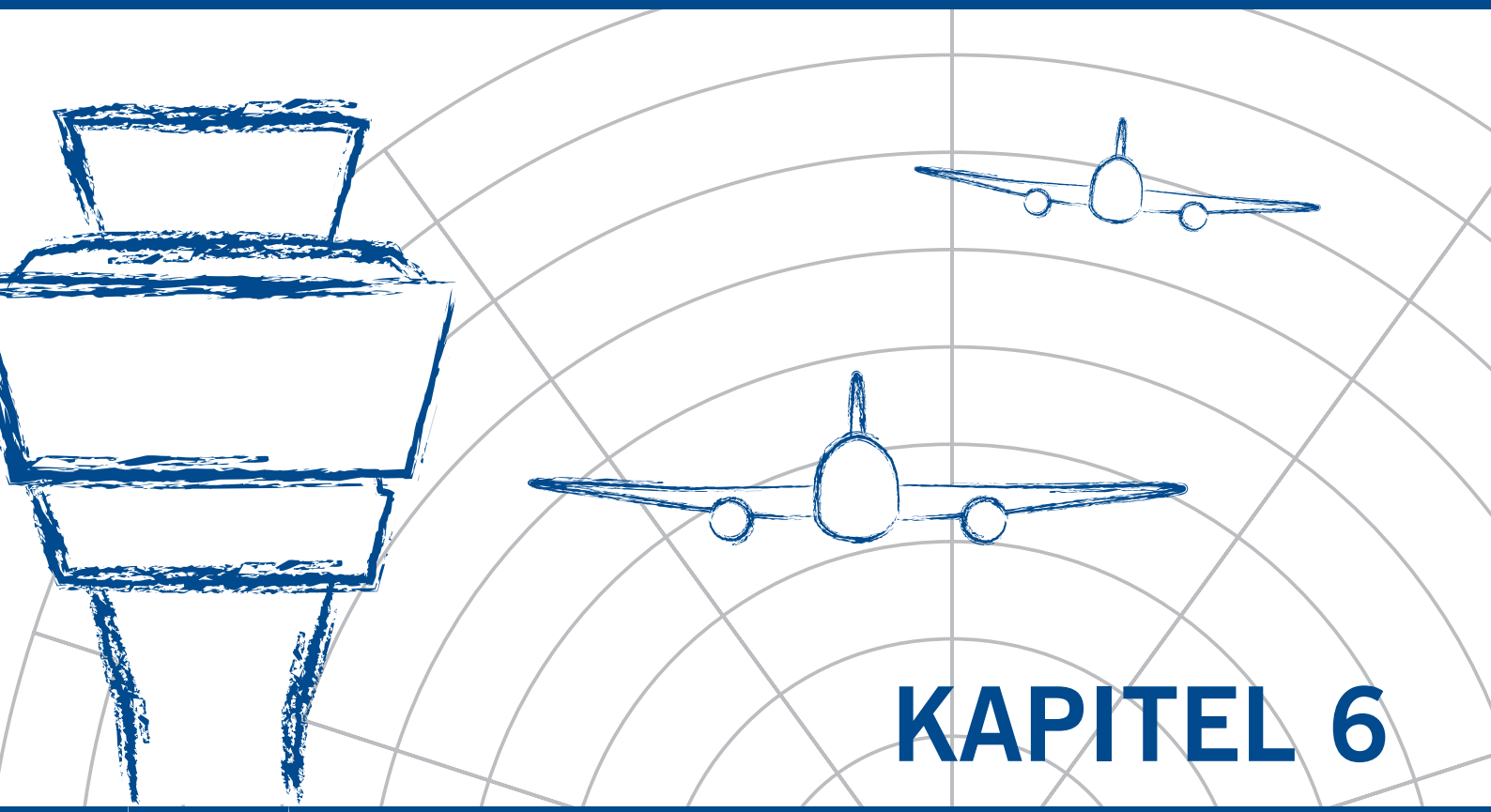
Klett MINT

DFS Deutsche Flugsicherung

FLIEGEN

Lerneinheiten für den Fachunterricht
in der Oberstufe

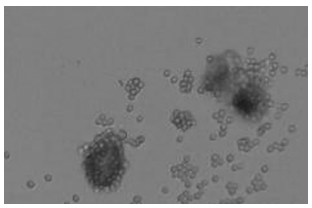


KAPITEL 6

Biologie

- Biologie des Fliegens
- Vogelflug
- Ahorn
- Insekten
- Pollen
- Schimmel

6.1 Biologie des Fliegens



Schimmelsporen

Schon Kinderlieder wie „Kommt ein Vogel geflogen“ und „Summ, summ, summ“ bezeugen es: Vögel fliegen durch die Luft. Insekten fliegen durch die Luft. Aber: Besingt auch jemand den Haselnusspollen? Oder den Birkensamen? Wohl kaum. Dabei verdient diese Art des Luftverkehrs genauso unter die Lupe genommen zu werden wie der gravitätische Flug eines Adlers oder Albatros.

