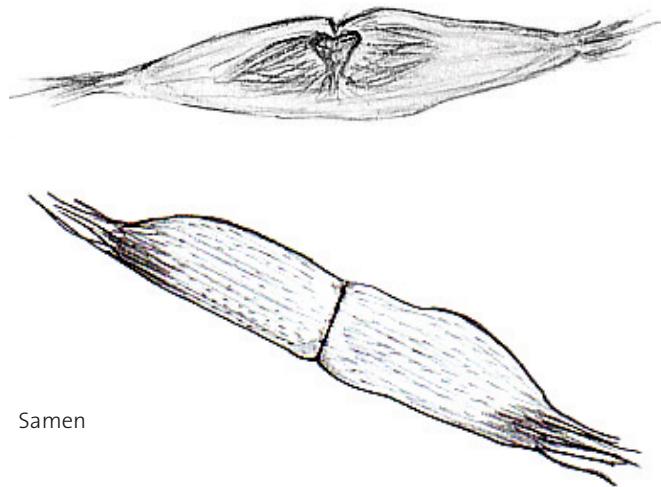
Gleit- und Segelflieger



1.4 Trompetenbaum

Catalpa bignonioides

Ursprünglich war der Trompetenbaum nur im Südosten der USA beheimatet. 1726 hat ihn ein englischer Naturforscher nach Europa mitgebracht. Seitdem wird er häufig in Parkanlagen angepflanzt. Im späten Frühling ist er über und über von weißen Blüten bedeckt. Die Früchte sind bohnen- oder röhrenförmig, bis 40 cm lang und 6–8 mm dick. Sie bleiben den Winter über am Baum hängen und klappen erst im Frühjahr in zwei Teile auseinander. Dann überlassen sie dem Wind zahlreiche flache Samen mit zwei seitlichen Flügeln, die in je einem Haarbüschel auslaufen.

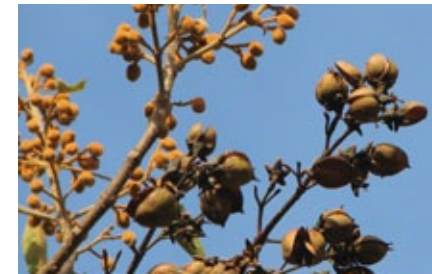


Samen

1.5 Blauglockenbaum

Paulownia tomentosa

Noch vor dem Laubaustrieb erscheint der Blauglockenbaum in unseren Parks wie ein Meer prächtiger glockenförmiger violetter Blüten. Im August sind die Früchte reif: Eiförmige braune Kapseln, 2–4 cm lang, vorn mit einer kleinen Spitze. Jedoch erst im Januar werden die zahlreichen winzig kleinen geflügelten Samen entlassen und vom Wind weit verweht. Blauglockenbäume werden häufig mit Trompetenbäumen verwechselt, sind jedoch an den Früchten klar zu unterscheiden.



Knospen und Früchte



Einzelner Same

Gleit- und Segelflieger



Gewicht etwa vergleichbar mit dem der Birkenfrucht

II. Flügelflieger

2. Schraubenflieger, Propellerfrüchte

Propellerfrüchte sind stets unregelmäßig gebaut: In den meisten Fällen liegt ihr Schwerpunkt weit vom Zentrum des Gebildes entfernt, wie z. B. bei den Früchten von Ahorn, Linde oder der Hainbuche. Im Sinkflug rotieren die Früchte schnell um diesen Schwerpunkt. Dadurch wird die Abwärtsbewegung verlangsamt und mit den Flügelflächen kann Auftrieb erzeugt werden. Wenn die Flügelfläche geneigt ist, kommt es auch zu einer Seitwärtsbewegung. Entscheidend für die Flugbahn ist, in welchem Winkel zum Luftstrom die Frucht von der Pflanze abgetrennt wird. Siehe auch Info 5 im Begleitheft.