Löwenzahn

Egal, ob Tier oder Pflanze: Die Natur offeriert schon seit Jahrmillionen Bauprinzipien, die erstaunliche Flugleistungen ermöglichen und die sich auch im modernen Flugzeugbau wiederfinden. So ist etwa der unscheinbare Birkensamen ein Musterbeispiel für eine Leichtbaukonstruktion mit kleinem Rumpf und großen Tragflächen. Entsprechend gut sind seine Flugleistungen.

Die wahren Flugpioniere heißen demnach nicht Montgolfière, Wright oder Lilienthal, sondern Schimmelspore, Löwenzahn, Libelle und Kolibri, um nur einige zu nennen.

Das Thema Fliegen eignet sich, wie man sieht, für einen spannenden Streifzug durch die Biologie und sollte nicht nur auf die Ornithologie reduziert werden – obwohl der Film „Nomaden der Lüfte“ besonders eindrucksvoll ist, der den erstaunlichen Leistungen der Zugvögel ein Denkmal setzt.

Schmetterling

Die Biologie liefert interessanterweise auch Antworten auf das „Warum“ des Fliegens: Zum einen geht es um individuelle und schnelle Fortbewegung (Beispiel Vögel), zum andern um den Lufttransport von Gütern über große Distanzen. Wobei die Güter hier natürlich keine Koffer und Kisten sind, sondern Embryonen, Keimzellen und Sporen. Manche Pflanzen haben raffinierte Strategien bis hin zur auffälligen Markierung von Landeplätzen entwickelt, um ihr Erbgut von A nach B zu verbreiten. Als Lufttaxi dienen hierbei z. B. Insekten, die für ihre Arbeit mit süßem Nektar belohnt werden.

Lachmöwe

Die folgenden Lerneinheiten ermöglichen es, sich mit zahlreichen Versuchen und Beobachtungsaufgaben der Biologie des Fliegens anzunähern.

© Als Kopiervorlage freigegeben. DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Langen; Klett MINT GmbH, Stuttgart

6.2 Vogelflug – die größte Flugschau der Welt

Gleitflug, Sturzflug, Kreisen, Rütteln, Landung mit Tauchgang, Start vom Wasser aus – auch der waghalsigste Pilot kommt nicht im Entferntesten an die Flugkünste eines Vogels heran. In dieser Lerneinheit geht es darum, die biologischen Ursachen des Vogelflugs zu ergründen. Die physikalischen Aspekte sind in Kapitel 7 detailliert beschrieben.

Kolibri im Schwirrflug an einer Blüte

Flügelspannweiten
Kolibri: 12 cm
Weißstorch: 225 cm
Albatros: 350 cm

Flügelschläge pro s (max.)
Kolibri: 50–200
Sperling: 10
Turmfalke: 5
Mauersegler: 12

Fluggeschwindigkeit in km/h
Sperling: 40
Turmfalke: 75
Mauersegler: 130

Aufgabe 6.2.1

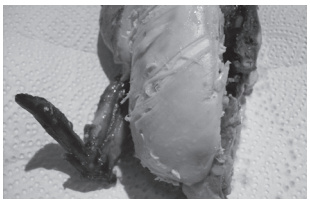
Brathähnchen auf dem Seziertisch • Das „Triebwerk" eines Vogels ist die Flugmuskulatur, die – und das ist der große Unterschied zum Flugzeug – die Flügel so bewegt, dass sowohl Auftrieb als auch Vortrieb entstehen. Zur ökonomischen Leichtbauweise zählen nicht nur die Federn („Tragflächenmaterial"), sondern auch die Stützkonstruktion, sprich das Skelett. Um die anatomischen Details genauer zu untersuchen, muss man weder einen Adler noch einen Albatros opfern: Ein halbes Brathähnchen vom Imbissstand reicht für die Präparation vollkommen aus.

Material: Wachswanne, Skalpell, halbes Brathähnchen
Durchführung: Zuerst wird die Haut vollständig entfernt und die Lage der Muskelpartien zeichnerisch oder fotografisch dokumentiert. Der große Brustmuskel wird ausgehend vom Brustbeinkamm mit einem scharfen Messer abpräpariert. Auch der Oberschenkelknochen mit dem anliegenden kleinen Brustmuskel ist von der Muskulatur, also dem Fleisch, zu befreien.

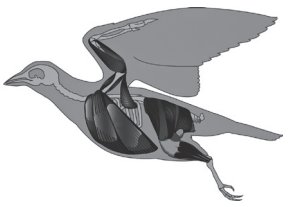
a| Beschreiben Sie Lage, Größe und Funktion der Brustmuskeln und des Brustbeinkamms sowie das antagonistische Prinzip der Flügelbewegung.

b| Stellen Sie ein Schnittpräparat vom Oberschenkelknochen des Hähnchens her, charakterisieren Sie den Aufbau und stellen Sie ihn in Beziehung zur Flugfähigkeit des Vogels.

c| Beschreiben Sie Flügelstellung und -bewegung beim Gleit- und Ruderflug.



Brustmuskeln des Huhns



Brustmuskeln der Taube

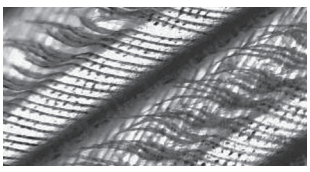
Aufgabe 6.2.2

Untersuchung einer Vogelfeder • Material: Lupe, Mikroskop, Waage, Feder (ca. 15 cm lang), Pappe
Durchführung: Die Masse der Feder und eines Stücks Pappe ähnlicher Größe wird zum Vergleich bestimmt. Die Feder wird unter der Lupe und dem Mikroskop bei verschiedenen Vergrößerungen betrachtet.

a| Prüfen Sie mit den Fingern den Zusammenhalt der parallel liegenden Federstrahlen.

b| Zeichnen Sie Bogen- und Hakenstrahlen und benennen Sie ihre Funktion für die „Tragfläche".

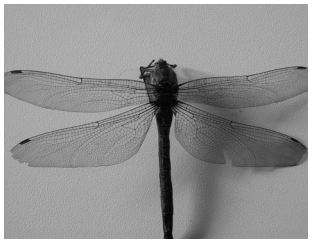
c| Nennen Sie Gründe für die unterschiedlichen Massen von Feder und Pappstreifen.



Bogen- und Hakenstrahlen einer Feder

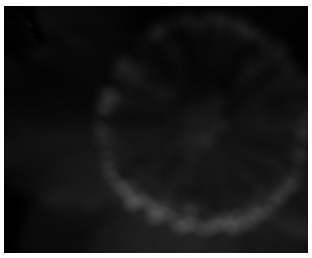
© Als Kopiervorlage freigegeben. DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Langen; Klett MINT GmbH, Stuttgart

6.3 Insekten als fliegende Liebesboten



Libelle

Beim Thema Fliegen interessieren Fluginsekten aus zwei Gründen. Weil sie den Luftraum schon lange vor den Vögeln eroberten und wegen ihrer einzigartigen Kooperation mit vielen Pflanzen: Lufttransport von Keimzellen gegen süßen Nektar als Entlohnung, ein Deal zum beiderseitigen Vorteil. Das gilt natürlich nicht für alle Insekten, aber doch für etliche Arten. Viele Blütenpflanzen zeigen den Fluginsekten sogar mit fluoreszierenden Markierungen, wo es sich zu landen lohnt. Interessant ist auch die Funktion der Flügel, die über keinerlei Muskulatur verfügen: Sie werden passiv durch das Heben und Senken des Thorax (Brustpanzers) bewegt, der von Längs- und Quermuskeln durchzogen ist. Diese sorgen für die Horizontal- und Vertikalbewegungen der Flügel.



Blüte in normalem Licht und im UV-Licht

Aufgabe 6.3.1

Flügel ist nicht gleich Flügel • Material: Fluginsekten aus der Biologiesammlung (z. B. Libellen), Mikroskop, Pappe, Klebstoff, Schere

a | Betrachten Sie Insektenflügel unter dem Mikroskop (kleinste Vergrößerung) und benennen Sie Unterschiede zum Vogelflügel.

b | Stellen Sie weitere Informationen zum Thema „indirekte Flügelbewegung“ zusammen und bauen Sie ein einfaches Modell zu ihrer Veranschaulichung.