Hainbuche



Linde

2.1 Ahorn

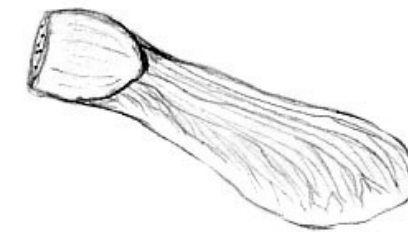
Acer

Im Frühsommer finden wir überall in der Stadt die grünen Nasenkneifer. Es sind die unreifen Früchte von Ahornbäumen. In Deutschland beheimatet sind Spitzahorn, Bergahorn und Feldahorn.

Die Frucht ist eine Doppelnuß. Sie zerfällt entlang einer Scheidewand in zwei einzelne Flügelnüsse. Ein Großteil der Früchte bleibt den Winter über am Baum hängen, weil so der Wind besser angreifen kann. Stürme und starke Winde sind notwendig, um die Früchte abzureißen. Der Flügel wird von der Samenschale gebildet und ist von zahlreichen Leitbündeln durchzogen. Beim Reifen trocknen die Früchte aus, die Zellen füllen sich mit Luft und die Frucht wird dadurch leichter. Eine Längskante des Flügels ist verdickt, bruchfest, glatt und leicht gebogen. Die gegenüberliegende Kante ist dünn und nicht verstärkt. Die fast senkrecht zur harten Kante verlaufenden Gefäßbündel bilden das Stützgerüst für die Flügelfläche. Der Schwerpunkt der Frucht ist seitlich nach vorn verschoben. Die Früchte geraten daher beim Abfallen vom Baum in eine schnell rotierende schraubige Bewegung, wobei die versteifte Kante des Flügels nach vorn gerichtet ist.



Bergahorn



Spitzahorn (Halbfrucht)

Schraubenflieger

**Gewicht**

14,7 – 16,7 mg

Schraubenflieger

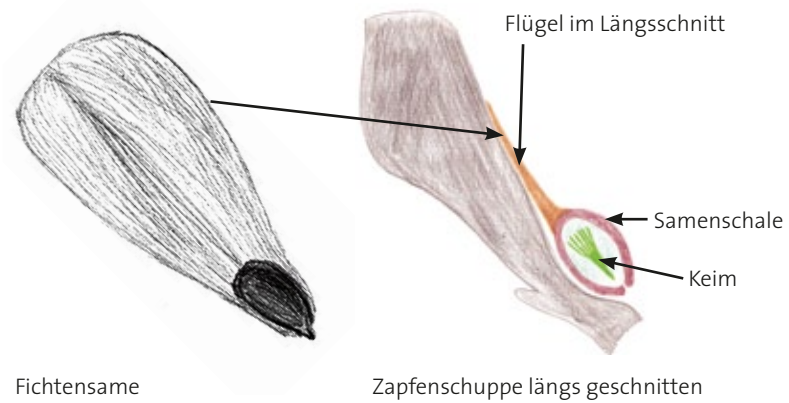


Gewicht
14,7 – 16,7 mg

2.2 Fichte

Picea

„Tannenzapfen“ kennen hierzulande schon kleine Kinder. Doch die Zapfen, die wir vom Waldboden aufsammeln, stammen nicht von der Tanne, sondern von der Fichte. Die Zapfen hängen an den Ästen und fallen im Gegensatz zu den Tannenzapfen bei Reife als Ganzes herunter. Diese Zapfen sind die Fruchtstände der Fichte. Zwischen den einzelnen Zapfenschuppen liegen geflügelten Samen, die in der Form ähnlich wie Ahornpropeller aussehen, nur deutlich kleiner und ohne Versteifungen in der Flügelfläche. Bei Sonnenschein trocknen die Zapfen, die Zapfenschuppen spreizen ab und die Samen fallen heraus. Wie bei Ahornfrüchten rotiert der Same um seinen Schwerpunkt. Dadurch wird der Same länger in der Luft gehalten und der Wind kann ihn weit fort tragen.