Aufgabe 6.3.2

Leuchtende Landebahnen • Material: frische Blüten verschiedener insektenbestäubter Kräuter („Blumen“) – möglichst gelb –, UV-Lampe, Mikroskopierlampe
Durchführung: Die Blüten werden im abgedunkelten Raum nacheinander mit UV-Licht und sichtbarem Licht bestrahlt.

a | Zeichnen Sie auffällige Blütenmarkierungen, die bei der UV-Bestrahlung sichtbar werden.

b | Stellen Sie Informationen zum Spektrum des Lichts und zum Farbensehen der Bienen zusammen.

Biene beim Bestäuben

Aufgabe 6.3.3

Bienen als Pollen-Frachtflugzeuge • Material: Blüten (Freiland), Lupe, Fotoapparat mit Makrofunktion, Pinsel, Mikroskop, sortenreiner Honig (z. B. Rapshonig)
Durchführung: Im Freiland ist der Anflug von Bienen auf Blüten zu beobachten. Für die Honiguntersuchung wird 1 g Honig mit wenig Wasser verdünnt und ein Tropfen der Lösung zum Mikroskopieren auf einen Objektträger gegeben.

a | Fotografieren Sie die „Pollenhöschen“ an- und abfliegender Bienen.

b | Untersuchen Sie mit der Lupe die Narben der besuchten Blüten auf Pollenstaub. Vergleichen Sie diesen unter dem Mikroskop mit Pollenkörnern aus den Staubgefäßen der gleichen Pflanzenart.

c | Schätzen Sie ab, wie hoch der Anteil von Fremdpollen in dem untersuchten sortenreinen Honig ist.

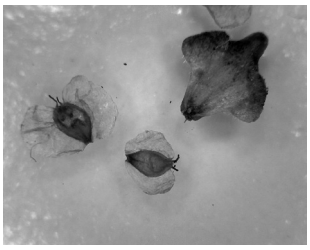
© Als Kopiervorlage freigegeben. DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Langen; Klett MINT GmbH, Stuttgart

6.4 Ahorn und Co. – Flugkünstler unter sich

Von August bis Oktober kann man im Bereich von Ahorn, Linde, Birke und anderen Bäumen vielfältige Flugbewegungen beobachten. Ahorn- und Lindenfrüchte fliegen wie Helikopter durch die Luft, während die Birkenfrüchte zu Tausenden im Segelflug weite Distanzen überwinden – über 300 km wurden schon gemessen. Die leuchtend roten Beeren der Eberesche lassen sich dagegen von Vögeln weiter verbreiten, die den harten Samenkern an anderer Stelle wieder ausscheiden.

Flugobjekte von Ahorn, Linde und Kiefer

Fazit: Man kann den Pflanzen sicherlich keinen mangelnden Erfindungsreichtum vorwerfen, was die Nutzung des Luftraums zu ihrer Weiterverbreitung angeht. Der Mensch hat sich bei ihnen vieles abgeschaut. Ein eigener Wissenschaftszweig, die Bionik, beschäftigt sich mit der Umsetzung biologischer Bauprinzipien in technische Produkte. So lässt sich etwa der Bug moderner Schiffe von der Delfinschnauze ableiten und die Rillen („Riblets“) aerodynamisch günstiger Oberflächen von der Haifischhaut.



Birkensamen mit „Hangar“ (Fruchtschuppe)

Aufgabe 6.4.1

Flugversuche mit Schrauben- und Scheibenfliegern • Material: Früchte von Ahorn, Linde, Birke, Kiefer, Pappel, Löwenzahn usw.
Durchführung: Früchte sammeln, zeichnen oder fotografieren. Für die Flugversuche mit Lindenfrüchten, Pappel und Löwenzahn reicht die Höhe des Klassenzimmers aus, für andere sollte ein Fenster im ersten oder zweiten Stock gewählt werden (s. Kasten). Die Flugbahnen lassen sich mithilfe einer Videokamera mit großem Zoombereich sehr gut dokumentieren.

a| Bestimmen Sie die Sinkgeschwindigkeit der verschiedenen Früchte und ihre Reichweite.

b| Beschreiben Sie Zusammenhänge zwischen dem Bau der jeweiligen Frucht und ihrem Flugverhalten.

c| Stellen Sie Informationen zur Bedeutung der Bionik für den Flugzeugbau zusammen.

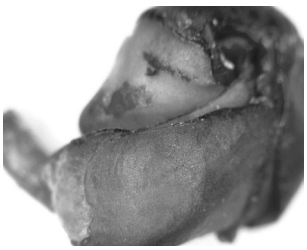
Sicherer Start
Man legt die Flugfrüchte in ein PVC-Rohr von ca. 2 m Länge und 4 cm Durchmesser und schiebt es über die Fensterbank nach außen. Durch Pusten oder Neigen des Rohrs wird die Frucht „gestartet“, ohne dass sich jemand aus dem Fenster lehnen muss.