Keimling

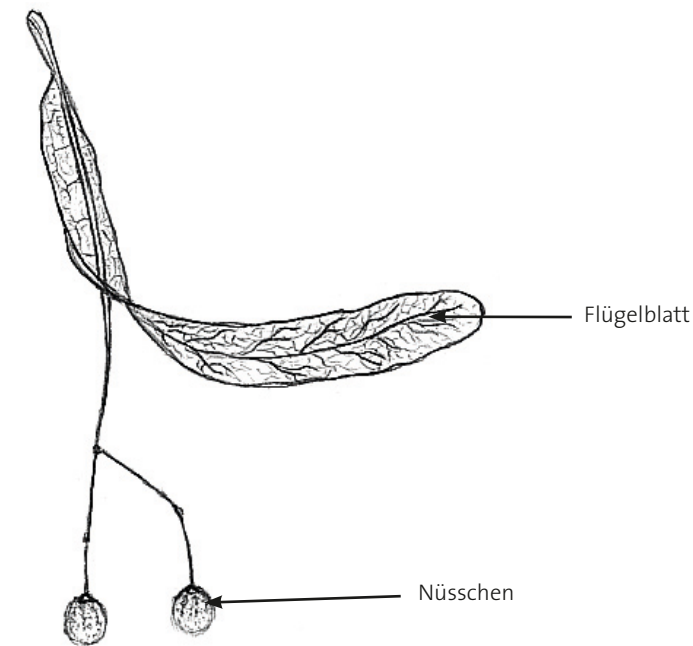


Zapfen

2.3 Linde

Tilia

Die Lindenfrüchte besitzen ein einzigartiges Flugorgan: Ein Blatt, das bis zur Hälfte mit dem Stiel des Fruchtstandes verwachsen ist. Die Früchte selbst sind lang gestielte erbsengroße Nüsschen. Beim Abfallen wird das Flügelblatt in eine schnelle Drehung versetzt und verlangsamt dadurch das Absinken der Früchte. So können diese vom Wind weit fortgetragen werden. Die Wirkung dieses Flugapparats wird noch dadurch erhöht, dass die Früchte bis lange nach dem Laubfall an den kahlen Bäumen hängenbleiben und von den Winter- und Frühlingsstürmen abgerissen und transportiert werden.



Schraubenflieger



Das Gewicht des Fliegers kann stark variieren. Es ist unter anderem abhängig von der Anzahl der Nüsschen.

Schraubenflieger



Gewicht
36,9 – 52,2 mg

2.4 Hainbuche

Carpinus betulus

Die Hainbuche, ein anderer Name ist Hagebuche, deutet darauf hin, dass dieser Baum häufig als Hecke angepflanzt wird. Die weiblichen Blüten bilden ein zwei bis vier Zentimeter langes Blütenkätzchen. Daraus entwickeln sich hängende Fruchtstände, die zur Reifezeit bis 17 cm lang werden. Ab Oktober oder November lösen sich die einzelnen Früchte ab und werden propellernd vom Wind davon geweht. Die Frucht ist eine erbsengroße, einsamige Nuss, die in der Achsel eines dreilappigen Blattorgans sitzt. Dieses ist zunächst grün und dient der Versorgung der sich entwickelnden Frucht mit Nährstoffen und Wasser. Zur Fruchtreife vertrocknet es und dient dann als Flügel bei der Windausbreitung. Auch bei der Hainbuche bleiben die Früchte bis weit ins darauffolgende Jahr am Baum hängen.



dreilappiges Flugorgan



Nüsschen

II. Flügelflieger

3. Schraubendrehflieger

Den Flügeln fehlt die verstärkte Rückenkannte. Die Flügel sind auf beiden Seiten dünn und zweischneidig. In der Längsachse der Flügel kann eine Verdickung auftreten, die dem Flügel Festigkeit verleiht. Beim Fall beschreiben die Früchte nicht nur Schraubenlinien, sondern drehen sich auch noch um die Längsachse. Das Nüsschen sitzt wie bei den anderen Schraubenfliegern außerhalb der Mitte.

Der Götterbaum weist eine Besonderheit auf: Die Frucht ist eigentlich wie ein Scheibenflieger gebaut. Der Götterbaum *Ailanthus altissima*, die bei uns häufig als Parkbaum angepflanzt wird, fliegt aber eher wie ein Schraubendrehflieger.



Esche



Tulpenbaum

Schraubendrehflieger

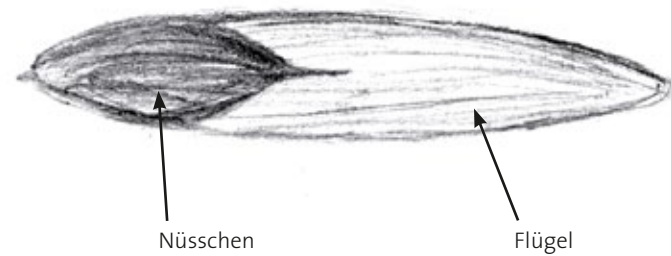


Gewicht
64,5 – 148,5 mg

3.1 Esche

Fraxinus excelsior

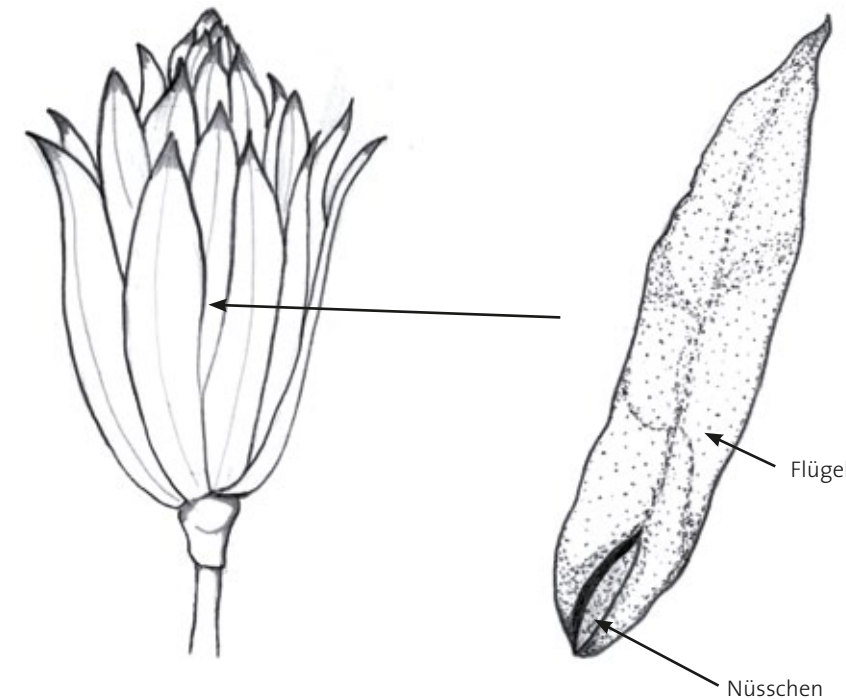
Die Früchte, es sind flache Nüsse, besitzen einen länglichen zungenförmigen, leicht in sich gedrehten Flügel. Wie andere Schraubendrehflieger auch, bleiben die Früchte nach der Reife bis in den Spätherbst und Winter am Baum. Nur starke Stürme können sie vom Baum losreißen und Winde mit hoher Geschwindigkeit können sie weit weg tragen. Außerdem wird der Wind nach dem Laubfall nicht durch das Laub abgebremst und kann so ungehindert stark angreifen. Bei Windstille ist die Sinkgeschwindigkeit verhältnismäßig hoch und der Ferntransport gering.



3.2 Tulpenbaum

Liriodendron tulipifera

Der Tulpenbaum stammt aus Nordamerika und ist bei uns ein beliebter Parkbaum. Die Fruchtsände erinnern an Zapfen, bestehen jedoch aus einer etwa 5 cm langen Spindel, um die herum zahlreiche geflügelte Nüsschen angeordnet sind. Auch die Früchte des Tulpenbaumes sind Schraubendrehflieger. Der Flügel ist flach rinnenförmig und der Mittelnerv ist stark ausgeprägt.