Aufgabe 6.4.2

Die Suche nach dem Passagier • Die feste Hülle der Frucht und des Samens verbirgt den Inhalt – das Wesentliche, das im Fluge verbreitet werden soll.
Material: Ahornfrüchte, Skalpell oder Messer, Präpariernadeln
Durchführung: Mit der Klinge wird das Gewebe (Epidermis) am verdickten Teil der Frucht entfernt und der braune, linsenförmige Samen herauspräpariert. Die dünne Samenschale wird ebenfalls vorsichtig entfernt und der zum Vorschein kommende Pflanzenembryo mithilfe der Präpariernadeln behutsam entfaltet.

a| Zeichnen Sie den Pflanzenembryo. Benennen Sie die Teile und ihre Funktion.

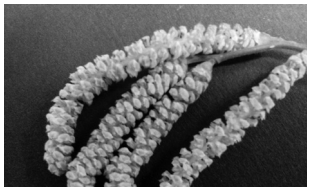
b| Untersuchen Sie in ähnlicher Weise auch die Samen anderer Pflanzen auf ihren „Inhalt“.



Der Fluggast: Ein Ahorn-Embryo

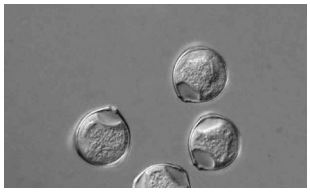
© Als Kopiervorlage freigegeben. DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Langen; Klett MINT GmbH, Stuttgart

6.5 Pollenflug – Sex-Tourismus im Pflanzenreich?



Männlicher Blütenstand des Haselstrauchs

Jeder Pollenallergiker schaut mit gemischten Gefühlen dem Ende des Winters entgegen, weil damit die neue Pollensaison beginnt. Milliarden von Blütenstaubkörnern fliegen dann durch die Luft und bilden auf Fensterbrettern und Teichen dicke, gelbliche Schichten. Aber auch die ersten Insekten stellen sich ein und werden zum fliegenden Transportmittel für Blütenpollen. Und warum das Ganze? Pollen sind männliche Keimzellen, und die suchen nur das Eine: ein weibliches Pendant zum Zwecke der sexuellen Fortpflanzung.



Haselpollen unter dem Mikroskop

Die Sonne bringt es an den Tag:
Ein Sonnenstrahl fällt ins dunkle Zimmer und lässt Tausende von Staubkörnern sichtbar werden. Im Frühling und Sommer besteht ein Großteil dieses Staubs aus Pollenkörnern.

Pollen aus dem Internet
Eine gute Übersicht häufiger Pollenarten findet man unter: www.pollenundallergie.ch/

Aufgabe 6.5.1

Pollen unter dem Mikroskop • Material: Pinsel, transparenter Klebestreifen, Objektträger, Mikroskop, Methylenblau

Durchführung: Pollenstaub wird mit dem Pinsel auf einen Objektträger gebracht und mikroskopiert. Zur Demonstration der Pollenhäufigkeit verwendet man ein Klebeband, das mit der Schichtseite nach oben auf einem Objektträger fixiert und 24 Stunden der Außenluft ausgesetzt wird.

a| Betrachten Sie die Pollenkörner mit dem Mikroskop. Färben Sie die Pollenkerne mit Methylenblau an. Fertigen Sie Zeichnungen an. Achten Sie besonders auf Pollen mit Luftsäcken (Nadelbäume).

b| Ordnen Sie die Pollenkörner den Herkunftspflanzen zu.

c| Bestimmen Sie die Pollendichte pro cm^2 auf dem Klebestreifen.

Aufgabe 6.5.2

Männliche Blüten – Ein Blick in den Pollen-Hangar • Material: Stereolupe, Mikroskop, Präpariernadeln, männliche Blütenstände von Hasel oder Birke (nur im Frühjahr)

Hinweis: Hasel- und Birkenblütenstände lassen sich mitsamt Pollen gut in einem Glas aufbewahren, das mit einem Leinentuch und einem Haushaltsgummi verschlossen wird. So bleibt man von der Jahreszeit unabhängig.