Fruchtstand

Einzelne Frucht

Schraubendrehflieger



Gewicht
48,3 – 115,1 mg

Schraubendrehflieger



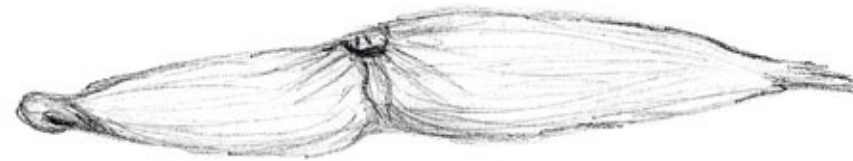
Gewicht
ca. 22,8 mg

3.3 Götterbaum

Ailanthus altissima

Ungewöhnlich ist auch das Flugorgan der Götterbaumfrucht. Die Nussfrüchte besitzen nämlich zwei ungleiche Flügel, die sich an einer Längsachse gegenüber stehen. Etwas oberhalb der Mitte, von den Flügeln umrahmt, ist der Same eingeschlossen. Der obere Flügel ist noch einmal schraubig um 180° gedreht.

Im Fall legt sich die Längsachse des Nüsschens quer und es erfolgen Drehbewegungen um die Längsachse. Zusätzlich führt die Frucht bei Windstille Schraubenbewegungen ähnlich der Ahornfrucht aus. Bei Wind kann das Nüsschen lange in der Luft gehalten werden.



Frucht

III. Ballonflieger

Ballonflieger besitzen blasenförmige Flugeinrichtungen. Obwohl die Blasen viel Luft enthalten und außerordentlich leicht sind, werden sie nur über kurze Strecken durch die Luft transportiert. Erst wenn die „Ballone“ am Boden angekommen sind, entfalten sie ihre Fähigkeiten für die Ausbreitung der Pflanze: Als „Bodenroller“ treibt sie der Wind über weite Strecken vor sich her.

Blasenstrauch

Colutea arborescens

Der Blasenstrauch stammt aus den Mittelmeerländern und Westasien und wird bei uns in Gärten und Parkanlagen angepflanzt. Die Pflanze ist wie Bohne und Erbse ein Schmetterlingsblütler. Ihre Frucht ist eine Hülse mit einer papierdünnen Schale, die wie aufgeblasen wirkt und prall mit Luft gefüllt ist. Die Samen sind sehr klein und leicht. So sind die Früchte trotz der bedeutenden Größe der „Bohnen“ federleicht. Bei Reife springen die Früchte nicht auf, sondern werden vom Wind abgerissen und als Ganzes davon getragen. Das geringe Gewicht und die große Oberfläche der Früchte bietet zwar dem Wind viel Angriffsfläche, die Früchte sind aber dennoch zu schwerfällig, um sich länger in der Luft halten zu können. So ist es für die Ausbreitung der Pflanze fast wichtiger, dass starker Wind die am Boden liegenden Früchte über weite Strecken von der Mutterpflanze fort rollen kann.



III. Ballonflieger

Ballonflieger



Gewicht 150 – 290 mg

Das Gewicht der Frucht kann stark variieren.

Name:

Datum:

Von Früchten und Samen das Fliegen lernen

Versuchsprotokoll Nr. 1

Name des zu untersuchenden Gegenstands: _____

Funddatum: _____ Fundort: _____

Fundumstände: _____

Beobachtungen am fliegenden Objekt

Skizziere die Flugbewegungen:

Welche Flugbahn beschreibt es? Wie liegt das Objekt in der Luft?

Dreht sich das Objekt? Wenn ja, skizziere die Drehbewegung. Wie landet es?

Beschreibe deine Beobachtungen mit anschaulichen und treffenden Begriffen:

Versuchs-
protokolle

Name:

Datum:

Von Früchten und Samen das Fliegen lernen

Versuchsprotokoll Nr. 2

Name des Untersuchungsgegenstands: _____

Funddatum: _____ Fundort: _____

Fundumstände: _____

Aufbau der Flugfrucht oder des Flugsamens

Zeichnung:

Welche Aufgaben haben die einzelnen Bauelemente?

Bezeichnung des Bauelements	Aufgabe

Name:

Datum:

Von Früchten und Samen das Fliegen lernen
Versuchsprotokoll Nr. 3: Haarflieger

Im Fallturm legt die Frucht oder der Same genau 1 Meter zurück. Trage die mit der Stoppuhr gemessene Zeit in die Tabelle ein. Die meisten Haarflieger sind so leicht, dass sie mit einer normalen Waage nicht gewogen werden können. In „Fliegertypen im Pflanzenreich“ findest du Gewichtsangaben.