Durchführung: Die Blütenstände werden mit der Stereolupe betrachtet und dann präpariert. Einzelne Staubbeutel sind zu mikroskopieren.

a| Zeichnen und beschreiben Sie den Aufbau des Blütenstands und der Einzelblüte.

b| Beschreiben Sie Inhalt und Funktion der Staubgefäße.

c| Nur für Nicht-Allergiker: Setzen Sie aus reifen Blüten den Pollenstaub durch Pusten oder Schütteln frei. Was sehen Sie?

d| Begründen Sie, warum der Pollenflug des Haselstrauchs noch vor dem Blattaustrieb stattfindet.

e| Stellen Sie Informationen zum Thema Pollenbelastung und Windbestäubung zusammen. Begründen Sie in diesem Zusammenhang, warum Pollenkörner anderer häufig vorkommender Pflanzen, wie z. B. Rosen oder Gänseblümchen für Allergiker offenbar nicht relevant sind.

© Als Kopiervorlage freigegeben. DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Langen; Klett MINT GmbH, Stuttgart

6.6 Sporenverbreitung durch die Luft

In einem Kubikmeter Raumluft befinden sich mehr Flugobjekte, als den meisten Menschen bewusst ist. Im Hinblick auf Schimmelpilzsporen sind es zwischen 100 und 10.000 Sporen pro m^3, wobei noch Abweichungen, vor allem nach oben, möglich sind. Durch die Entstehung einer Pilzkolonie werden die Auswirkungen der für das bloße Auge unsichtbaren Sporen sichtbar. Da von der erfolgreichen „Landung" der Spore auf dem passenden Substrat bis zum Schimmelfleck eine Woche und mehr Zeit vergehen kann, muss der im Folgenden beschriebene Versuch mindestens zwei Wochen vor Projektbeginn angesetzt werden.

Was sind KBE?
Hinter dieser Abkürzung verbergen sich „koloniebildende Einheiten", d. h. die Sporen oder Sporencluster, die tatsächlich auskeimen. Die anderen Sporen werden bei der Zählung nicht erfasst, so dass die Gesamtzahl der in der Luft vorhandenen Sporen noch höher ist.

Aufgabe 6.6.1

Nachweis von Schimmelsporen • Material: Zwei Petrischalen, Spatel, Tesafilm, Mikroskop, Wasser, Spiritus, Diätmarmelade

Durchführung: Aus einem erstmals geöffneten Marmeladenglas sind mithilfe eines Spatels Proben zu entnehmen und in zwei Petrischalen gleichmäßig zu verstreichen. Gebrauchte Petrischalen sollten vorher durch Auswischen mit Spiritus hinreichend sterilisiert werden. Die eine Schale wird nach der Probenzugabe mit einem Deckel sofort verschlossen, die andere Schale bleibt 24 Stunden offen stehen und wird dann ebenfalls verschlossen. Ein eventueller Wasserverlust in dieser Zeit ist auszugleichen. Der Versuch ist zu beenden, wenn in der ersten Petrischale Schimmelbildung sichtbar wird.

Zum Mikroskopieren wird transparentes Klebeband auf den Schimmelfleck gedrückt und dann mit der Klebeseite nach unten auf einem Objektträger fixiert, der vorher mit einigen Tropfen Spiritus-Wasser-Gemisch (1:1) angefeuchtet wurde. Es ist mit kleiner und mittlerer Vergrößerung zu arbeiten.

a | Betrachten Sie Schimmelpilze, Sporangien und Sporen unter dem Mikroskop. Fertigen Sie Zeichnungen an.

b | Informieren Sie sich über Bau, biologische Funktion, Gefahren und Verbreitung der Schimmelpilze.

c | Begründen Sie kurz die Funktion der Marmeladenproben bei dem Versuch.

Schimmelpilz auf Toastbrot mit Sporenträgern (Sporangien) und Sporen

Sicherheitstipp
Durch Überschichten mit Spiritus und Wasser wird die Sporenexposition vermindert und ein Teil der Keime abgetötet.

© Als Kopiervorlage freigegeben. DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Langen; Klett MINT GmbH, Stuttgart

LÖSUNGEN

Aufgabe 6.2.1

a | S. Abbildung „Brustmuskeln der Taube“. Der kräftige große Brustmuskel ist für die kraftraubende Abwärtsbewegung des Flügels zuständig, der kleine Brustmuskel für seine Aufwärtsbewegung.

b | Der Knochen ist dünnwandig und hohl, was zu einer großen Gewichtsersparnis führt. Diese ist wiederum für die Flugfähigkeit wichtig.

c | Im Gleitflug hat der Vogel seine Flügel mit maximaler Spannweite ausgebreitet. Der Luftstrom ähnelt dem von Flugzeugtragflächen. Beim Ruderflug wird durch das Zusammenpressen der Luft bei der Abwärtsbewegung der Flügel Auftrieb erzeugt. Bei der Aufwärtsbewegung des Flügels wird der Luftwiderstand durch eine Drehung des Flügels in die Vertikale vermindert.