Frucht oder Same von	Fallzeit für 1 Meter (Sekunden)			Mittelwert der Fallzeit	Gewicht (mg)	Fallgeschwindigkeit cm/s
	1. Versuch	2. Versuch	3. Versuch			
Löwenzahn						
Wiesenbocksbart						
Greiskraut						
Gänsedistel						
Acker-Kratzdistel						
Baldrian						
Platane						
Weide						
Wollgras						
Weideröschen						
Waldrebe						
Herbstanemone						
Strauchheibisch						
Baumwolle						

Welchen Zusammenhang kannst du zwischen der Fallzeit und dem Gewicht erkennen? Welchen zwischen Gewicht und Fallgeschwindigkeit? Warum sinken die Haarflieger unterschiedlich schnell?

Name:

Von Früchten und Samen das Fliegen lernen

Versuchsprotokoll Nr. 4: Flügelflieger

Bestimme die Fallstrecke und trage sie in die Tabelle ein. Trage dann die durchschnittlichen Fallzeiten für die untersuchten Flügelflieger ein. Wiege die Früchte oder Samen und trage das Gewicht ein. Für sehr leichte Objekte findest du die Gewichtsangaben im Abschnitt „Fliebertypen im Pflanzenreich“.

Frucht oder Same von	Fallzeit für _____ Meter (Sekunden)			Mittelwert der Fallzeit für ____ Meter (Sekunden)	Gewicht (mg)	Fallgeschwindigkeit cm/s
	1. Versuch	2. Versuch	3. Versuch			
Bergahorn						
Spitzahorn						
Linde						
Hainbuche						
Fichte						
Ulme						
Birke						
Trompetenbaum						
Blauglockenbaum						
Esche						
Tulpenbaum						
Götterbaum						
Blasenstrauch						

Welchen Zusammenhang kannst du zwischen der Fallzeit und dem Gewicht erkennen?
Welchen zwischen Gewicht und Fallgeschwindigkeit?

Name:

Datum:

Von Früchten und Samen das Fliegen lernen

Versuchsprotokoll Nr. 5

Haarflieger

Bestimmung der Flugweite bei einer Abwurfhöhe von 3 Metern.

- a) ohne Seitenwind
b) mit Seitenwind

Frucht oder Same von	Flugweite ohne Seitenwind (Meter)	Flugweite mit Seitenwind (Meter)	Abstand des Föhns von der Abwurfstelle (Meter)	Windgeschwindigkeit Meter / Sek.
Löwenzahn				
Wiesenbocksbart				
Greiskraut				
Gänsedistel				
Acker-Kratzdistel				
Baldrian				
Platane				
Weide				
Wollgras				
Weideröschen				
Rohrkolben				
Waldrebe				
Herbstanemone				
Strauchheibisch				
Baumwolle				

Name:

Datum:

Von Früchten und Samen das Fliegen lernen

Versuchsprotokoll Nr. 6

Flügelflieger

Bestimmung der Flugweite bei einer Abwurfhöhe von 3 Metern.

a) ohne Seitenwind

b) mit Seitenwind

Frucht oder Same von	Flugweite ohne Seitenwind (Meter)	Flugweite mit Seitenwind (Meter)	Abstand des Föhns von der Abwurfstelle (Meter)	Wind-geschwindigkeit Meter / Sek.
Ahorn				
Linde				
Hainbuche				
Fichte				
Ulme				
Birke				
Trompetenbaum				
Blauglockenbaum				
Esche				
Tulpenbaum				
Götterbaum				

Name:

Datum:

Von Früchten und Samen das Fliegen lernen

Versuchsprotokoll Nr. 7

Trage die wichtige Kenngrößen für den Gleitflug in die Tabelle ein.