Aufgabe 6.2.2

a | Die Federstrahlen liegen fest nebeneinander und lassen sich nur durch starken Zug (Krafteinwirkung) voneinander trennen.

b | S. Foto „Bogen- und Hakenstrahlen“
Die Haken(-strahlen) einer Feder verhaken sich wie ein Klettverschluss in den Bogenstrahlen der Nachbarfeder, so dass eine stabile und glatte (Trag-)Fläche entsteht.

c | Ein Pappstreifen wiegt mindestens das Doppelte wie eine Feder gleicher Größe und Dicke. Der Grund liegt in der Leichtbauweise der Feder (z. B. hohler Federkiel).

Aufgabe 6.3.1

a | Insektenflügel (bis auf Deckflügel der Käfer) sind meist transparent und folienartig (Chitin). Mechanische Stabilität erhält er durch Tracheenröhren, die den Flügel wie ein Netzwerk durchziehen. Vogelflügel besitzen ein tragendes Gerüst aus Knochen (Wirbeltiere). Die Flügelfläche wird durch sich überlappende Federn gebildet.

b | Das Grundprinzip der Flügelbewegung lässt sich im einfachsten Fall mittels einer Petrischale demonstrieren, an deren Deckelrand mit Klebefilm zwei Kunststoffstreifen („Flügel“) befestigt sind. Deren nach innen ragende Enden werden durch Heben und Senken der Schale („Thorax“) auf und ab bewegt, was wiederum wie bei einer Wippe zu einer gegenläufigen „Flügelbewegung“ führt.

Aufgabe 6.3.2

Sicherheitstipp zu Versuch 6.3.2: Da UV-Strahlung sehr energiereich ist, muss der direkte Blick auf die UV-Röhren vermieden werden!

a | Unter „Schwarzlicht“ werden, ähnlich wie bei Geldscheinprüfungen, auch ohne UV-Kamera Blütenmarkierungen sichtbar. Es muss hierbei allerdings im abgedunkelten Raum gearbeitet werden, um Störlicht zu vermeiden.

b | Hier reichen die gängigen Chemie- und Biologie-Oberstufenbücher (Themenbereich Farbe bzw. Orientierung der Biene) als Literaturgrundlage aus. Die Schüler sollen den Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichts und das UV-Sehvermögen der Biene benennen und den Zusammenhang zu den Blütenmarkierungen herstellen.

Aufgabe 6.3.3

a | Dieser Versuch muss im Winterhalbjahr durch einen Film (gute Videoclips auf YouTube) ersetzt werden. Im Freiland ist die Verwendung einer Zoomkamera zu empfehlen, damit die Bienen nicht gestört und aggressiv werden.

b | Sowohl von der Narbe als auch den Staubgefäßen lässt sich der Pollen leicht mit einem Pinsel aufnehmen und auf den Objektträgern abstreifen. Da Blüten durchaus von verschiedenen Bestäubern besucht werden können, ist es möglich, dass sich auch Fremdpollen auf der Narbe befindet. Dieser keimt jedoch nicht aus.

c | Sind zu viele Pollenkörner sichtbar, kann durch weiteres Verdünnen mit Wasser ihre Konzentration soweit verringert werden, dass sich der Anteil des Fremdpollens gut bestimmen lässt.

LÖSUNGEN

Aufgabe 6.4.1

a | Die Sinkgeschwindigkeiten und Reichweiten sind windabhängig und werden auch von vertikalen Luftströmungen (z. B. über dem erhitzten Pflaster eines Schulhofs) beeinflusst. Bei Windstille ergeben sich für Ahorn- und Lindenfrüchte Werte im Bereich von 0,6 m/s bis 1,2 m/s. Befindet sich der „Startpunkt“ z. B. zehn Meter über dem Erdboden, so kann man über den Flug einen Videoclip von immerhin bis zu 16 s Länge drehen. Wenn man Salweiden- oder Löwenzahnsamen (Pusteblume) zur Verfügung hat, lassen sich noch geringere Sinkgeschwindigkeiten im Bereich von 0,1 m/s (Salweide) bis 0,4 m/s (Löwenzahn) beobachten. Der folgende Link führt zu den physikalischen Grundlagen des Samenflugs (speziell Schraubenflieger): www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich_physik/didaktik_physik/publikationen/gefl_gelter_samen.pdf

b | Beispiel Linde: Das mit dem Stiel verwachsene Hochblatt des Fruchtstands wird durch seine Form wie ein Rotor in Drehung versetzt und vermindert so die Sinkgeschwindigkeit bei gleichzeitiger Reichweitenerhöhung.