Frucht oder Same von	Flügelfläche [cm ²]	Gewicht [mg]	Sinkgeschwindigkeit [cm/s]	Flächenbelastung [g/mm ²]
Ahorn				
Linde				
Hainbuche				
Fichte				
Ulme				
Trompetenbaum				
Esche				
Tulpenbaum				
Götterbaum				

Vertiefende Literatur (Auswahl)

Bonn, S. & Poschold, P.: Ausbreitungsbiologie der Pflanzen Mitteleuropas, Quelle & Meyer, Wiesbaden, 1998

Frankenhäuser, H.: Früchte, Samen und ihre Verbreitung, Naturhistorisches Museum Mainz, 1986

Gibbs-Smith, Ch.: Pioniere der Luftfahrt, Köln, 1975

Hagemann, I. & Steininger, F. (Hrsg.): Alles was fliegt – in Natur, Technik und Kunst. Kleine Senckenbergreihe Nr. 23, Palmengarten Sonderheft 24, 1996

Hertel, H.: Struktur Form Bewegung, Krauskopfverlag, Mainz, 1963

Heuer, D. & Heuer, Ch.: Luft sehen – Papier hören, Neuwied, 1996

Hill, B.: Bionik – Lernen von der Natur für die Technik, Verlag Franzbecker, Hildesheim, Berlin, 2001

Hill, B. (Hrsg.): Bionik – Lernen von der Natur, Reihe natur Mensch Technik, Duden Paetec Schulbuchverlag, Berlin, 2006

Hilscher, H. & al.: Physikalische Freihandexperimente Bd. 1, Mechanik, 2. verbesserte Aufl., Köln 2006

Kronfeldner, M.: Verbreitung von Samen und Früchten - Karpobiologie, Aulis Verlag Deubner, Köln, 1982

Leins, P. & Erbar, C.: Blüte und Frucht, 2. Aufl., Stuttgart, 2008

Linksens, H.-F., Stumm, C.K.: Verbreitungsorgane bei Samen und Früchten – eine fotografische Erkundung, I. Die Vielfalt der Transportmechanismen. Mikrokosmos, 83, Heft 4, S. 201 – 205, 1994

Lüttig, A. & Kasten, J.: Hagebutte & Co. Blüten, Früchte und Ausbreitung europäischer Pflanzen, Fauna Verlag, Nottuln, 2003

Nachtigall, W.: Ökophysik, Berlin, Heidelberg, 2006

Nachtigall, W.: Biomechanik von Flugsamen Teil 1: Mikrostrukturierung und Verringerung der Sinkgeschwindigkeit der Fallschirmchen des Löwenzahns. Mikrokosmos 98, S. 153 – 158, Heft 3, 2009

Nachtigall, W.: Biomechanik von Flugsamen Teil 5: Absinken von Pappus tragenden Diasporen mit geringer Flächenbelastung. Beispiel: Weide (*Salix spec.*), Mikrokosmos 100, S. 14 – 18, Heft 1, 2011

Nachtigall, W.: Biomechanik von Flugsamen Teil 7: Zur Windverbreitung der Diaspore des Wiesenbocksbarts, *Tragopogon orientalis*. Mikrokosmos 100, S. 136 – 1138, Heft 3, 2011

Ulbrich, E.: Biologie der Früchte und Samen (Karpobiologie), Berlin, 1928

Unterricht Arbeit + Technik, „Fliegen“, Heft 5, Seelze 2000

Quellenverzeichnis Abbildungen

im Praxishandbuch

Alle nicht näher bezeichneten Abbildungen und Zeichnungen von Ute Wiegel oder aus den Bildarchiven iStockphoto und ClipDealer

Fotos

Ute Wiegel und Felix Hellinger

Zeichnungen

Anna Coels: **S. 13**

Verändert nach: Heuer, D. & Heuer, Ch.: Luft sehen – Papier hören, Neuwied, 1996: **S. 27**

weitere Bildquellen (Fotos)

S. Schulz, Baden-Württemberg-Stiftung: **S. 9**

Luginsland, Technoseum Mannheim: **S. 11 unten (Schlaufenflügler)**

Schema „Der Bionische Denk- und Handlungsprozess“ aus: Natur – Mensch – Technik. Bionik – Lernen von der Natur, Duden Paetec, Berlin 2006, Idee: Prof. Dr. Bernd Hill: **S. 12**