Der über u. g. Internetadresse abrufbare Artikel informiert, anders als der Titel es vermuten lässt, über Flugeigenschaften und Sinkgeschwindigkeiten zahlreicher Samen und Früchte:
www.lwf.bayern.de/mam/cms04/waldbau-bergwald/dateien/w34_zur_windverbreitung_der_esche.pdf

c | Einen kurzen Überblick zur Bionik gibt es unter: www.biokon.de/bionik/was-ist-bionik/

Aufgabe 6.4.2

a | Zwei scheibenähnliche Keimblätter, Keimwurzel, Keimstängel mit Anlagen der Laubblätter

b | Hier sind z. B. Hülsenfrüchte (Erbsen, Bohnen) sehr gut geeignet, weil sowohl Keimling als auch Keimblätter leicht erkennbar und präparierbar sind.

Aufgabe 6.5.1

a | Mithilfe von Methylenblau lassen sich die Pollenkerne gut anfärben.

b | Wenn die Herkunftspflanze nicht bekannt ist, benötigt man Bestimmungsliteratur.

c | Es empfiehlt sich, gleichmäßige Pollenverteilung vorausgesetzt, einen kleineren Sektor (z. B. 1 x 1 mm) auszuzählen und das Ergebnis auf einen Quadratzentimeter hochzurechnen.

Aufgabe 6.5.2

a | und b | Hasel: Kätzchenblüte (männlich) aus über hundert Einzelblüten, die unter einer Deckschuppe jeweils acht Staubgefäße enthalten. Ein Kätzchen (Blütenstand) kann in seinen Staubgefäßen über zwei Millionen Pollenkörner produzieren. Diese werden bei Reifung der Staubgefäße in die Luft entlassen.

c | Das Schütteln kann eine gelbe Wolke von Pollenkörnern (Blütenstaub) erzeugen.

d | Die Laubblätter würden für viele Pollenkörner als biologisch nutzloser „Landeplatz“ dienen und den Weg zur weiblichen Blüte versperren.

e | Da die Pollenübertragung durch den Wind zufällig und nicht zielgerichtet erfolgt, muss der Bestäubungserfolg durch eine entsprechende Quantität gesichert werden. Bei der Insektenbestäubung ist das nicht der Fall, weil z. B. die Biene meist Pflanzen der gleichen Spezies anfliegt und dabei den Pollen auf die Narbe überträgt. Deshalb tauchen Pflanzen, die nur von Insekten bestäubt werden, auch nicht in den Pollenwarnberichten auf.

Quellen: z. B. Pollenwarnungen im Wetterbericht der Tageszeitungen, z. B. www.dwd.de/pollenflug

Aufgabe 6.6.1

Es empfiehlt sich, mehrere Petrischalen (s. Versuchsbeschreibung) anzusetzen, da im Einzelfall auch die kurze Exposition der ersten Marmeladenprobe bereits zu einem Pilzbefall führen kann. Die Wahrscheinlichkeit, dass das erwartete Ergebnis hinreichend oft auftritt, steigt mit der Zahl der Ansätze. Falls sich neben den Schimmelflecken auch meist weißliche, runde Bakterienkolonien bilden, sollten die Ansätze nicht weiter verwendet werden. Die Reinigung der Schalen erfolgt durch den Lehrer in heißem Spülwasser (Einweghandschuhe empfohlen).
Wichtig: Ein sehr hoher Zuckergehalt verzögert oder verhindert sogar das Auskeimen der Schimmelsporen. Deshalb ist zuckerreduzierte Diätmarmelade zu verwenden.

a | Man sieht Hyphen (Pilzfäden), Sporangien sowie eine Vielzahl von punktförmigen Sporen.

b | Quelle: Alle Biologiebücher mit einem Überblick über die fünf Reiche der Lebewesen. Erwartete Ergebnisse: z. B. Funktion der Sporen, Luftverbreitung, ökologische Funktion des Schimmels als Destruent (Abbau organischer Substanzen), pathogene Arten (z. B. durch Produktion von Aflatoxinen).

c | Marmelade aus einem ungeöffneten Glas ist im Allgemeinen keimfrei, so dass Schimmelpilzkeime in der zweiten Probe aus der Luft stammen müssen.