Andreas Kleinsteuber: **S. 30 oben**

Annemarie Radkowitzsch: **S. 30 mitte**

Christoph Bernd: **S. 31 oben (Storch)**

Günter Ebert, Karlsruhe: **S. 31 (Tagpfauenauge)**

Klaus Echle: **S. 31 (Fledermaus)**

Martin Wagner: **S. 31 (Heißluftballon, Flugzeug, Hubschrauber)**

Luftschiffbau Zeppelin GmbH, Friedrichshafen: **S. 31 mitte rechts (Zeppelin)**

Heinrich Hertel: aus: Hertel, H.: Struktur Form Bewegung, Krauskopfverlag, Mainz, 1963: **S. 32**

Rosi Lauber: **S. 37 oben**

Sonstige Illustrationen

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Landon-IcarusandDaedalus.jpg?uselang=de>
Image:Icarus and Daedalus; Painter: Charles Paul Landon; Date: 1799; Source: <http://oaks.nvg.org/sa1ra5.html>: Musée des Beaux-Arts et de la Dentelle d'Alençon, Alençon: **S. 11**

Illustrations de Ichtyologie ou histoire naturelle générale et particulière des Poissons Bloch, Marcus Elieser, J. F. Hennig, Plumier, Krüger, Pater, Schmidt, Ludwig, Bodenehr, Moritz 1795–1797: **S. 31 rechts (Fliegender Fisch)**

Montgolfiere_1783.jpg (726 x 538 Pixel, Dateigröße: 71 KB, MIME-Typ: image/jpeg): **S. 37 unten**

Quellenverzeichnis Abbildungen

in „Fliegertypen in der Pflanzenwelt“

Alle nicht näher bezeichneten Abbildungen, Zeichnungen und Fotos von Ute Wiegel oder aus den Bildarchiven iStockphoto und ClipDealer

Zeichnungen

J. Ohmer: *S. 47; S. 48; S. 49; S. 50; S. 51; S. 52; S. 54; S. 55 oben rechts, oben links; S. 56; S. 57; S. 59; S. 61; S. 62; S. 63; S. 66; S. 70; S. 71; S. 73; S. 75; S. 76; S. 78; S. 79; S. 80; S. 81*

K. Schmieder: *S. 67, S. 74 links*

Fotos

F. Hellinger: *S. 47; S. 48 Mitte rechts; S. 53 rechts; S. 57 unten links*

A. Radkowsch: *S. 48 oben links; S. 51; S. 53 links; S. 55; S. 55 oben rechts; S. 61; S. 62; S. 63 oben rechts; S. 67; S. 70; S. 71 links; S. 74; S. 76; S. 77 rechts; S. 78; S. 79; S. 80*

Karsten Palt: *S. 69*

Sonstige Abbildungen

Prof. Dr. Otto Wilhelm Thomé, Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz 1885, Gera, Germany; aus: www.biolib.de http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Cleand-Illustration_Salix_caprea.jpg&filetimestamp=20051227044605: *S. 54*

Prof. Dr. Otto Wilhelm Thomé, Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz 1885, Gera; aus: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Illustration_Ulmus_carpinifoliao.jpg?uselang=de: *S. 66*

Projektleitung „Ideenkoffer Bionik“ und Autoren

Prof. Dr. Andreas Martens

Pädagogische Hochschule Karlsruhe

Institut für Biologie und Schulgartenentwicklung

Bismarckstraße 10 • 76133 Karlsruhe



Ute Wiegel

Pädagogische Hochschule Karlsruhe

Bismarckstraße 10 • 76133 Karlsruhe

● Die Baden-Württemberg Stiftung setzt sich für ein lebendiges und lebenswertes Baden-Württemberg ein. Sie ebnet den Weg für Spitzenforschung, vielfältige Bildungsmaßnahmen und den verantwortungsbewussten Umgang mit unseren Mitmenschen. Die Baden-Württemberg Stiftung ist eine der großen operativen Stiftungen in Deutschland. Sie ist die einzige, die ausschließlich und überparteilich in die Zukunft Baden-Württembergs investiert – und damit in die Zukunft seiner Bürgerinnen und Bürger.

